

Notes techniques et réflexions

Influence de la masse des véhicules sur la consommation de carburant

Auteur : Olivier SIDLER

12 juin 2023

Consultant en énergétique

26160 FELINES S/RIMANDOULE

email : olivier.sidler@posteo.net

Influence de la masse des véhicules sur la consommation de carburant

La consommation d'un véhicule routier dépend des forces de résistance à l'avancement. Ce sont :

- la résistance au roulement. Elle est sensiblement constante et proportionnelle à la masse du véhicule. Elle correspond essentiellement à la déformation des pneus, et dans une moindre mesure aux frottements de tous les organes de transmission de puissance,
- la résistance de l'air. Elle dépend de l'aérodynamisme du véhicule et évolue avec le carré de la vitesse mais ne dépend pas de sa masse.

On en déduit immédiatement que l'influence de la masse d'un véhicule sera d'autant plus importante que la vitesse de celui-ci sera faible. Donc en ville. Mais ceci est accru en agglomération par les nombreux arrêts suivis de relances du véhicule à chaque feu rouge, à chaque ralentissement ou à chaque bouchon. Ce qui suit tient compte de manière simplifiée de ces redémarrages.

La note qui suit évalue, à l'échelle d'une année, en fonction des parcours moyens en ville, sur route et sur autoroute, quelle est l'influence de la masse sur la consommation d'un véhicule.

1 – Hypothèses de l'étude

Il faut déterminer le kilométrage et la vitesse moyens associés aux parcours en ville, sur route et sur autoroute. Dans tout ce qui suit on utilisera l'année 2019 comme référence (année précédant le Covid).

1-1 Kilométrages en ville, sur route et sur autoroute

Selon le SDES¹, il y avait en 2019 37,728 millions de voitures particulières en France qui parcouraient annuellement en moyenne 12 223 km. Mais quelle est la part de ce kilométrage sur autoroute, sur route et en ville ? L'information brute n'existe pas. Ce qui suit tente de l'approcher.

Selon l'Union routière² (voir référence pages 10 et suivantes), en 2019 :

- 448 milliards de véhicules.km sont dus aux voitures particulières, dont 127 pour les voitures à essence et 254 pour les voitures diesel (cette valeur des véhicules.km conduirait soit dit en passant à un kilométrage annuel de 11 874 par voiture, légèrement inférieur à celui annoncé par le SDES).
- Les voitures particulières représentent 72,8 % de l'ensemble du trafic (donc des véhicules.km),

¹ datalab_78_comptes_transports_2019_circulation_novembre2020

² Union routière - FAITS-ET-CHIFFRES-2021

- 82,4 milliards de véhicules.km sont parcourus par les voitures particulières sur les autoroutes concédées (pour lesquelles le comptage est possible), d'où on peut déduire que sur les autres parcours il y a (448-82,4) milliards de véhicule.km, soit 365,6 milliards de véhicules.km effectués,
- La totalité des trafics se répartit de la façon suivante :
 - o Autoroutes concédées : 16%
 - o Autoroutes non concédées interurbaines : 4%
 - o Autoroutes urbaines : 6%
 - o Nationales 2x2 voies : 5%
 - o Routes nationales : 4%
 - o Autres (dont ville) : 66%

Partant de ces données, et en supposant que les 365,6 milliards de véhicules.km parcourus par les voitures particulières se répartissent au prorata des valeurs précédentes, on obtient une image du kilométrage pour chaque type d'usage conforme au tableau suivant. Dans celui-ci figurent aussi les vitesses moyennes mesurées sur ces différents types de voies³.

Type de voie	Autoroutes concédées	AR non concédées interurbaines	AR urbaines	2x2 voies	Routes nationales	Autres	Total
Véhicules.km (Md)	82,4	17,2	25,8	21,5	17,2	283,9	448
Km/an par voiture	2 184	456	684	570	456	7 524	11 874
Vitesse observée (km/h)	119	119	103	104	78	43	---

Figure 1 : kilométrages et vitesses moyens parcourus annuellement sur les différents types de voies par une voiture particulière

1-2 Caractéristiques des véhicules comparés

On va comparer la consommation de deux véhicules à essence parcourant les différents types de voies aux vitesses indiquées, conformément au tableau précédent. Ces deux véhicules sont :

- Une petite voiture dont les caractéristiques techniques sont :
 - o Masse à vide avec le conducteur : 950 kg
 - o Masse en charge maximum : 1 350 kg
 - o Coefficient de résistance au roulement : 0,0095 (daN/kg)
 - o Cx : 0,29
 - o Maître couple : 2,1 m²
- Un SUV caractérisé par :
 - o Masse à vide avec le conducteur : 1 800 kg
 - o Masse en charge maximum : 2 200 kg
 - o Coefficient de résistance au roulement : 0,011 (daN/kg)
 - o Cx : 0,30
 - o Maître couple : 2,35 m²

³ « Observatoire des vitesses – Résultats de l'année 2019 » - Observatoire national interministériel de la sécurité routière

1-3 Mode de calcul

Le modèle détermine pour chaque vitesse du véhicule la valeur des forces et de l'énergie de roulement d'une part, et de la résistance de l'air d'autre part, puis il calcule la consommation correspondante après détermination du rendement de la transmission et du moteur (ce qui tient compte de la vitesse manuelle à laquelle fonctionne la boîte de vitesses).

Ce type de calcul ne prend donc pas en compte les phénomènes inertiels que sont les démarrages. Ceci est acceptable partout...sauf en agglomération. Or les trajets en agglomérations sont les plus nombreux. Le modèle inclut donc une prise en compte simplifiée des relances de véhicules (feu rouge, bouchon, etc). L'énergie qu'il faut donner au véhicule est l'énergie cinétique ($1/2 * m * v^2$) qu'il acquiert (pour une vitesse supposée être la vitesse moyenne en ville), la consommation induite nécessitant de tenir compte du rendement moteur-transmission lors des accélérations. On a supposé qu'il y avait 2 redémarrages/km en agglomération.

2 – Résultats

2-1 Variation de la consommation en fonction de la masse et de la vitesse des véhicules

La figure 2 représente la réduction de consommation (en %) d'un véhicule de 950 kg comparé à un véhicule de 1 800 kg, en fonction de la vitesse :

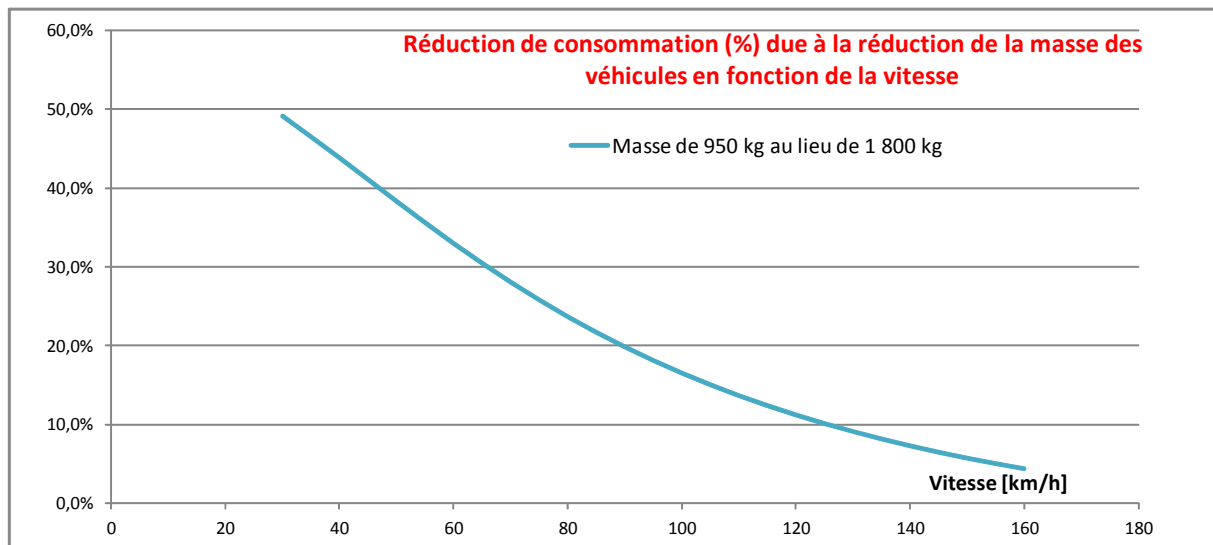


Figure 2 : Réduction de la consommation due à la réduction de la masse des véhicules en fonction de la vitesse

Sans surprise l'influence de la masse est la plus importante aux basses vitesses puisque la résistance au roulement, directement proportionnelle à la masse, est prépondérante. Vers 40-50 km/h (la vitesse en agglomération) **on observe que la différence de consommation est d'environ 40%.**

2-2 Bilan annuel de consommation

L'analyse porte sur la comparaison de la consommation de deux véhicules à essence effectuant chaque année les parcours définis au §1-1 sur les différents types de voies.

Trois simulations ont été faites :

- Variation de la consommation d'un même véhicule à vide (avec le conducteur) et chargé au maximum (charge maxi supplémentaire : 400 kg dans les deux cas).
- Ecart de consommation entre les deux types de véhicules à mi-charge (c'est-à-dire charge à vide avec conducteur et 200 kg de charge additionnelle).
- Ecart de consommation entre les deux types de véhicules à charge maximum.

Il apparaît en effet qu'il n'y a souvent pas d'écart significatif du Cx entre de petites voitures et des SUV (et pas non plus d'écart du produit SCx du maître couple (la surface frontale) par le Cx). La différence essentielle porte sur la résistance massique au roulement. L'étude ne porte donc pas sur l'influence du Cx, ou du SCx, car on peut trouver de faibles et de fortes valeurs de Cx et de SCx que ce soit sur de petites voitures et sur des SUV.

Le tableau de la figure 3 fournit les valeurs de consommation d'une petite voiture particulière dans les différentes configurations de charge :

	Distances annuelles (km)	Vitesse moy (km/h)	Consommation (litres/an)		
			Véhicule vide +conducteur 950 kg	Véhicule avec mi-charge 1 150 kg	Véhicule en charge totale 1 350 kg
Autoroutes concédées	2 184	119	105	109	113
AR non concédées interurb	456	119	22	23	24
AR urbaines	684	104	26	27	28
2x2 voies	570	104	22	23	24
routes nationales	456	78	14	15	16
Autres	7 524	43	185	209	234
	Démarrages ville :		178	216	253
Total	11 874		551	622	692
Variation de la consommation en fonction charge :			0,0%	12,7%	25,4%
Petite voiture à essence - 950 kg avec le conducteur					

Figure 3 : Evolution de la consommation annuelle d'une petite voiture en fonction de sa charge

La consommation d'une petite voiture est très sensible à sa charge puisque lorsque celle-ci passe de 950 kg (véhicule vide + conducteur) à 1350 kg (pleine charge) la consommation augmente de près de 25%. A noter que l'augmentation de la charge est ici de 42% (de 950 à 1 350 kg).

L'influence des redémarrages après feu rouge ou bouchon représente environ un tiers de la consommation du véhicule, et cette part augmente bien sûr avec la charge.

Le tableau de la figure 4 représente les mêmes éléments pour un SUV de 1 800 kg à vide+conducteur :

	Distances annuelles (km)	Vitesse moy (km/h)	Consommation (litres/an)		
			Véhicule vide +conducteur 1 800 kg	Véhicule avec mi-charge 2 000 kg	Véhicule en charge totale 2 200 kg
Autoroutes concédées	2 184	119	142	146	151
AR non concédées interurb	456	119	30	31	31
AR urbaines	684	104	36	37	39
2x2 voies	570	104	30	31	32
routes nationales	456	78	21	22	23
Autres	7 524	43	335	363	391
		Démarrages ville	338	375	413
Total	11 874		930	1 005	1 081
Variation de la consommation en fonction charge :			0,0%	8,1%	16,2%
SUV à essence - 1 800 kg avec le conducteur					

Figure 4 : Evolution de la consommation annuelle d'un SUV en fonction de sa charge

Cette fois la variation relative de masse est moindre (toujours 400 kg, mais référée à 1 800 kg), si bien que l'augmentation relative de consommation n'est que de 16%. La part des phases de relance du véhicule (redémarrages en ville) est ici de 36 à 38% et c'est bien le point faible des véhicules lourds. Lorsqu'on compare la consommation de ces phases de relance des deux véhicules à vide, elles sont 96,5% plus importantes pour le SUV, et cette valeur est de 73,6% et de 63,2% pour les situations à mi-charge et à charge maximum.

Il est intéressant désormais de rapprocher les résultats des tableaux 3 et 4 afin de quantifier l'influence de la masse des véhicules sur leur consommation annuelle.

Le tableau de la figure 5 synthétise ces résultats :

		Consommation (litres/an)		
		Véhicule vide +conducteur	Véhicule avec mi-charge	Véhicule en charge totale
Petite voiture 950 kg		551	622	692
SUV 1 800 kg		930	1 005	1 081
Surconsommation SUV/petite voiture		69%	62%	56%

Figure 5 : Comparaison des consommations annuelles d'une petite voiture et d'un SUV en fonction de leur charge

Sur l'ensemble des parcours et vitesses variés au cours d'une année, la surconsommation d'un SUV de 1 800 kg sur une petite voiture de 950 kg est de 69% « à vide » (c'est-à-dire avec seulement le conducteur), de 62% avec des véhicules à mi-charge et de 56% en charge maximum.

Ceci est la conséquence des natures de trajets très variés, mais majoritairement en agglomération, que parcourent les véhicules en une année. Et plus la vitesse est lente (comme en agglomération) plus l'impact de la masse est important sur la consommation....