



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Le retrofit GNV et BioGNV pour convertir le parc actuel

Evaluation environnementale de l'intérêt du retrofit GNV et bioGNV pour des applications Diesel

<https://librairie.ademe.fr/mobilite-et-transport/6162-evaluation-environnementale-du-retrofit-gnv-et-biognv-pour-des-vehicules-diesel.html>

Périmètre de l'étude



Trois segments étudiés :

- VUL (type Mercedes sprinter ou autre),
- L'autocar scolaire 12m (type IVECO crossway)
- Le poids-lourd de 19T (type Renault Trucks D-wide)

Trois vecteurs énergétiques étudiés :

- Diesel
- GNV
- BioGNV

Trois scénarios de décision après l'exploitation d'un véhicule diesel pendant 10 ans :

- Un scénario de prolongement de l'exploitation du véhicule sur encore dix ans
- Un scénario deetrofit GNV/bioGNV du véhicule et de son exploitation pendant dix ans
- Un scénario de mise à la casse suivi de l'achat d'un véhicule GNV neuf et de son exploitation pendant dix ans.

Méthodologie

L'étude se décompose en trois étapes distinctes :

a) Calcul des consommations via la simulation système

Cette première phase a comme objectif d'établir les consommations énergétiques des différents véhicules, en s'appuyant sur la simulation système. La simulation permet de modéliser l'ensemble des véhicules, et de les simuler sur des usages réalistes.

b) Analyse du Cycle de Vie des différents véhicules

Dans cette partie l'objectif est d'évaluer l'impact sur le changement climatique (émissions GES) des motorisations étudiées, en prenant en compte à la fois le cycle de vie du véhicule et le cycle de vie carburant.

c) Synthèse

Interprétations et réflexions sur l'intérêt environnemental

Calcul des consommations

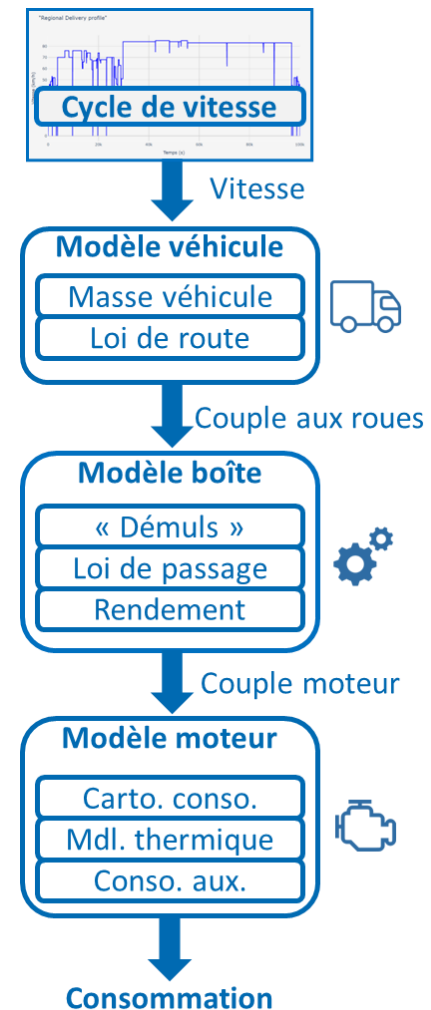
3 cycle de vitesse: **Route – Ville – Autoroute** pour les 3 types de véhicules

Modèle IFPEN traduit les cycles en consommations de carburant :

- L'usage et le comportement du conducteur qui influent sur la consommation sont imposés par un cycle de vitesse
- La dynamique longitudinale du véhicule est modélisée en calculant les flux d'énergie dans le véhicule afin de déduire le couple à fournir aux roues puis le couple à fournir par le moteur. Enfin la consommation est déduite par une cartographie.

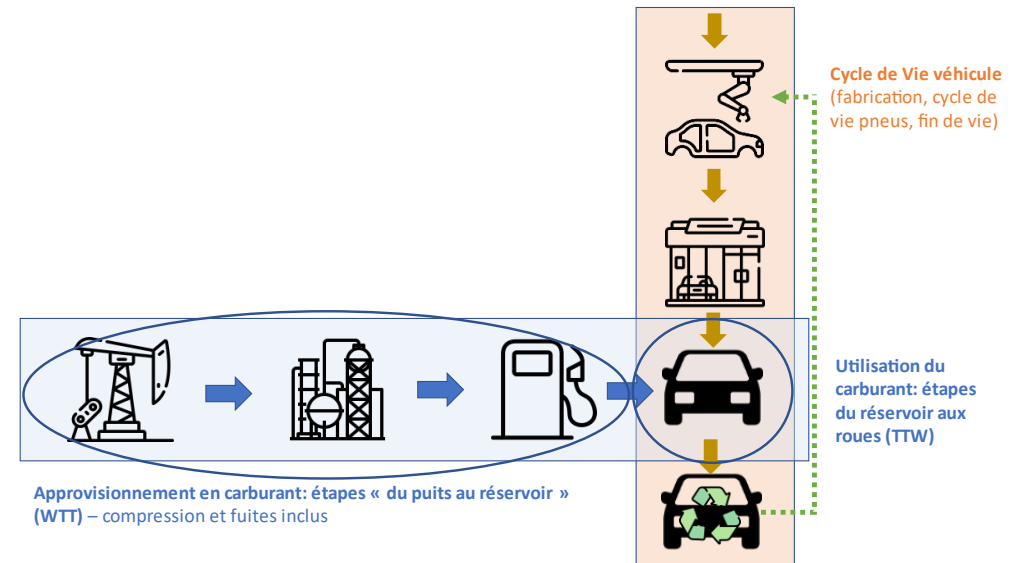
Le modèle est paramétré pour représenter le véhicule que l'on veut étudier : masse, moteur, boîte de vitesse...

La précision du modèle a été validée avec des campagnes d'essais où la consommation réelle a été mesurée



Analyse Cycle de Vie

- L'ACV est réalisée conformément aux normes ISO 14040:2006 et ISO 14044:2006
- À l'aide du logiciel commercial SimaPro® version 9.3.0.3
- La base de données utilisée est Ecoinvent v.3.8
- Hypothèse que les véhicules sont **assemblés, rétrofités et utilisés en France**
- **Non prise en compte des infrastructures de ravitaillement** mais prise en compte des émissions liées à la compression et fuites à la station pour les vecteurs GNV et bioGNV
- Méthodologie utilisée : EF3.0 recommandée par la Commission Européenne
- Horizon de temps: 2022
- L'unité fonctionnelle retenue est la « **mise à disposition d'un véhicule sur une durée de vie de 20 ans pour le transport de personnes ou de marchandises sur une distance d'1 km dans un contexte de trafic donné** »



Etapes considérées dans le périmètre WtW incluant le cycle de vie véhicule (Icons made by Freepik, Good Ware and Jongrak from www.flaticon.com)

Fabrication du véhicule

- Carcasses des véhicules + moteurs thermiques basés sur le rapport IMPRO Car II "Feebate and scrappage policy instruments« [1] & données Ecoinvent
- Masse moteur identique pour les motorisations diesel et GNV sauf pour le post-traitement (masse post-traitement diesel (DOC + SCR + DPF) supérieur à celle du GNV (3WCC))[5]
- Le poids et la composition des pneus proviennent du rapport IMPRO Car I
- Durée de vie des pneus : 40'000 km
- Carcasse Autocar dérivée du bus (masse différente: différence de composition intérieure prise en compte : modélisation de sièges en acier supplémentaires (Yuce, C, 2014 [2])
- Modélisation des réservoirs gaz **dimensionnés aux justes besoins:**
 - Diesel tank: 50% acier, 50% alu (GRDF [3])
 - GNC tank TYPE IV: 45% résine d'époxy, 55% fibre de carbone (Pranjali Sharma, 2021 [4])

Fabrication du véhicule

Véhicule	Autonomie (km)	Capacité (L)	Masse réservoir Type IV (kg)
VUL 2,5t	400	195	75
PL 19t	300	410	158
Autocar 12m	300	461	178

Véhicule	Carburant	Masse à vide [t]	PTAC [t]	Masse moteur [kg]	Masse post-traitement [kg]	Masse réservoir [kg]	Puissance moteur [kW]
VUL 2,5t	Diesel	1,4	4	120	18	0 *	90
	GNV	1,4	4	120	5	75	90
PL 19t	Diesel	9,4	19	732	61	150	280
	GNV	9,4	19	732	18	158	280
Autocar 12m	Diesel	12,3	19	732	61	100	280
	GNV	12,3	19	732	18	178	280

*réservoir en plastique, masse négligée

Phase d'utilisation des véhicules

Véhicule	Techno	Cycle	Consommation	Unité
Véhicule 19t	Diesel-B7	Ville	45,2	l/100km
		Route	28,9	l/100km
		Autoroute	23,8	l/100km
	GNC	Ville	42,0	kg/100km
		Route	26,5	kg/100km
		Autoroute	20,9	kg/100km
VUL	Diesel-B7	Ville	11,7	l/100km
		Route	10,1	l/100km
		Autoroute	11,1	l/100km
	GNC	Ville	9,7	kg/100km
		Route	8,1	kg/100km
		Autoroute	8,5	kg/100km
Autocar	Diesel-B7	Ville	44,1	l/100km
		Route	28,3	l/100km
		Autoroute	23,4	l/100km
	GNC	Ville	41,1	l/100km
		Route	26,0	l/100km
		Autoroute	20,7	l/100km

Phase d'utilisation des véhicules

Catégories de véhicules	Exigence	Urbain	Peri-urbain	Autoroute
M1-N1	%	34	33	33
N2-M2-M3	%	45	25	30
M2-M3 class I & II	%	70	30	0
N3	%	30	25	45

Chargement

- 50% de la charge utile pour le VUL et PL 19t
- 50 personnes 1 trajet sur 2 pour l'autocar plus le conducteur

Coefficients de pondérations utilisés ISC-UTAC

Le **VUL** est en catégorie N1, le **poids lourd 19T** en catégorie N3 et l'**autocar** en catégorie M3.

Phase d'utilisation des véhicules

Véhicule	Kilométrage annuel (km/an)	Source hypothèse
VUL 3,5t	15 000	ADEME / étude rétrofit EV
PL 19t	40 000	ADEME-GRDF
Autocar 12m	40 000	ADEME-GRDF

FE		gCO2e/MJ PCI	Source
Diesel B7	WTT	17,3	BC ADEME (2019)
	TTW	70,6	BC ADEME (2019)
GNV	WTT	11,9	BC ADEME (2019)
	TTW	52,1	BC ADEME (2019)
bioGNV	WTT	12,7	BC ADEME (2019)
	TTW	0,43	BC ADEME (2019)

Durée de vie du véhicule : 20 ans

Entretien véhicules non pris en compte

Facteurs d'émissions de GES: BC ADEME 2019

Données rétrofit et fin de vie

Rétrofit = 1 nouveau GMP gaz + réservoir GNC + impact démantèlement moteur [6] + transport du nouveau GMP [7]

Hypothèse transport logistique aval: transport sur 500 km en camion du kit rétrofit

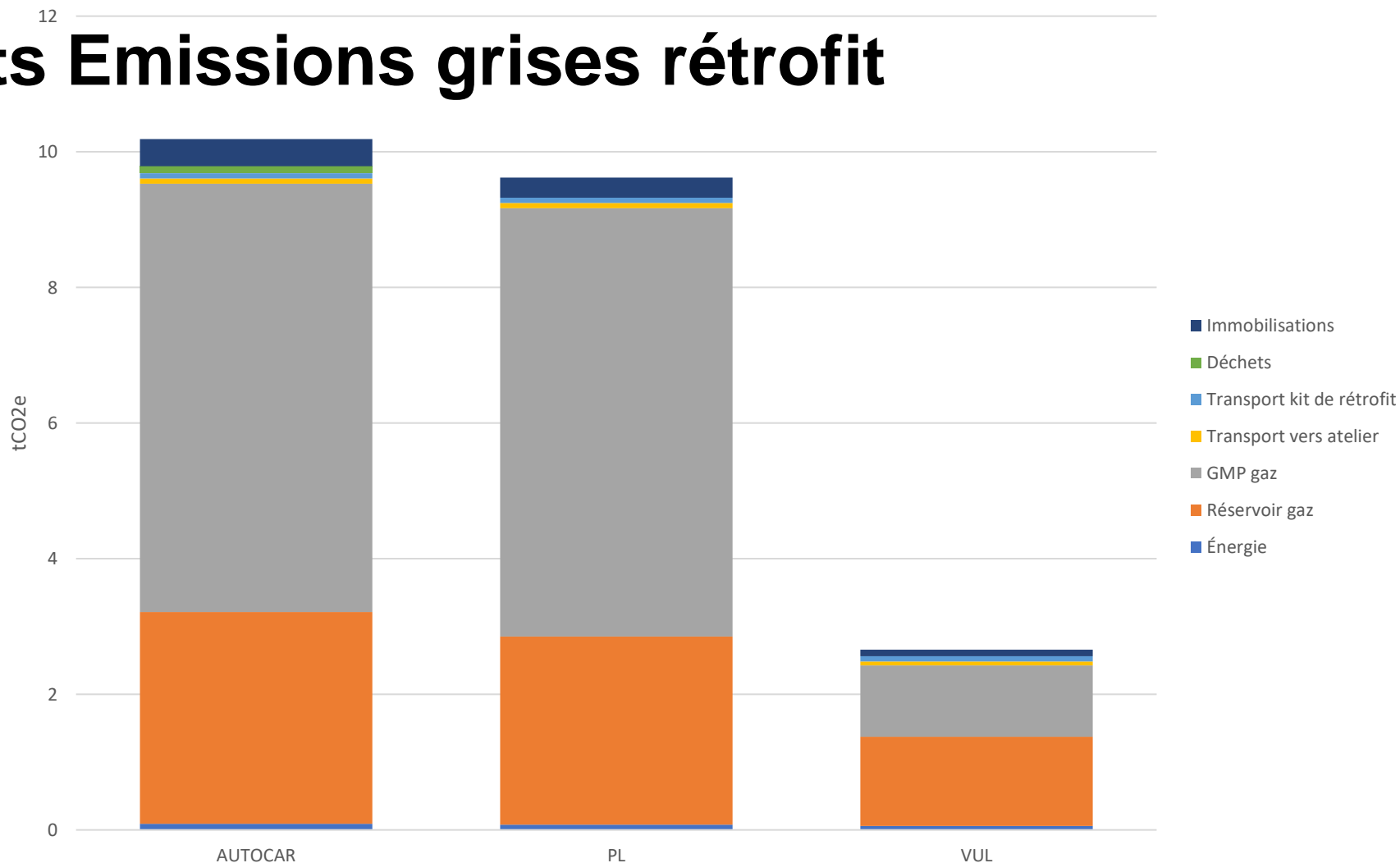
Le scénario de fin de vie

basé sur le rapport ADEME / Gingko21 et les objectifs réglementés

- % recyclage, % mise en décharge, et % incinération selon type de matériaux
- Distance jusqu'au site du démolisseur / broyeur, taux de collecte, etc. basé sur études ADEME [8] [9]
- Fin de vie des pneus basée sur la même bibliographie et donc les mêmes hypothèses de taux de recyclage et de collecte

Sources d'impacts fixes	Scénario 20 ans diesel	Scénario rétrofit	Scénario casse (utilisation d'allocation)
Fabrication Carcasse	1	1	1,5 (1 carcasse + 0,5 pour le nouveau véhicule)
Fabrication GMP	1 GMP diesel	2 GMP (1 diesel + 1 GNV)	1 GMP diesel + 0,5 GMP GNV
Fabrication réservoir	1 réservoir diesel	2 réservoirs (1 diesel + 1 GNV)	1 réservoir diesel + 0,5 réservoir GNV
Fin de vie Carcasse	1 fin de vie	1 fin de vie	1 fin de vie véhicule diesel + 0,5 fin de vie véhicule GNV

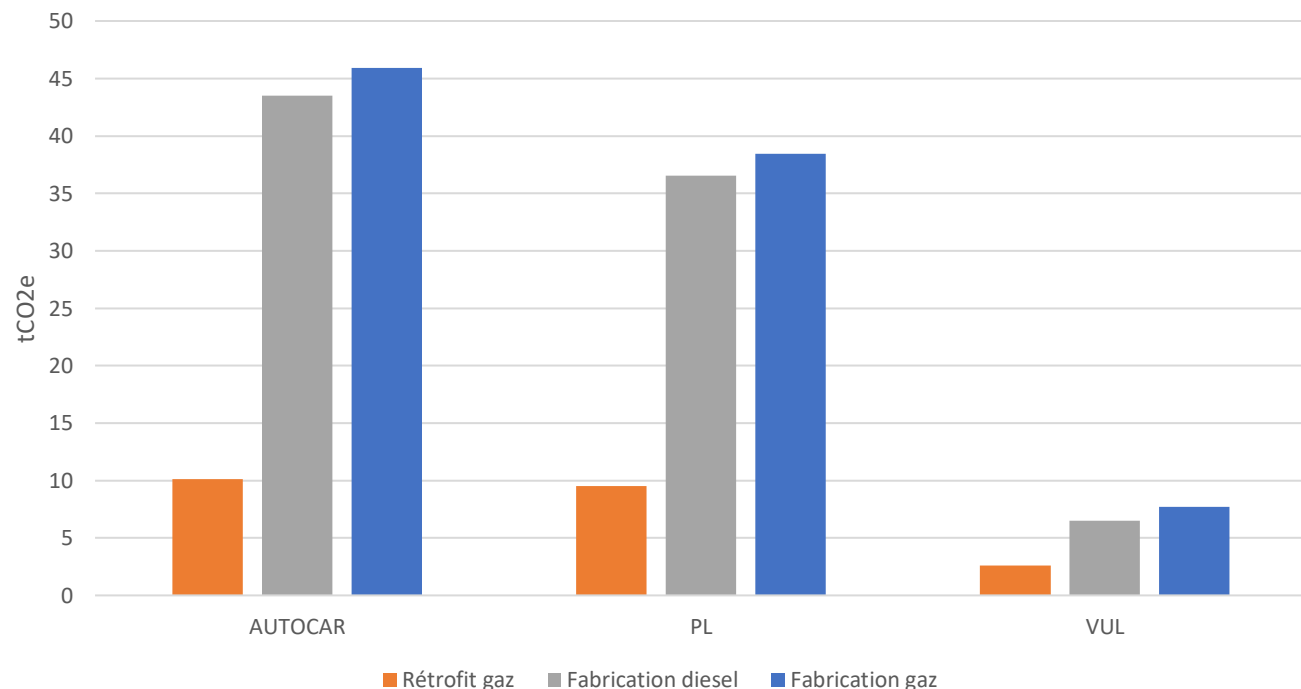
Résultats Emissions grises rétrofit



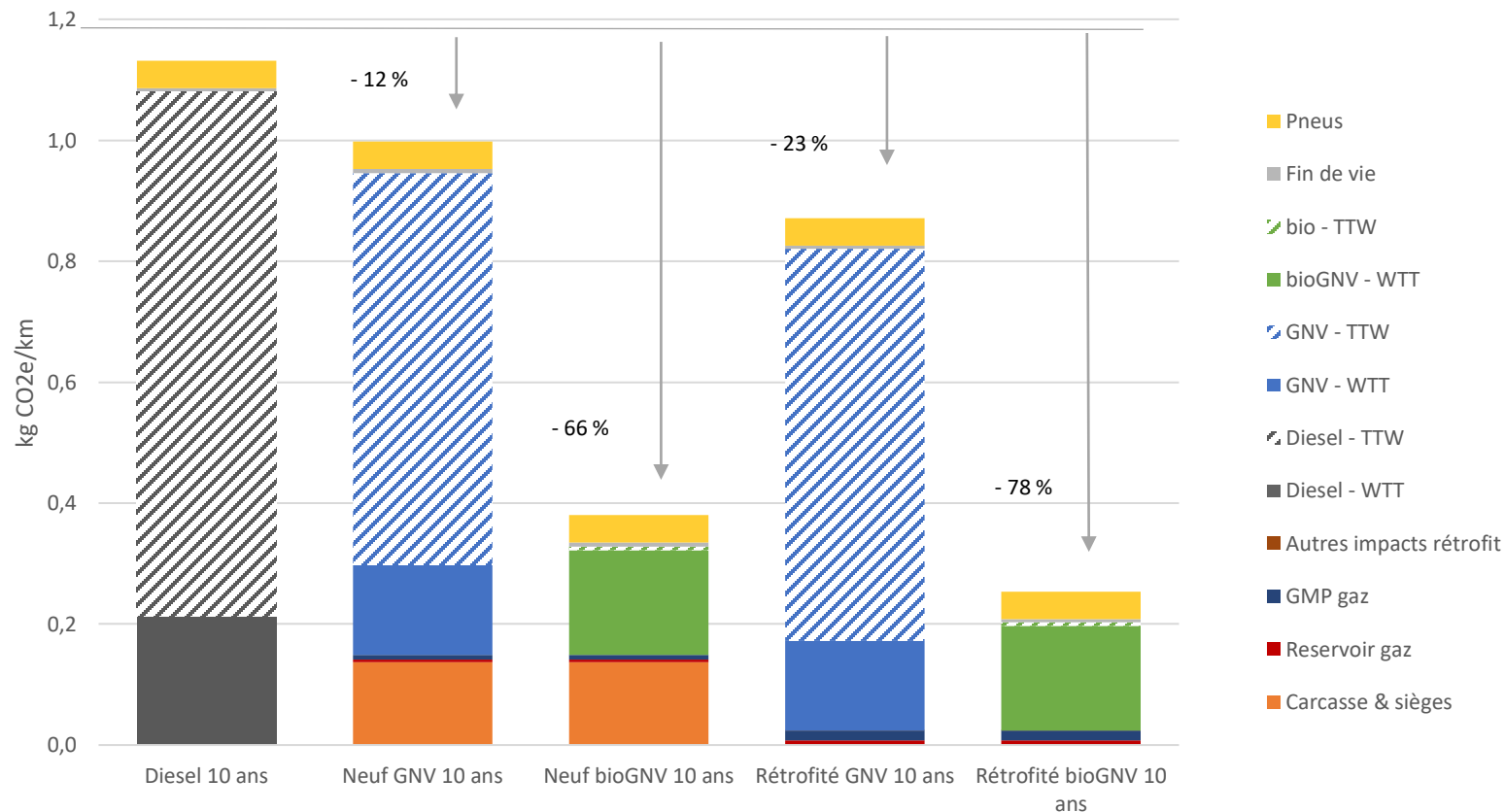
L'impact des postes « intrants » (GMP gaz et réservoir Gaz) sont les plus significatifs.

Emissions grises de la fabrication d'un véhicule thermique neuf comparées à celles d'un processus de retrofit gaz

- Retrofit gaz est moins impactant que la fabrication d'un nouveau véhicule thermique car on évite la fabrication d'une nouvelle carcasse de véhicule.
- Particulièrement intéressant pour les applications de véhicules « lourds » comme l'autocar et PL dont l'impact associé à la fabrication de la carcasse du véhicule est très important.
- Impact de la fabrication d'un véhicule neuf gaz est plus important que celui d'un véhicule neuf diesel -> dû à l'impact des réservoirs gaz dans la fabrication des véhicules gaz.

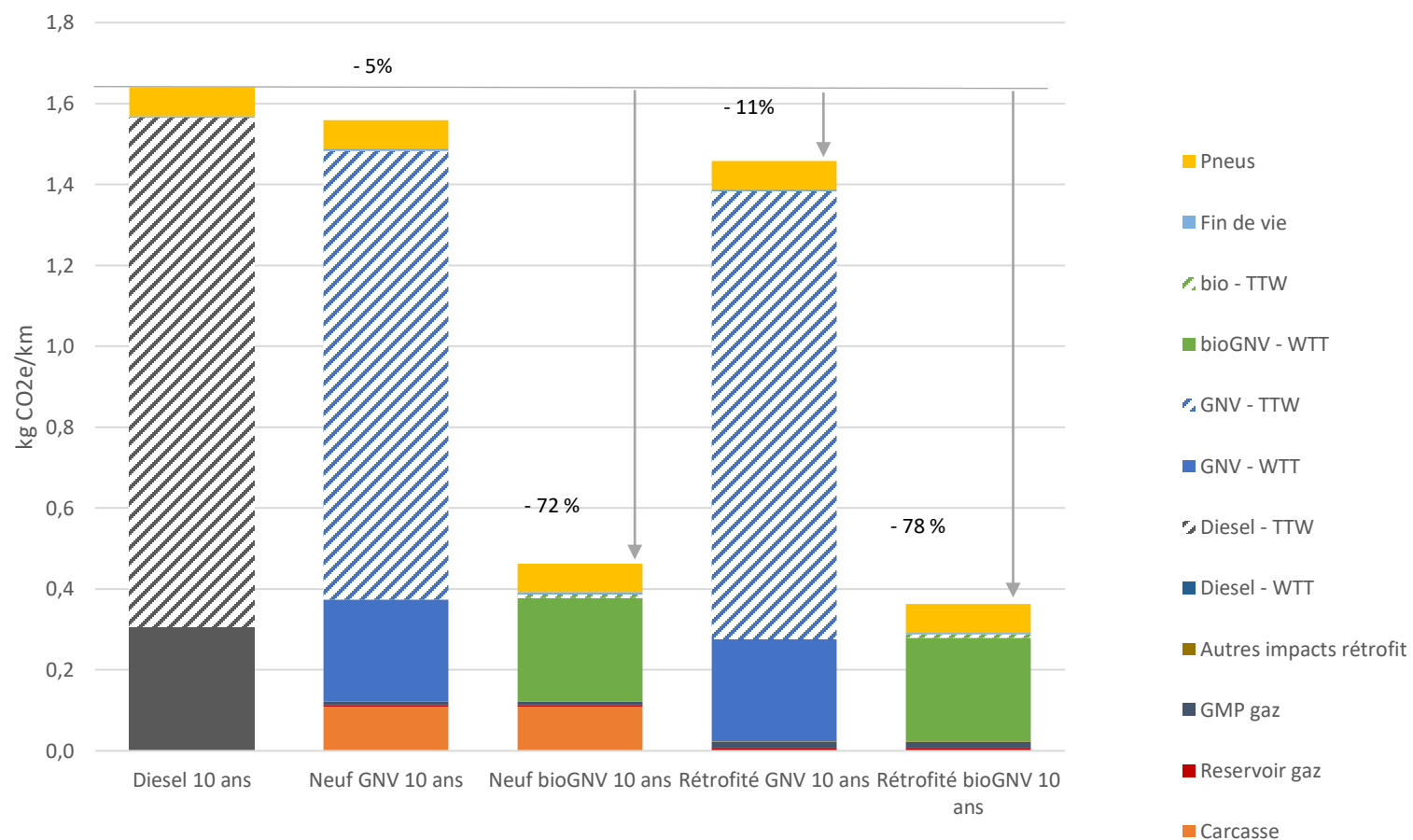


Résultats GES - Autocar

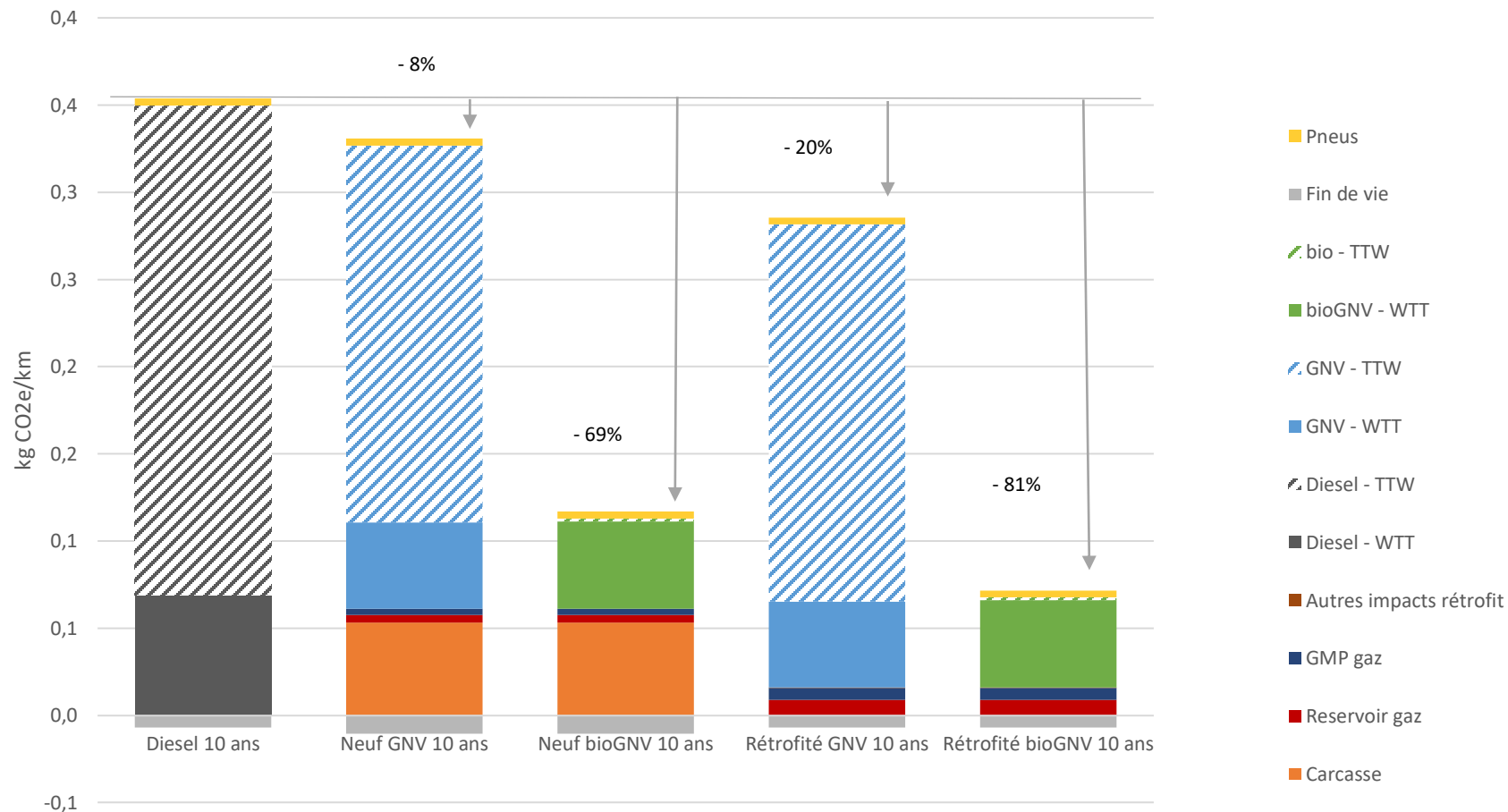


- Scénario mise à la case et achat véhicule gaz neuf implique la fabrication d'une nouvelle carcasse
- Impact fabrication nouveau véhicule gaz > impacts retrofit
- Intérêt du retrofit par rapport à achat nouveau véhicule

Résultats GES – PL 19T



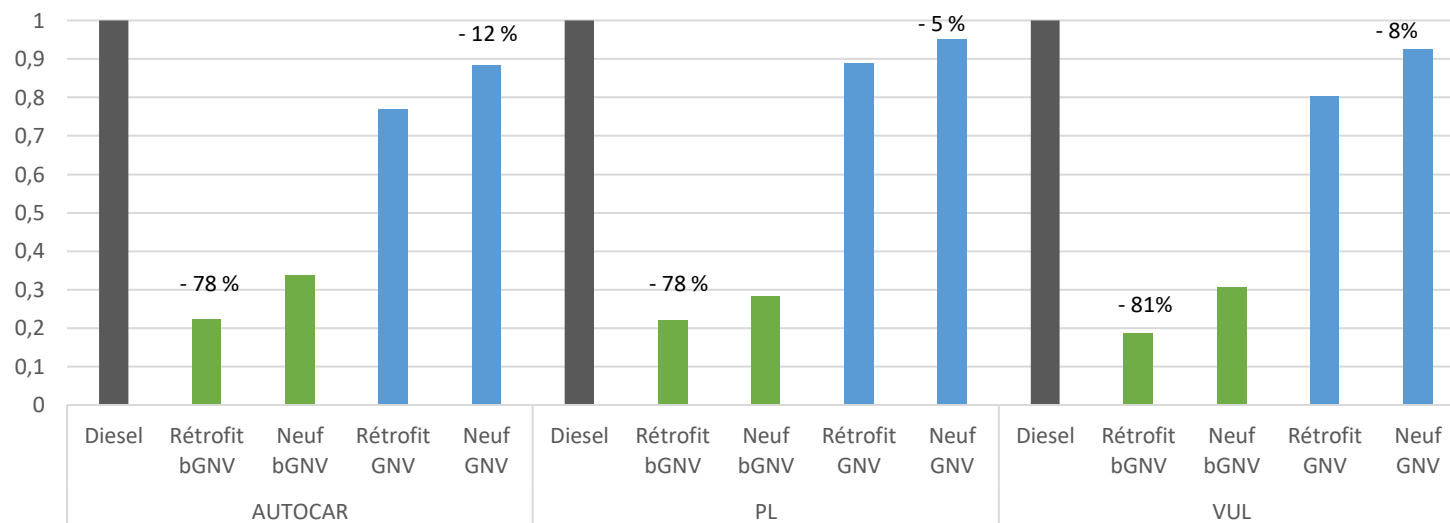
Résultats GES - VUL



Synthèses des résultats

- Pour les trois types de véhicules, changer de moteur thermique pour 10 ans d'exploitation du véhicule au gaz plutôt qu'au diesel donne les meilleurs résultats en termes d'émissions de GES. Cela est vrai pour l'option retrofit gaz du véhicule initial et pour le scénario de mise à la casse et achat d'un véhicule neuf gaz.
- Sans surprise, les émissions évitées sont bien plus conséquentes avec une utilisation en bioGNV
- En termes d'émissions de GES, le procédé de retrofit gaz est dans tous les scénarios étudiés, plus intéressant que la mise à la casse et l'achat d'un véhicule neuf.

Emissions de GES des véhicules étudiés (émissions au-delà de 10 ans d'âge du véhicule initial, en proportion du reste à émettre du véhicule initial au-delà de 10 ans d'âge)



Limites de l'études

- Les pourcentages de gains d'émissions de GES sont très sensibles aux valeurs de consommations estimées via des cycles de vitesse et pondérations associées mais aussi des facteurs d'émission des vecteurs énergétiques (ici Base Carbone®).
- **Incertitudes liées au procédé de rétrofit**, les données utilisées sont des données estimées à dire d'expert dans l'étude rétrofit EV. Ces données peuvent varier fortement selon l'échelle du nombre de véhicule à rétrofiter et l'optimisation des chaînes de production.
- Les bénéfices en termes de GES sont à mettre en perspectives avec d'autres indicateurs de pollution de l'air comme les **polluants locaux** (CH₄, NO_x, particules, etc.).
- **Seules les émissions de GES sont étudiées**, d'autres indicateurs comme l'utilisation de ressource minérales et métaux, l'utilisation d'eau pourrait donner plus d'indications quant au scénario le plus favorable entre rétrofit et achat d'un nouveau véhicule.
- L'étude ne met pas en valeur les autres bénéfices du rétrofit tels que le réemploi, la circularité et les autres bénéfices économiques. Une étude **TCO (Total Cost of Ownership)** pourrait être complémentaire au travail réalisé et apporter une vision plus complète sur l'intérêt du rétrofit. En effet, il y aurait notamment de plus grandes différences sur le calcul TCO entre le scénario rétrofit et le scénario « casse avec achat d'un nouveau véhicule ».

Sources

- [1] Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, Seurn, S., Genty, A., Uihlein, A., et al., Feebate and scrappage policy instruments : environmental and economic impacts for the EU27, Publications Office, 2012, <https://data.europa.eu/doi/10.2791/28878>
- [2] Yuce, C.; Karpat, F.; Yavuz, N.; Sendeniz, G. A Case Study: Designing for Sustainability and Reliability in an Automotive Seat Structure. Sustainability 2014, 6, 4608-4631. <https://doi.org/10.3390/su6074608>
- [3] GRDF, échanges de mails DEDIEU Francois 2019
- [4] Study to methodize the design of a safe Type-4 CNG storage vessel using finite element analysis with experimental validation, Indian Institute of Technology Kharagpur, India – 2021 DOI:10.1016/j.ijpvp.2021.104425
- [5] Masses calculé à partir de sources IFPEN: densité des monolithes de 2,5g/cm³ (pourrait être améliorée au travers de l'obtention de données constructeurs). Associé à une donnée ICE Ecoinvent
- [6] Donnée ecoinvent (2012) "manual dismantling of used passenger car with internal combustion engine GLO"
- [7] Hypothèse transport logistique aval de CIDER Engineering « ACV SIMPLIFIEE RELATIVE A L'ACTIVITE DE RETROFIT D'AUTOBUS », 2022
- [8] Renewable Energy – Recast to 2030 (RED II)," 2018
- [9] Transport et logistique des déchets, ADEME," 2014.



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Direction Villes et Territoires
Durables/Service Transports et
Mobilité**
Denis.benita@ademe.fr



LUCAS Maxime,
GUYON Olivier,
MICHEL Pierre,
TERNEL Cyprien,
MELGAR Joris

