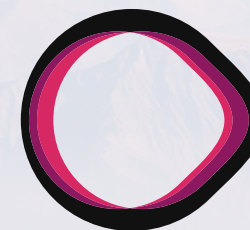




Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE



OST

Ostschweizer
Fachhochschule

Utilisation du LBG (biogaz liquéfié) pour le fret suisse

Projet HelloLBG

Prof. Dr Elimar Frank, Zoe Stadler (IET), Fabian Ruoss (IET)
Journée de la recherche du FOGA, 02 septembre 2021



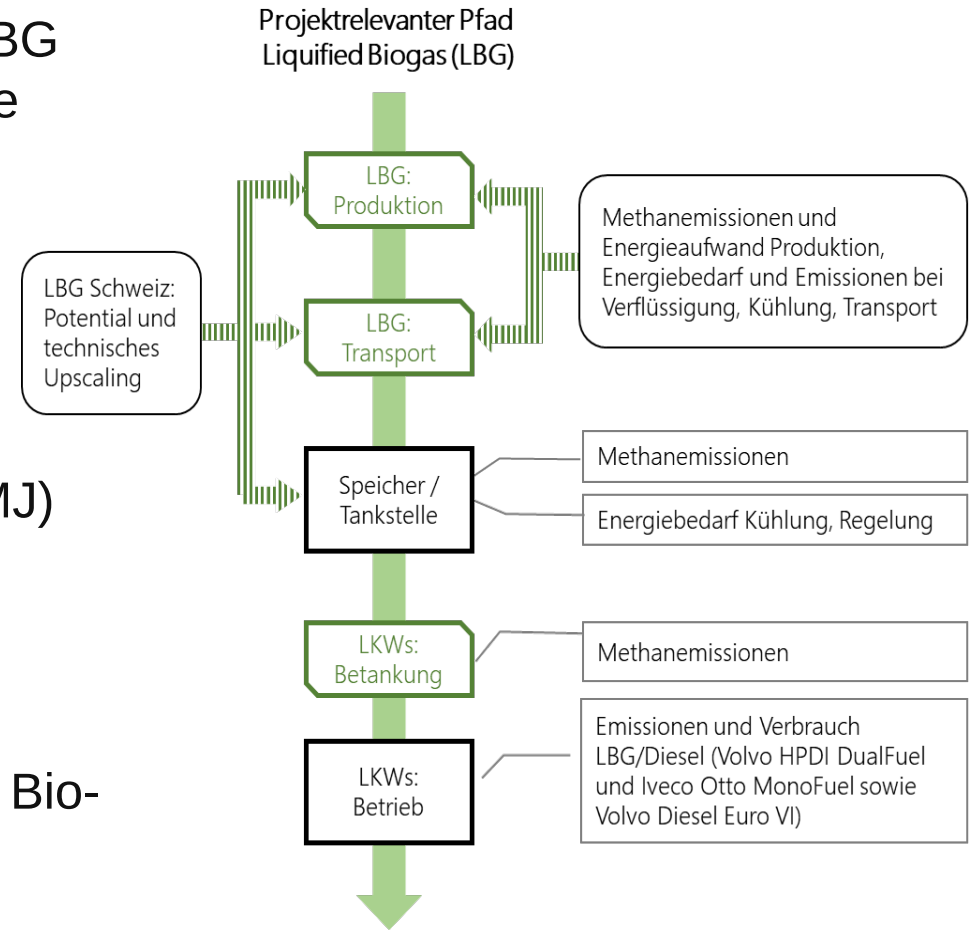
werz INSTITUT FÜR WISSEN
ENERGIE UND ROHSTOFFE ZUG

Introduction

Le projet HelloLBG

Question centrale : Dans quelles conditions l'utilisation du LBG (=bio-GNL) pour le transport du fret suisse est-elle judicieuse d'un point de vue énergétique, technique et économique ?

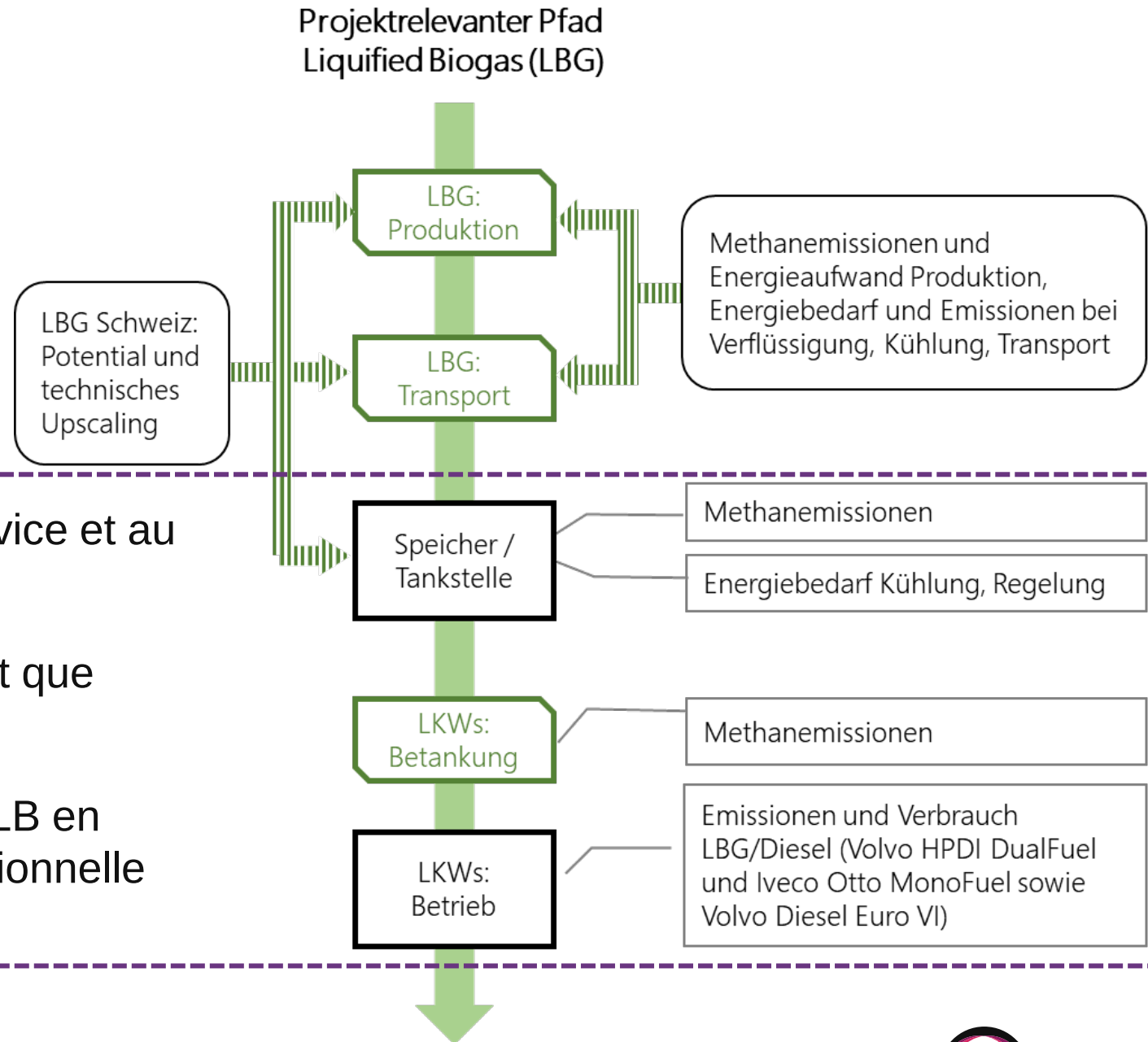
- Technique : Opération pilote de stations-service/camions:
 - (a) Mesures de l'énergie/des émissions
 - (b) Opération/approvisionnement
- Énergétique : analyse WTW LBG / Bio-GNL ($\text{g}_{\text{CO}_2, \text{eq}}$ par MJ)
 - (a) WTT
 - (b) TTW
- Economie : approvisionnement en Bio-GNL, scénarios de production de Bio-GNL en CH, comparaison des coûts du Bio-GNL avec le GNL et le diesel, conditions cadres réglementaires et politiques.



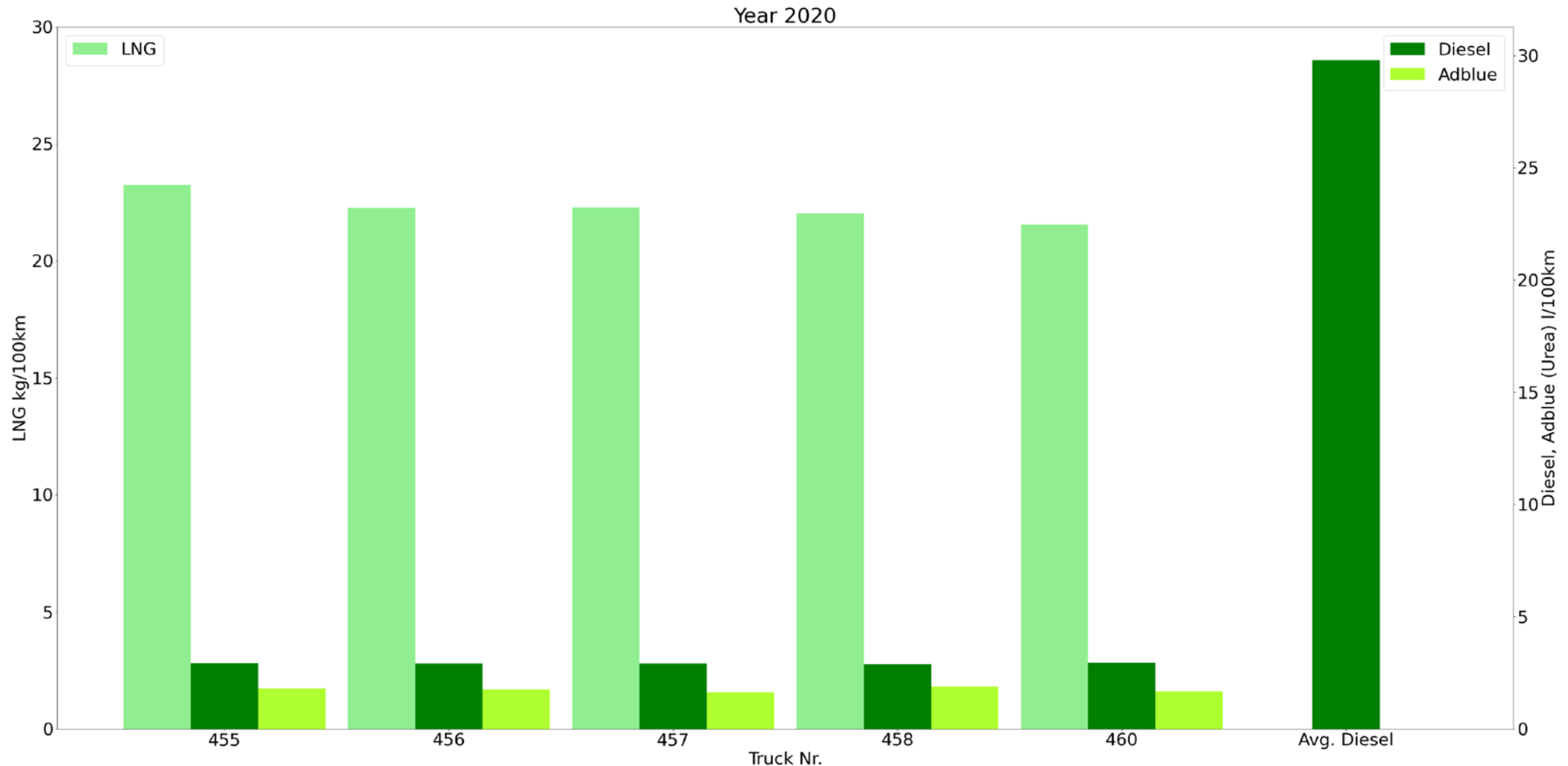
Mesures Station-service et camion

Les mesures effectuées à la station-service et au camion ont deux objectifs :

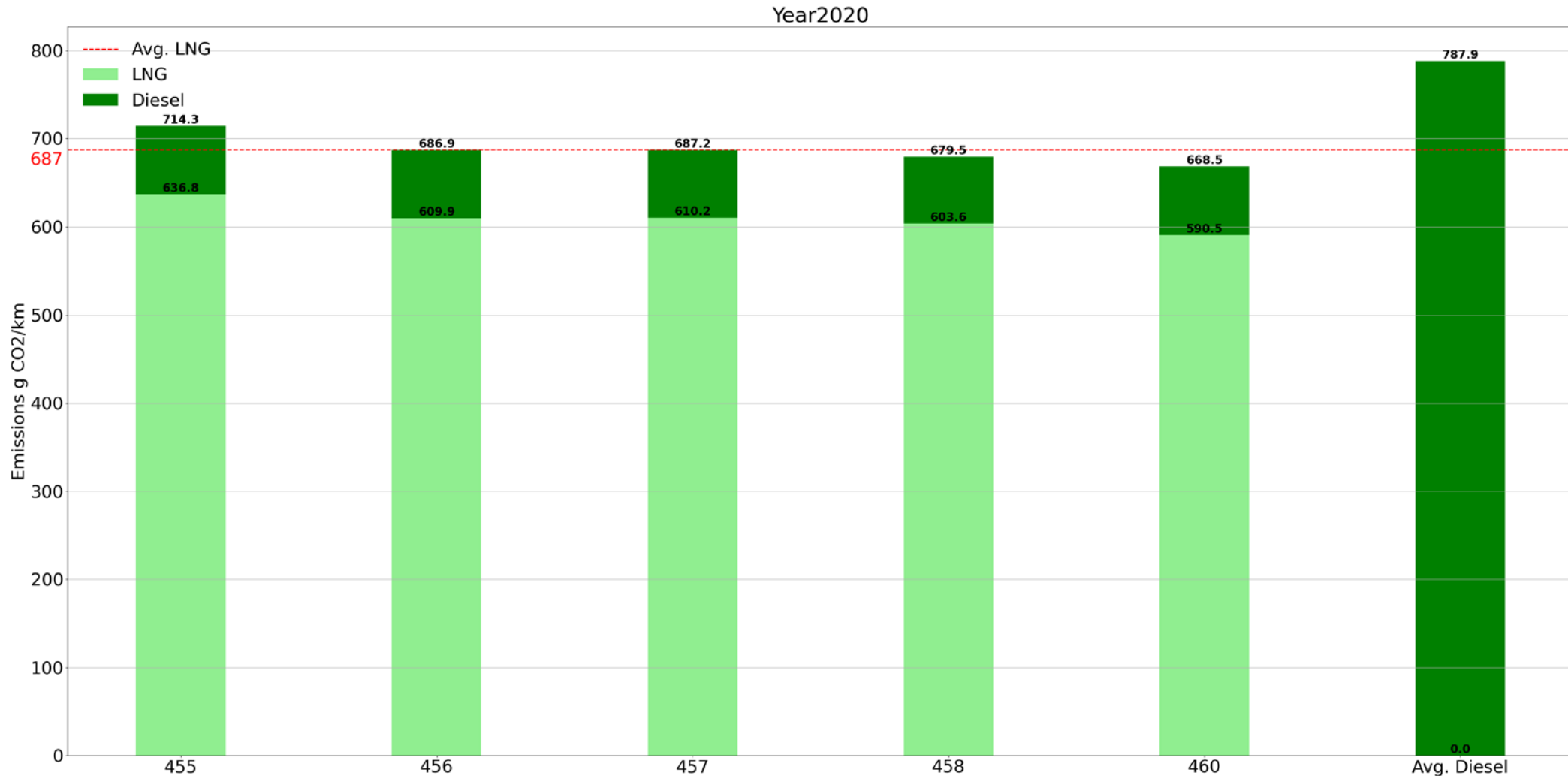
- Base de données pour le TTW en tant que partie de l'analyse du WTW
- Expérience opérationnelle du GNL/GLB en général aux fins d'optimisation opérationnelle



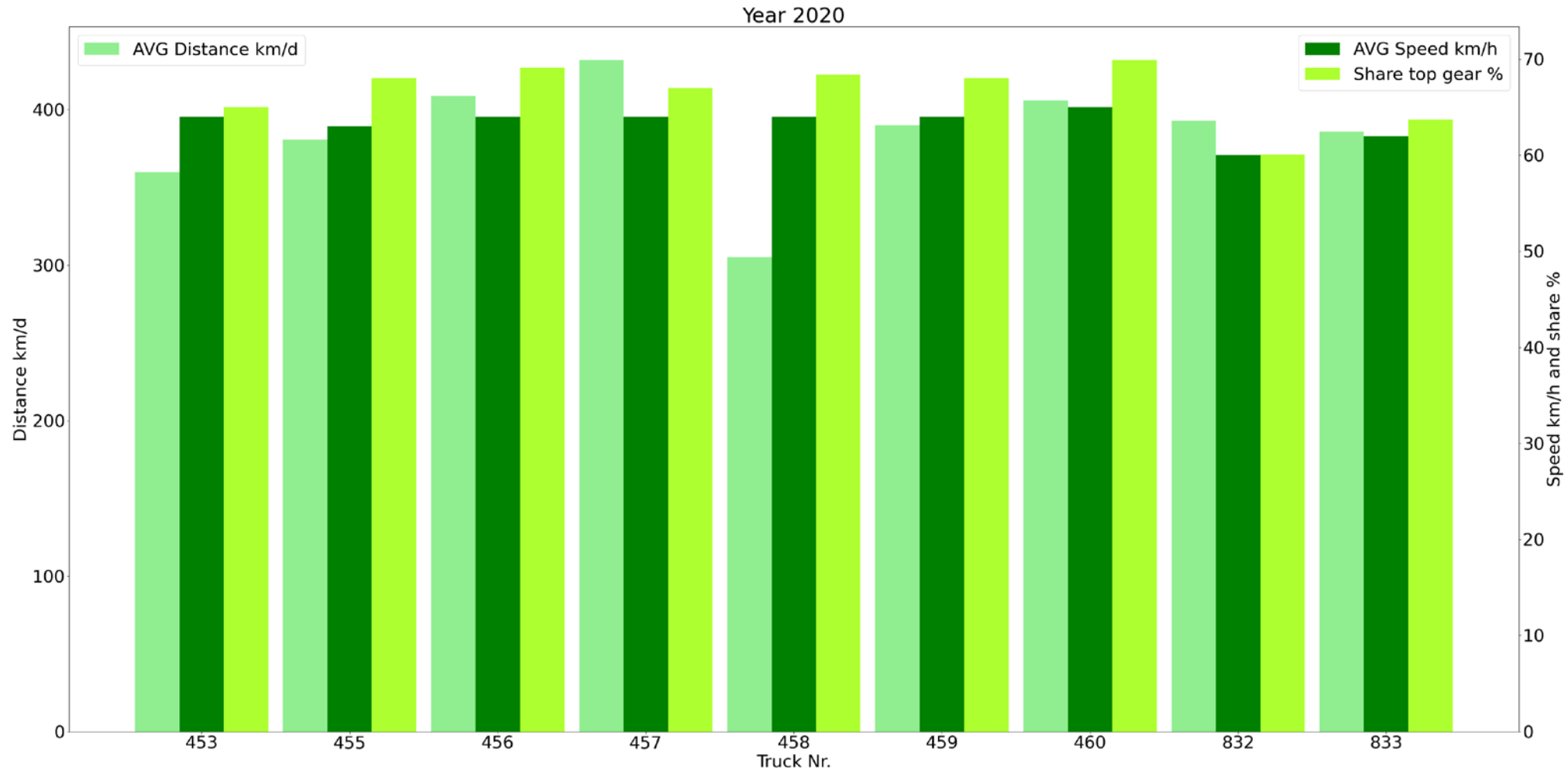
Mesures de la flotte de camions: consommation selon le FMS



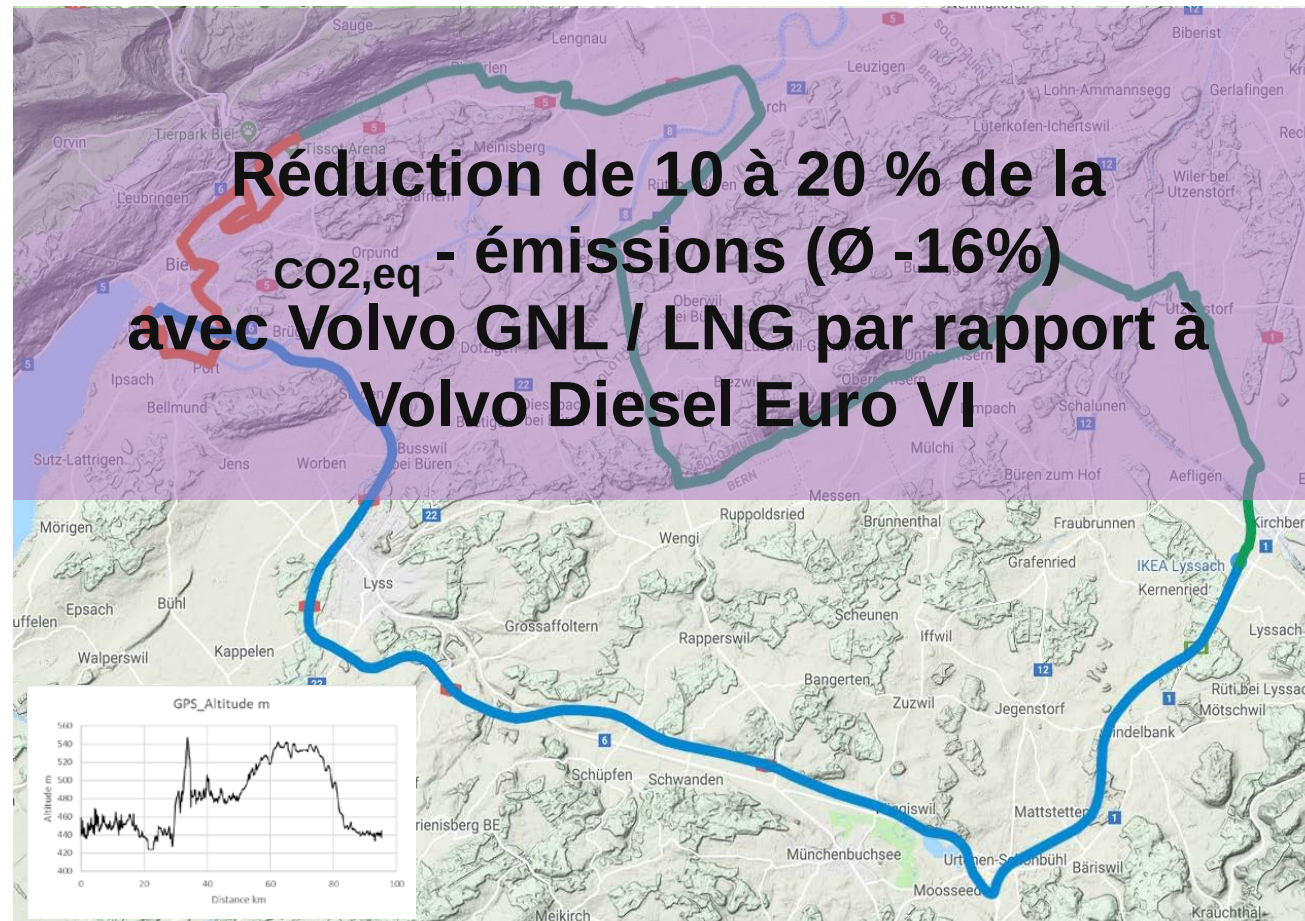
Mesures de la flotte de camions : émissions de CO₂



Mesures de la flotte de camions: comportement de conduite



Dimensions du camion : détaillé.

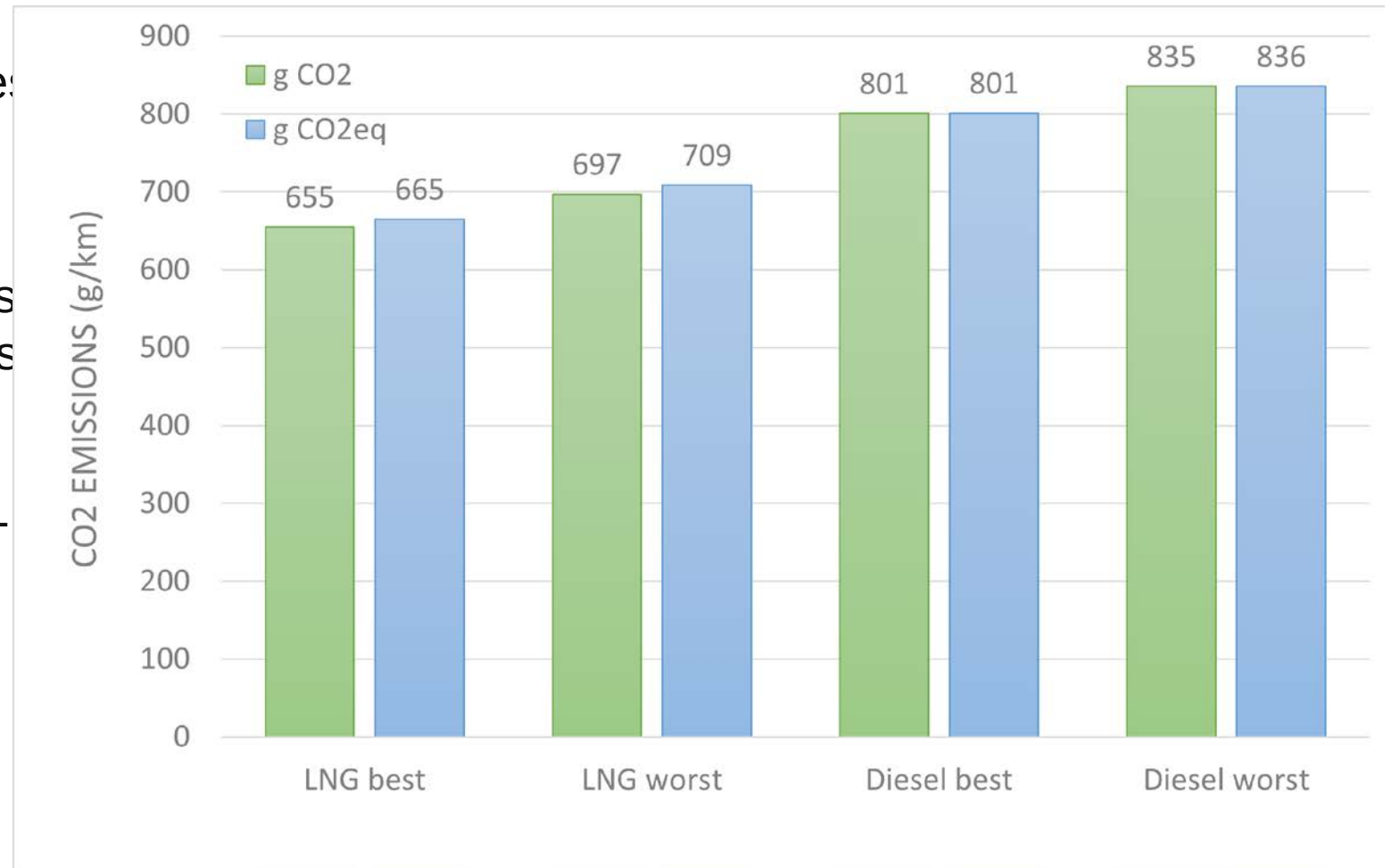


Compteur PEMS : CO_2 , CO, THC, CH_4 , NO_x , NO_2 et PN

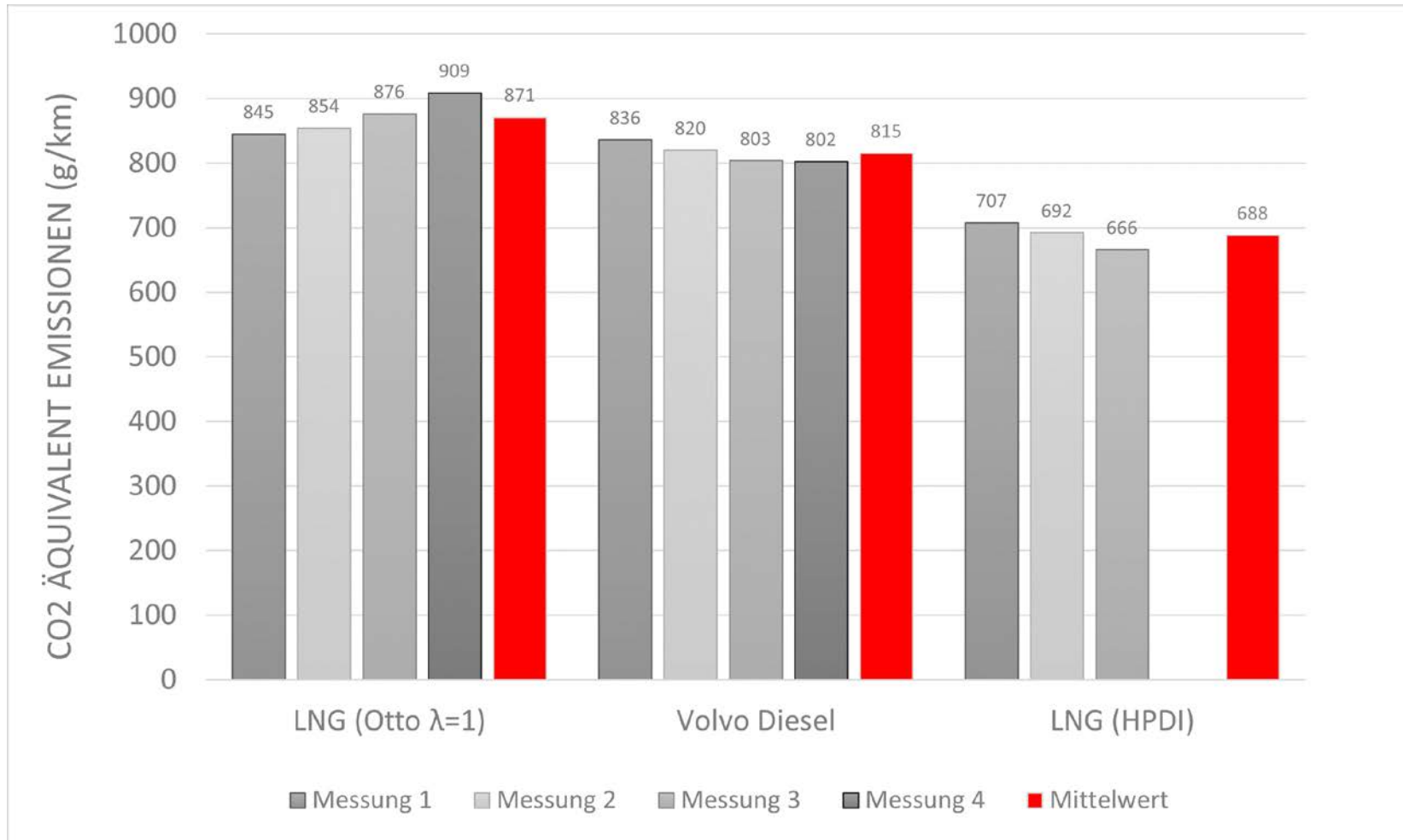
- Enregistrement des données GPS, des données OBD et du débit volumique des gaz d'échappement.
- Camion avec remorque 22,5 t (chargement 15 t)
- Route RDE (directive européenne 1151/2017): 95 km, environ 2h15. Part de l'autoroute < mesures légales des émissions des camions, mais parts équivalentes pour la ville, l'interurbain et l'autoroute.
- Total 12 mesures entre le 17.06.20 et le 02.07.20 avec le même chauffeur
- En outre, deux mesures des gaz d'échappement au démarrage à chaud avec les deux camions GNL (démarrage à chaud du moteur, puis fonctionnement au ralenti pendant environ 15 minutes).

Mesures sur les camions: détaillées (résultats préliminaires)

- Volvo LNG a les plus faibles émissions de CO_{2,eq} pour toutes les sections de l'itinéraire.
- Volvo LNG présente des émissions de CO_{2,eq} inférieures de 10 à 20 % (moyenne: moins 16 %).
- Comparaison des NO_x: le GNL Volvo est plus élevé que le diesel, mais principalement au démarrage à froid et reste conforme à la norme Euro VI.

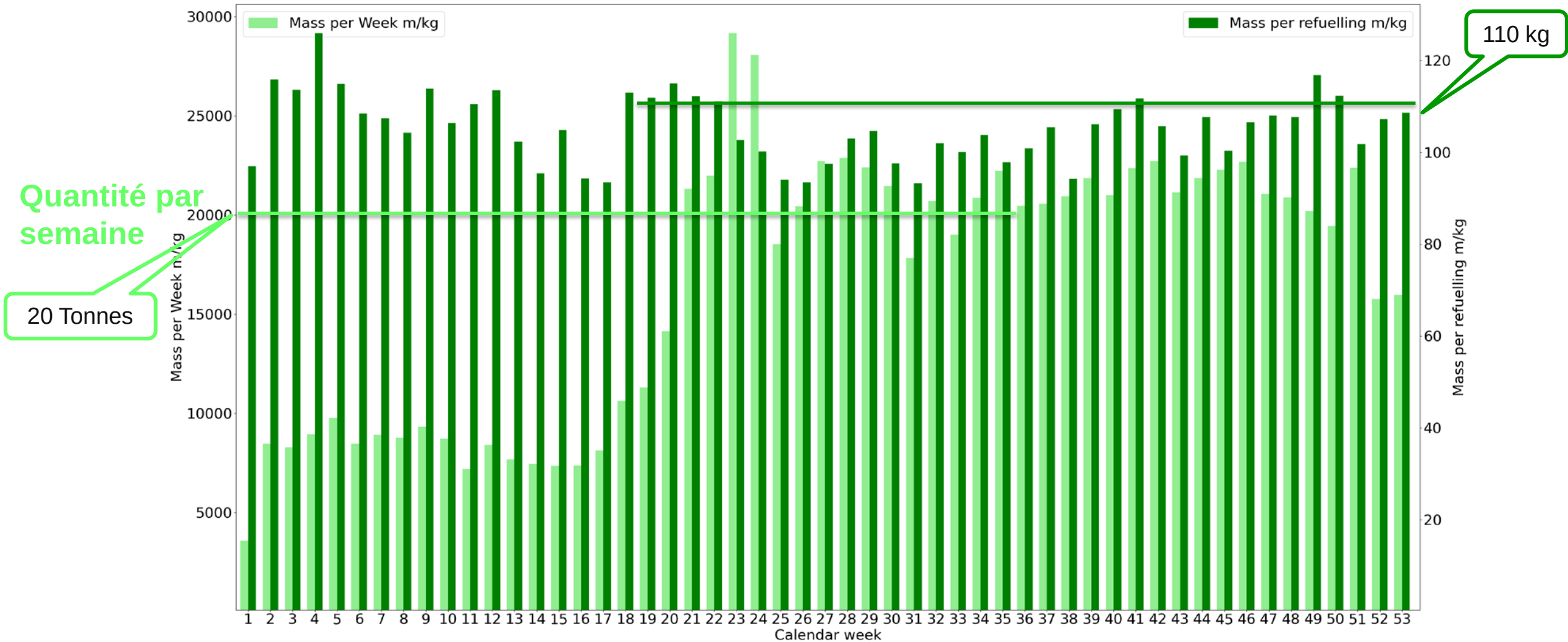


Comparaison moteur à essence et HPDI (Tank-to-Wheel)



Mesures de la station-service

Quantité par ravitaillement



Mesures de la station-service



Opération

Opération pilote : quelques conclusions

Station-service :

- Vider autant que possible et remplir régulièrement
- Éviter le dégazage : une utilisation élevée et régulière est cruciale.

CAMION

- Aucun problème spécifique au GNL/Bio-GNL
- Consommation/émissions : Technologie efficace, moins 10 à 20% de CO_{2,eq} par rapport au diesel Euro VI

Emissions de méthane (sauf les dégazages(ventings)) :

- Aucune fuite de gaz au niveau du camion et de la station-service (y compris le remplissage de la station-service)
- Aucune fuite de gaz significative au niveau des raccords pendant les opérations de ravitaillement en carburant.

Extension de l'outil "Biograce"

BIOGRACE I										www.biograce.net					Intelligent Energy Europe		
Harmonised Calculations of Biofuel Greenhouse Gas Emissions in Europe															About Directory		
Production of LBG from paper mill and fish farm waste [adapted from production of Biogas from municipal organic waste as CNG]										Version 4d for Testing							
Overview Results																	
All results in g CO _{2,eq} / MJ _{LBG}																	

Bio-GNL / LBG - Norvège

All results in g CO _{2,eq} / MJ _{LBG}	Non- allocated results
Cultivation e_{ec}	
1 Supply of substrates	0.00
Processing e_p	8.0
2 Biogas generation	5.68
3 CH ₄ extraction	0.81
4 CH ₄ liquefaction	0.87
Transport e_{td}	8.8
5a Filling Tank Truck	0.65
5b Transport of LBG	4.43
6a Filling of Station	0.10
6b Storing LBG (incl. Venting)	4.17
7 Filling of LBG Truck	0.10
Use e_u	0.0
8 Use (TTW)	
e_{ccr} + e_{ccs}	0.0
Totals	16.8

- Installation pour environ 20 tpd
- -82% par rapport au diesel fossile (RED II : 95.1)
- l'origine de l'énergie pour la fabrication (génération, traitement/ extraction & liquéfaction) est déterminante (non renouvelable : -46%)
- La transformation et le transport font partie de cette estimation avec des contributions à peu près égales.
- La contribution "Transport et stockage" peut être considérablement réduite :
 - Distances plus courtes et/ou LBG
 - La ventilation peut être réduite ou évitée

Exemple : liquéfaction (avec 1,4 kWh_{el}/kg_{LBG})

4 CH ₄ liquefaction		via Mixed-Refrigerant Liquefaction	Quantity of product	Calculated emissions			
		Yield		Emissions per MJ LBG			
		CH ₄	0.999 MJ_LBG / MJ_CH ₄	0.620 MJ_LBG/MJorganic waste, input	g CO ₂	g CH ₄	g N ₂ O
		Factor from typical to default	1.0	1.027 MJ_LBG/MJCNG	g CO _{2,eq}		
=B61 if same for all		Energy consumption					
		ElecMixNorwayProduction	0.101 MJ / MJ _{CH₄(f)}		0.52	0.00	0.00
		Direct emissions					
		Methane	0.001 MJ / MJ _{CH₄}			0.02	
				Result	g CO _{2,eq} / MJ_LBG		1.03

- Grande différence entre la grande-échelle et la petite- (et la nano-) échelle
 - Données bibliographiques souvent en CO_{2,eq}/kg
 - Les données en kWh/kg seraient meilleures, car l'origine de l'électricité peut faire une différence.
- Nano échelle (< 20 tpd) : les spécifications des fabricants varient de 0,7 à 1,8 kWh_{el}/kg.
 - Attention : traitement partiellement inclusive, partiellement exclusive

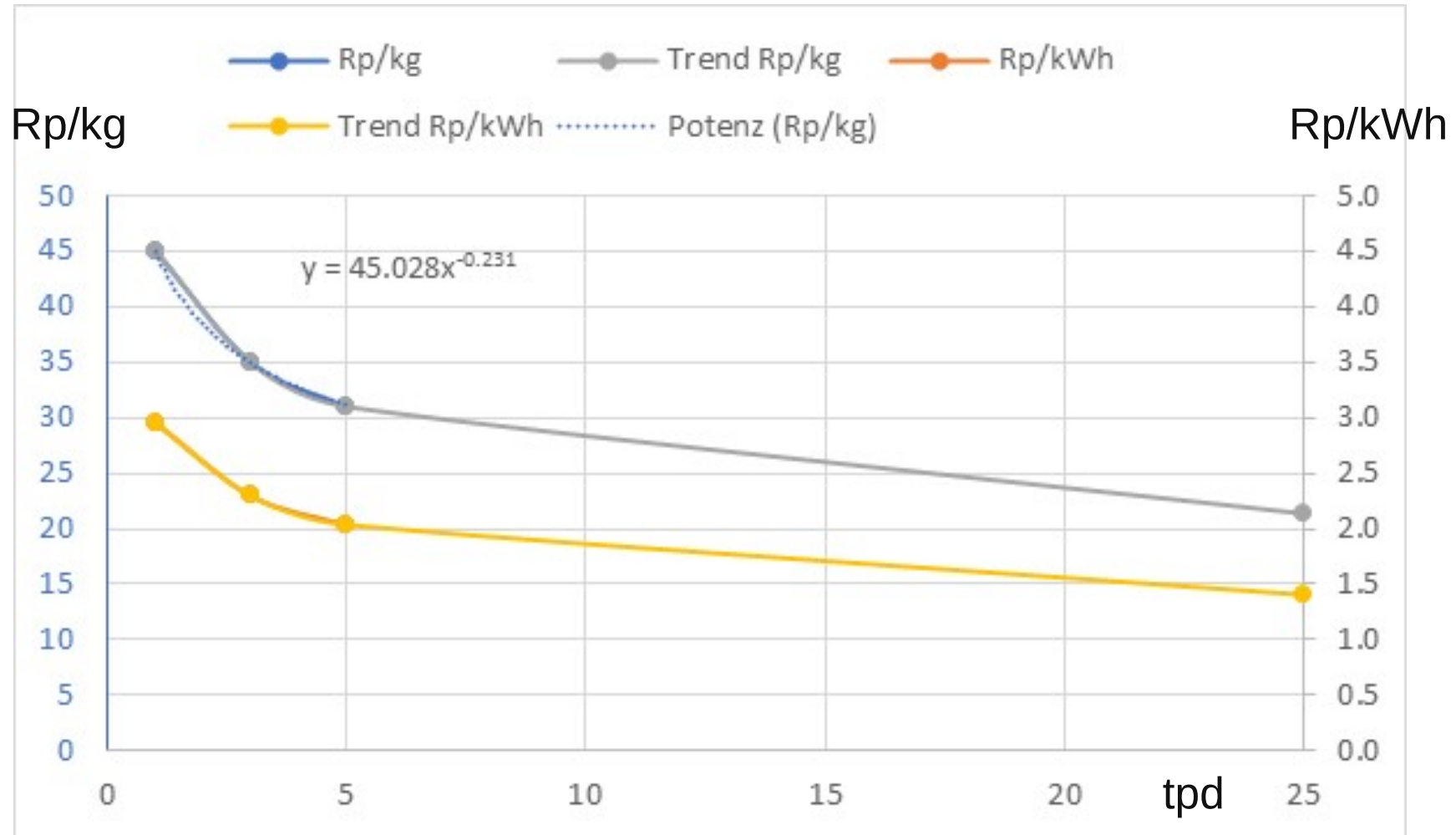
Exemple : Transport

5b Transport of LBG (Road to Switzerland, empty return)		Quantity of product		Calculated emissions				
Yield					Emissions per MJ CNG			
LBG	0.999 MJ_LBG-out / MJ_LBG-i		0.354 MJ_LBG/MJorganic waste, input		g CO ₂	g CH ₄	g N ₂ O	g CO _{2,eq}
			1.009					
Transport per								
Truck for liquids (Diesel)	2500 km				2.11	0.00	0.00	2.11
Fuel	Diesel							
Fuel consumption	29 l/100km							
Direct emissions								
Methane	0.001 MJ_LBG / MJ_LBG					0.02		0.50
Empty return								
Truck for liquids (Diesel)	2500 km				1.82	0.00	0.00	1.82
Fuel	Diesel							
Fuel consumption	25 l/100km							
Result					g CO _{2,eq} / MJ _{LBG}			
					4.43			

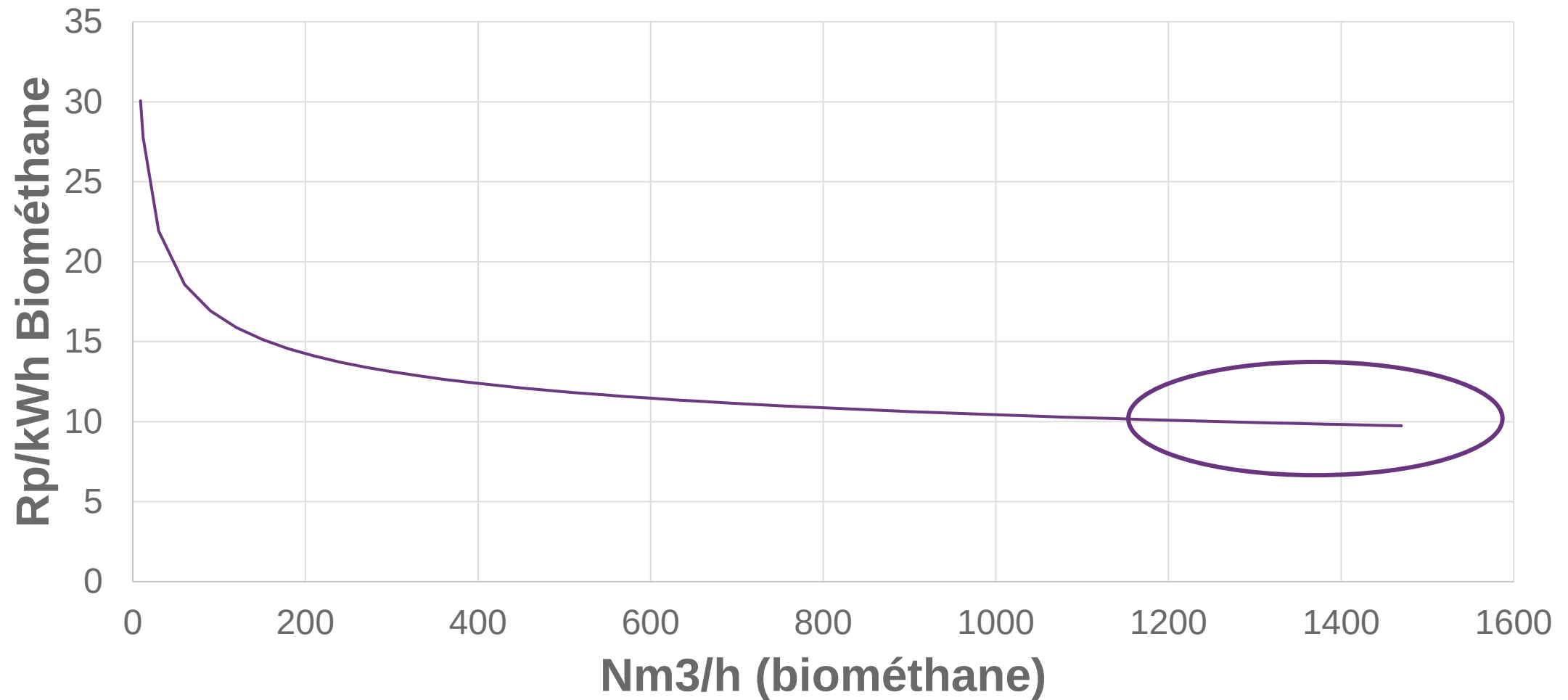
Biograce recommande
0,1% (fabricant 0,0%)
(quelle que soit la
distance)

- **Autre option** (LBG / Bio-GNL du nord de l'Italie, distance de 400 km, pas d'"émissions directes") :
Réduction du transport à **0,63 gCO_{2,eq}/MJ**

Coûts de traitement / liquéfaction



Coûts de la production de biogaz

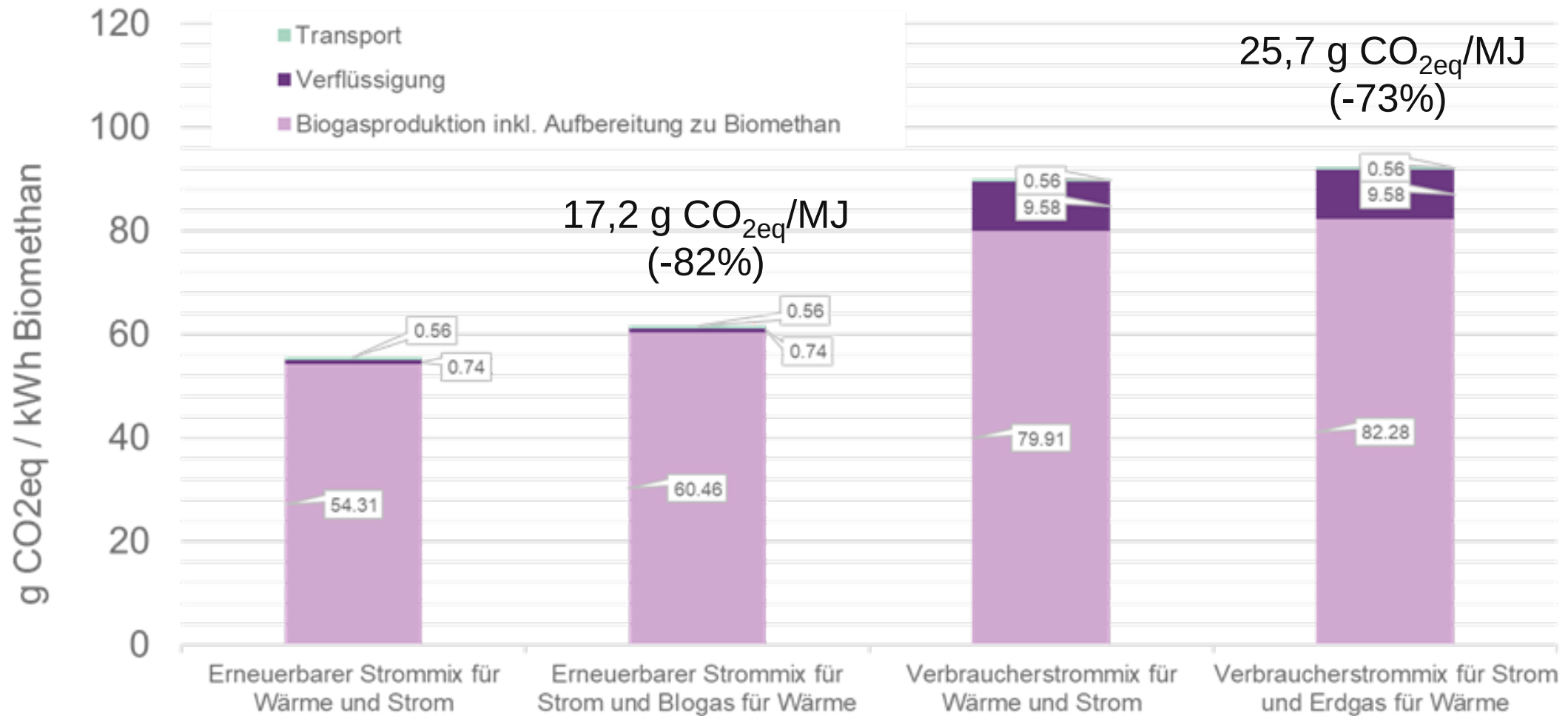


Premières estimations pour les usines > 5 tpd

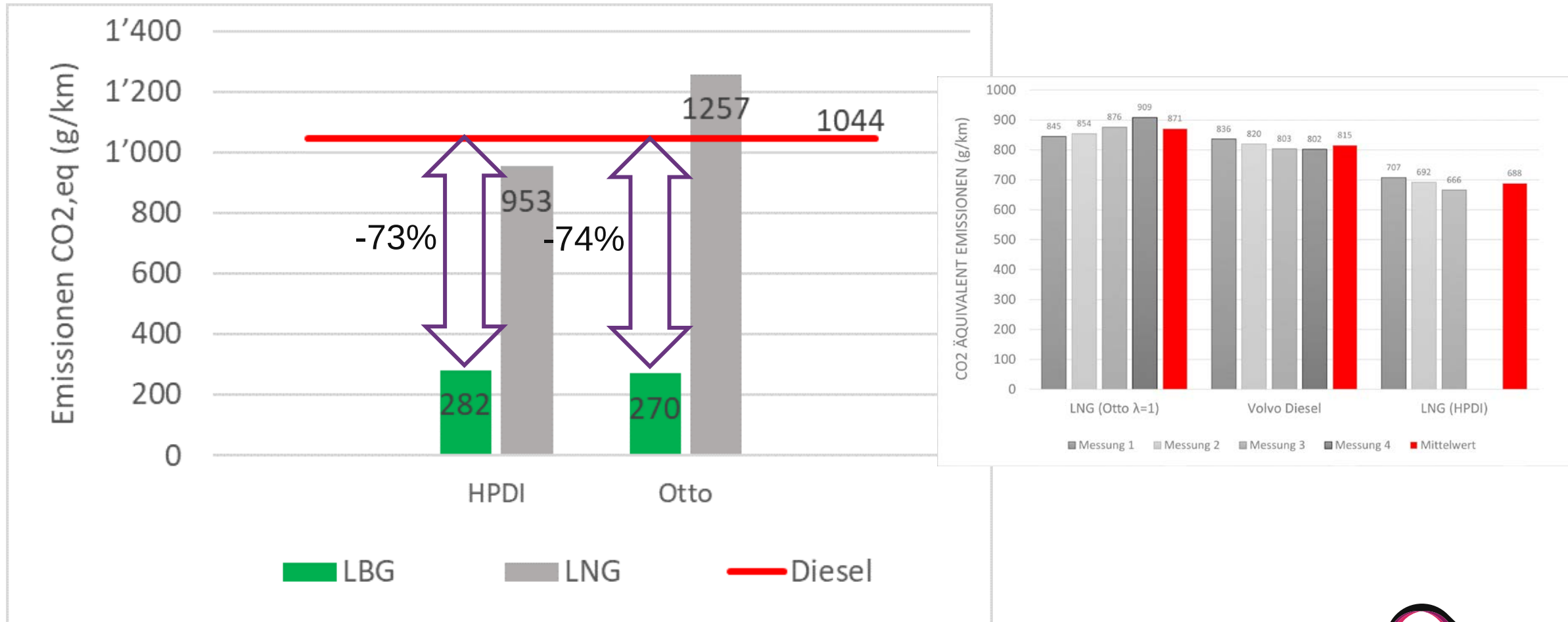
	Centime par kWh	CHF par kg
Coûts de production du biogaz	10.0	1.39
Traitement et liquéfaction	2.0	0.28
Transport vers la station-service	0.4	0.06
TOTAL	12.4	1.73
Comparaison GNL	8.0	1.15

- **Les coûts du biogaz sont décisifs, pas ceux de la valorisation et de la liquéfaction.**
- La courbe d'apprentissage traitement/liquéfaction n'est pas (encore) prise en compte !

Émissions totales (720 Nm³/h biométhane)



Comparaison du moteur à essence et du HPDI (Well-to-Wheel)





Merci de votre attention.

elimar.frank@ost.ch

Nous remercions nos
partenaires pour le
financement du projet:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE



werz

INSTITUT FÜR WISSEN
ENERGIE UND ROHSTOFFE ZUG



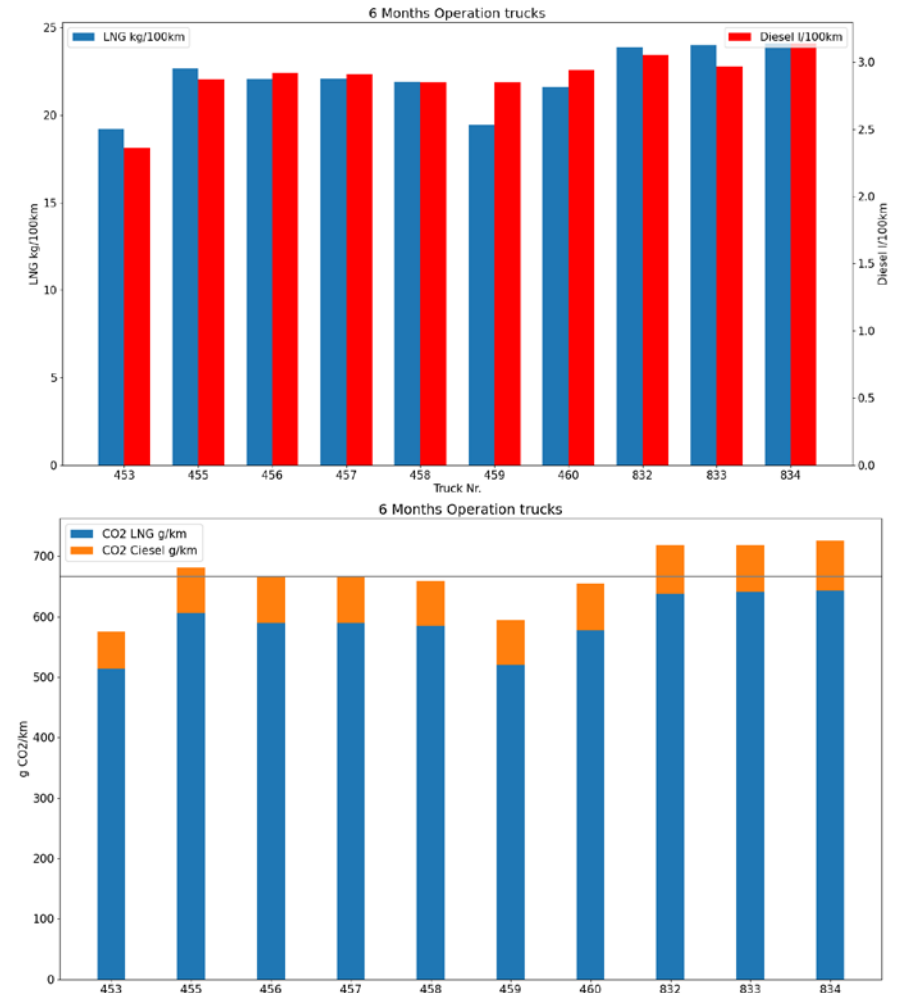
Mesures de la flotte de camions : résumé

Volvo LNG (données de FMS)

- GNL : environ 19 - 24 kg/100km
- Diesel : environ 2,4 - 3,2 l/100km
- CO₂ : environ 575 - 725 gCO₂/km

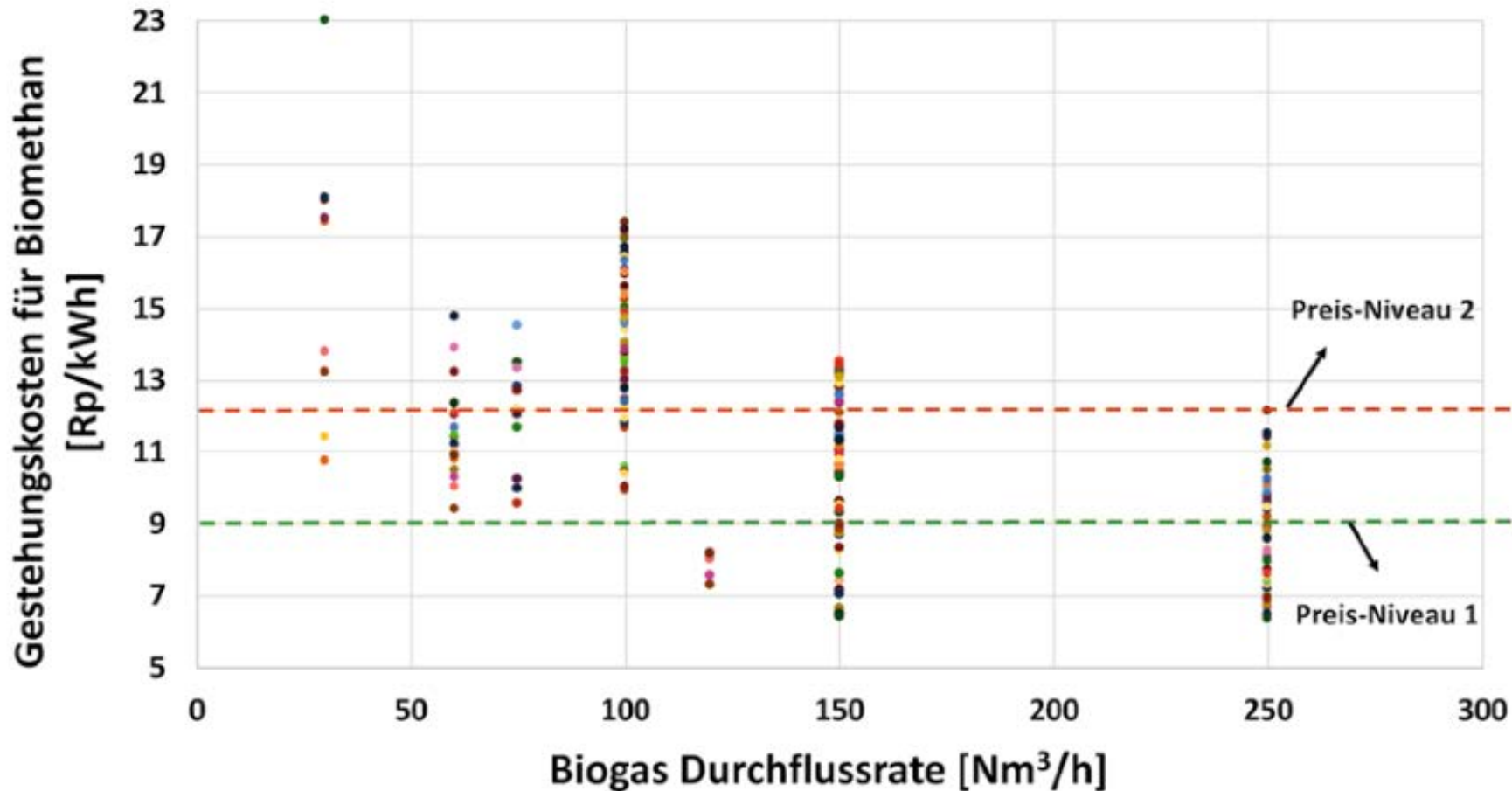
Iveco

- GNL : 26,6 kg/100km
- CO₂ : 715 gCO₂/km



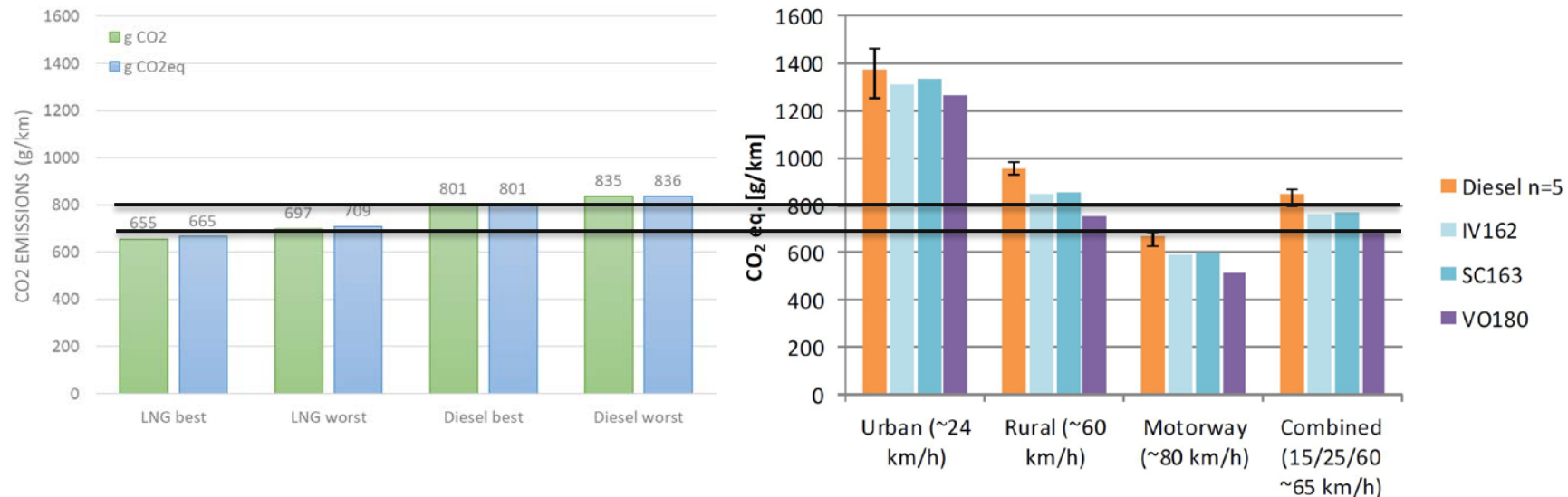
Source : ISP, AQUA & GAS No 7/8 (2019)

Prix du biométhane réalisables avec les systèmes de biométhane à base de fumier de bovins en Suisse



Comparaison des émissions avec l'étude TNO

- L'étude TNO montre que les émissions de CO_2eq pour
 - Camions Volvo LNG d'environ 700 g/km et
 - Camions Volvo diesel d'environ 850 g/km
- Nos mesures montrent à peu près les mêmes émissions. Cependant, ce n'est pas le même cycle de test qui a été utilisé.



Mesures de la flotte de camions : consommation selon le FMS

