

# INCIDENCES ENVIRONNEMENTALES DES VOITURES DE TOURISME – AUJOURD'HUI ET DEMAIN

La présente fiche d'information, qui est le résumé d'une étude menée par l'Institut Paul Scherrer, donne une vue d'ensemble des atteintes à l'environnement actuelles et futures dues aux voitures de tourisme en prenant en considération les différents modes de propulsion. L'analyse est effectuée sur la base d'écobilans, dans le cadre desquels le cycle de vie des voitures est considéré dans son ensemble: production, exploitation et élimination des véhicules, ainsi que production de carburant (essence, diesel, gaz, électricité et hydrogène H<sub>2</sub>). Cette perspective d'écobilan est importante, car si les voitures à batterie ou à pile à combustible ne rejettent aucun polluant, les incidences environnementales peuvent être considérables lors de la fabrication des véhicules et de la production d'électricité ou d'hydrogène.

## Technologies automobiles et carburants

Les voitures traditionnelles à moteur à combustion (ICEV) fonctionnent aujourd'hui à l'essence, au diesel ou au gaz. Les voitures à batterie ou à pile à combustible (BEV ou FCEV) constituent des variantes dans lesquelles les roues sont entraînées par un moteur électrique. Dans ces véhicules, c'est le courant stocké dans une batterie ou l'hydrogène transformé en électricité par une pile à combustible qui sert de carburant. À l'avenir, le courant pourrait aussi être utilisé indirectement grâce à la procédure dite Power to Gas dans laquelle on a recours à l'électrolyse pour produire de l'hydrogène, qui est à son tour transformé en «gaz naturel synthétique» grâce au CO<sub>2</sub>.

## L'ESSENTIEL EN BREF:

- Lorsque les voitures à batterie ou à pile à combustible fonctionnent à l'électricité ou à l'hydrogène issu de sources pauvres en CO<sub>2</sub>, elles génèrent beaucoup moins d'émissions de gaz à effet de serre que les véhicules à essence, diesel ou au gaz. Avec le mix d'électricité suisse, on peut économiser environ 30 t de CO<sub>2</sub> sur 200'000 kilomètres en utilisant une voiture à batterie plutôt qu'une voiture à essence.
- L'introduction de l'électromobilité devrait donc aller de pair avec un développement de la production d'électricité renouvelable. En même temps, l'électricité doit être utilisée plus efficacement dans d'autres secteurs.
- Les véhicules électriques ne génèrent guère d'émissions directes de polluants et contribuent ainsi à l'amélioration de la qualité de l'air dans les agglomérations fortement exposées au trafic routier.
- La production des voitures électriques implique de plus grandes charges environnementales que la production de voitures à moteur à combustion. En Suisse, les émissions de gaz à effet de serre, plus importantes lors de la production de voitures à batterie, peuvent être compensées après 30'000 kilomètres environ grâce à la réduction des émissions générées pendant l'utilisation des véhicules.
- La teneur en CO<sub>2</sub> de l'électricité est déterminante pour le bilan de CO<sub>2</sub> des véhicules à batterie. C'est aussi le cas, lors de la production d'hydrogène par électrolyse, pour les voitures à pile à combustible et les véhicules au gaz naturel synthétique.
- Les véhicules à batterie présentent la plus grande efficacité énergétique. L'électrification dite indirecte, à savoir la transformation d'électricité en hydrogène ou en gaz naturel synthétique, est moins efficace.

Cette fiche d'information résume les résultats de l'étude «[Life cycle environmental and cost comparison of current and future passenger cars under different energy scenarios](#)» réalisée par l'Institut Paul Scherrer dans le cadre du [SCCER Mobility](#). La situation spécifique de la Suisse est par ailleurs prise en compte au moyen de valeurs distinctes: [lien vers la fiche supplémentaire](#).  
Interlocuteur direct: [Christian Bauer](#).



**suisse énergie**

Notre engagement : notre futur.

# INCIDENCES ENVIRONNEMENTALES DES VOITURES DE TOURISME – AUJOURD’HUI ET DEMAIN

## Nouveautés

Une première version de cette fiche d’information a été publiée en 2018. La présente actualisation comporte notamment des données plus récentes sur la production et la durée de vie des batteries des voitures électriques et tient ainsi compte des progrès réalisés dans cette technologie. La modélisation a elle aussi été remaniée de façon à mieux refléter les voitures actuelles. Pour les voitures fonctionnant sur batterie, des calculs de sensibilité ont par ailleurs été réalisés en intégrant diverses tailles de batteries. Le bilan prévisionnel de l’année 2040 tient également compte d’incertitudes, illustrées au moyen de «barres

d’erreur». Ces dernières montrent l’impact de différents scénarios sur le plan global et dans le secteur de l’électricité en Suisse: les barres de couleur représentent un scénario «business-as-usual» avec des objectifs en matière de protection du climat plutôt restreints; la marge de fluctuation découle du scénario de protection climatique, dans lequel la production d’électricité ne génère quasiment pas d’émissions de CO<sub>2</sub>, ainsi que d’un scénario «worst case» dans lequel le développement de l’approvisionnement énergétique global est au point mort.

Les résultats des écobilans aux figures 1 à 4 représentent des voitures de catégorie moyenne. Les paramètres de base sont résumés dans le tableau 1.

			Durée de vie	Masse du véhicule	Consommation de carburant (conditions de conduite réelles)		Auto-nomie	Rendement «tank-to-wheel»	Norme d’émission pour les polluants
			km	kg	l éq.-essence pour 100 km	pour 100 km	km	%	
2018	ICEV	Essence	200'000	1318	7,6	7,6 litres	492	21	EURO 6
		Diesel		1342	6,9	6,3 litres	615	23	EURO 6
		Gaz		1391	8,1	5,5 kg	494	20	EURO 6
	Véhicule à batterie <sup>1</sup>			1509	2,2	19,3 kWh	186	64	
	Voiture à pile à combustible			1470	4,0	1,05 kg	476	34	
2040	ICEV	Essence	200'000	1231	4,8	4,8 litres	550	27	EURO 6 –50%
		Diesel		1252	4,6	4,3 litres	637	28	EURO 6 –50%
		Gaz		1290	4,9	3,3 kg	578	27	EURO 6 –50%
	Véhicule à batterie <sup>1</sup>			1334	1,7	15,4 kWh	354	68	
	Voiture à pile à combustible			1294	3,0	0,8 kg	509	38	

Tableau 1: Valeurs de base pour les paramètres des véhicules dans l’écobilan.

<sup>1</sup> Capacité présumée des batteries: 36 kWh actuellement, 55 kWh en 2040.

# INCIDENCES ENVIRONNEMENTALES DES VOITURES DE TOURISME – AUJOURD’HUI ET DEMAIN

Les réductions des émissions et de la consommation d’énergie jusqu’en 2040 illustrées dans les figures 1 à 4 découlent principalement des progrès technologiques des véhicules: le rendement de la propulsion augmente, les constructeurs misent davantage sur les composants légers et les normes d’émission sont renforcées.

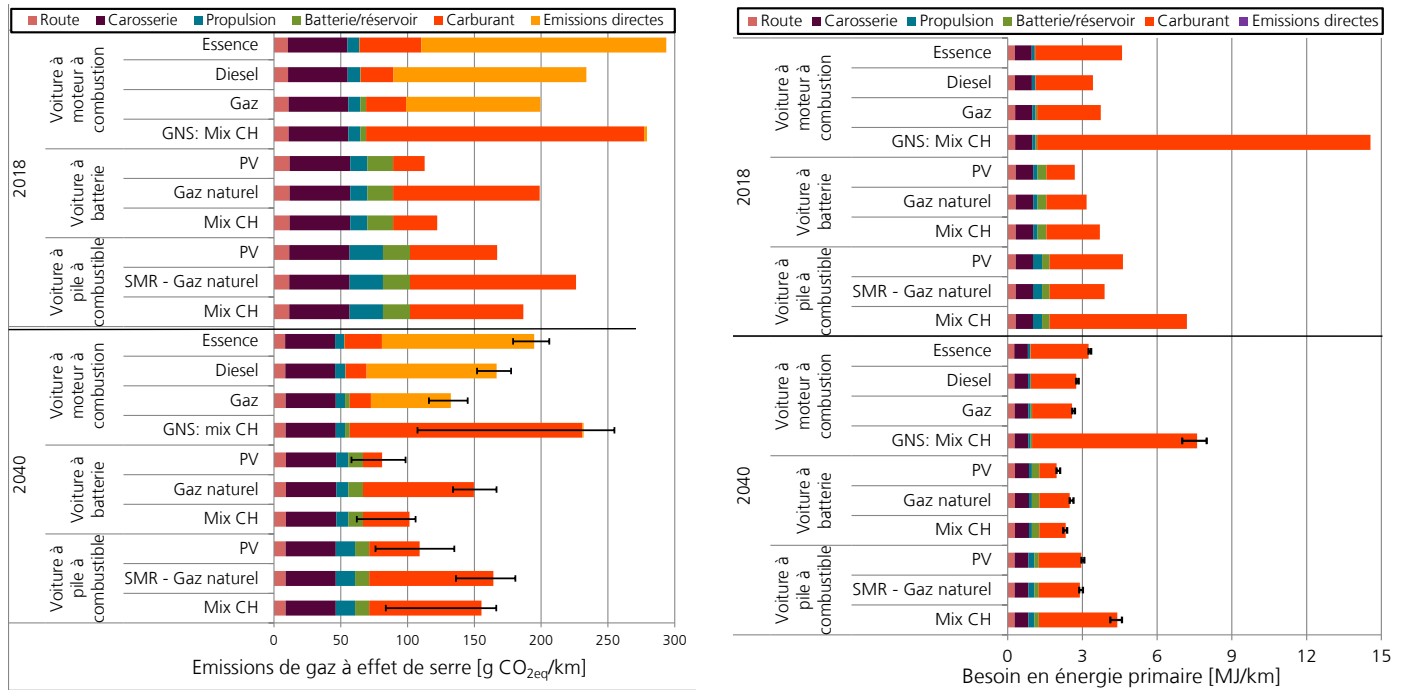


Figure 1: Émissions de gaz à effet de serre (à gauche) et besoin en énergie primaire (à droite) des voitures de tourisme aujourd’hui et en 2040 par kilomètre. «PV»: photovoltaïque; «GNS»: gaz naturel synthétique, produit par électrolyse avec le mix électrique suisse et le CO<sub>2</sub> de l’atmosphère; l’hydrogène pour les voitures à pile à combustible est produit par reformage de gaz naturel (SMR) ou par électrolyse (mix électrique suisse ou courant PV); le «gaz» est un mélange composée à 80% de gaz naturel et à 20% de biométhane. Les différentes couleurs montrent l’origine des émissions. Pour les marges de fluctuation de 2040, voir l’encadré «Nouveautés».

# INCIDENCES ENVIRONNEMENTALES DES VOITURES DE TOURISME – AUJOURD’HUI ET DEMAIN

La figure 2 montre qu’une partie considérable des émissions de polluants des véhicules électriques résulte de la fabrication des batteries. Une partie est émise dans des régions à faible densité de population, comme les mines où l’on extrait des métaux. Les atteintes à la santé qui en découlent y sont minimes en comparaison des émissions dans les agglomérations fortement exposées au trafic routier. Une partie des émissions est toutefois délocalisée vers les régions industrielles d’Asie, où les batteries sont produites et où de nombreuses personnes sont affectées.

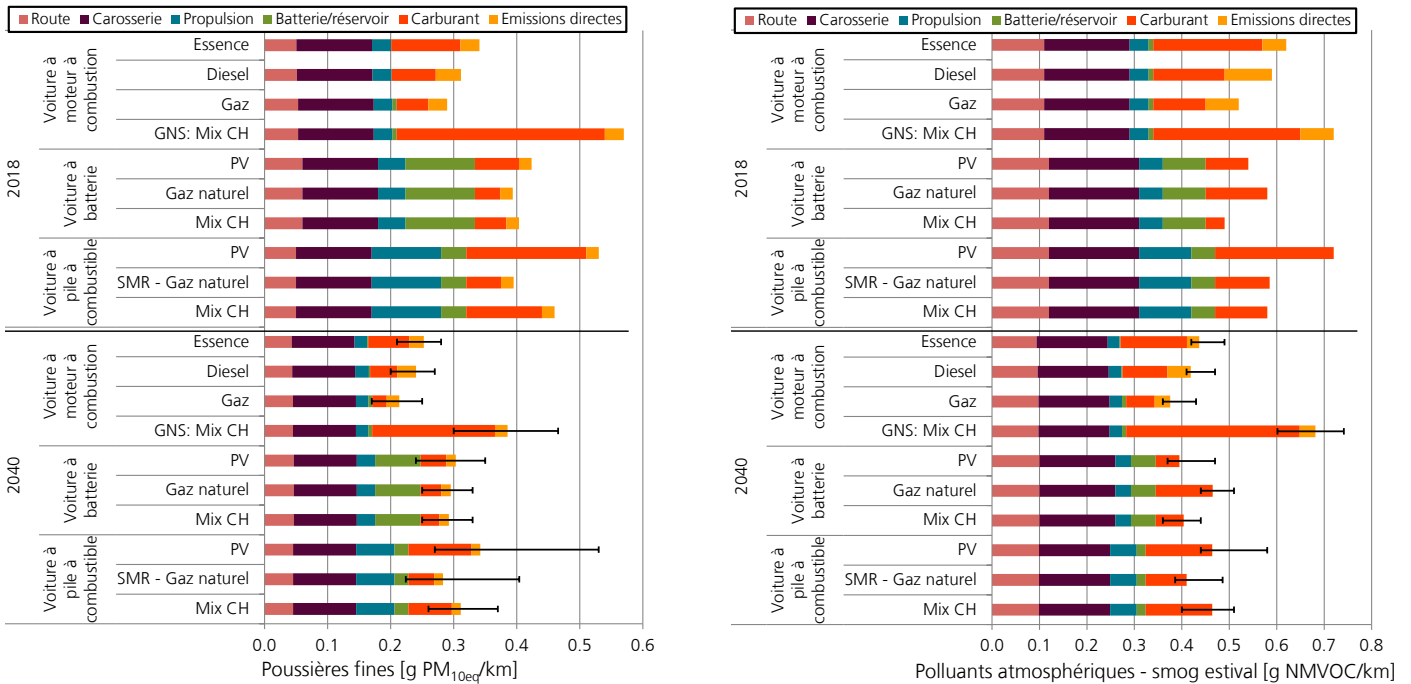


Figure 2: Charge de poussières fines (à gauche) et émissions de polluants atmosphériques engendrant le smog estival (à droite) des voitures de tourisme aujourd’hui et en 2040 par kilomètre. «PV»: photovoltaïque; «GNS»: gaz naturel synthétique, produit par électrolyse avec le mix électrique suisse et le CO<sub>2</sub> de l’atmosphère; l’hydrogène pour les voitures à pile à combustible est produit par reformage de gaz naturel («SMR») ou par électrolyse (mix électrique suisse ou courant PV); le «gaz» est un mélange composé à 80% de gaz naturel et à 20% de biométhane. Les différentes couleurs montrent l’origine des émissions. Pour les marges de fluctuation de 2040, voir l’encadré «Nouveautés».

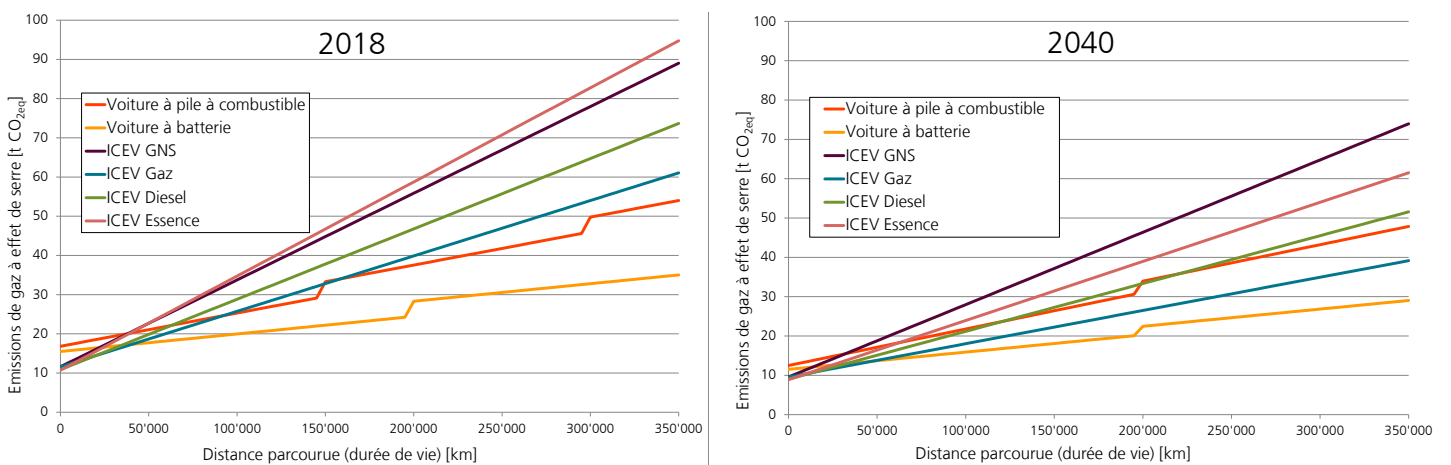


Figure 3: Émissions de gaz à effet de serre pendant toute la durée de vie de différents véhicules, aujourd’hui (à gauche) et en 2040 (à droite). «ICEV»: voiture à moteur à combustion; «GNS»: gaz naturel synthétique, produit par électrolyse avec le mix électrique suisse et le CO<sub>2</sub> de l’atmosphère. Le mix électrique suisse est aussi utilisé pour charger les batteries des véhicules à batterie et produire l’hydrogène des voitures à pile à combustible. «Gaz» est un mélange composé à 80% de gaz naturel et à 20% de biométhane. Les batteries et les piles à combustible sont remplacées respectivement après 150’000 km et 200’000 km.

# INCIDENCES ENVIRONNEMENTALES DES VOITURES DE TOURISME – AUJOURD’HUI ET DEMAIN

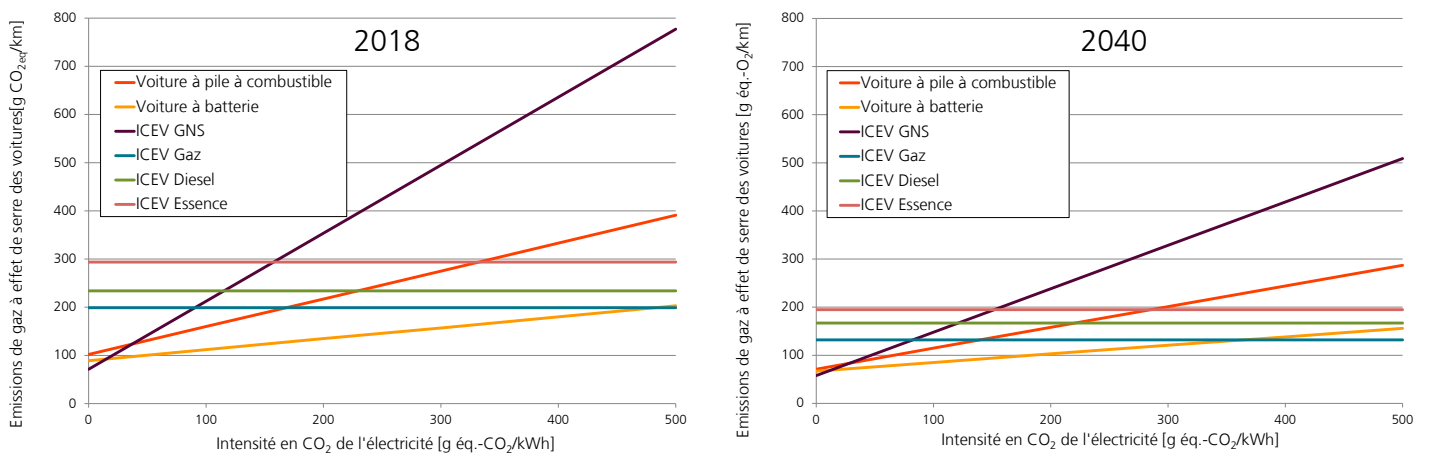


Figure 4: Émissions de gaz à effet de serre des voitures en fonction de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'électricité utilisée pour charger les véhicules à batterie et produire de l'hydrogène ou du gaz synthétique. «ICEV»: voiture à moteur à combustion; «GNS»: gaz naturel synthétique produit par électrolyse et le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. «Gaz» est un mélange composé à 80% de gaz naturel et à 20% de biométhane. Les véhicules à batterie présentent un avantage prépondérant par rapport aux carburants fossiles, car l'électricité y est utilisée le plus efficacement. En cas de faible teneur en CO<sub>2</sub> de l'électricité, les émissions des véhicules GNS sont les plus faibles. Les lignes pour les BEV, FCEV et ICEV-GNS indiquent des tendances moins marquées en 2040 qu'en 2018, car les véhicules seront plus efficaces et consommeront moins d'électricité par kilomètre. Pour information: en Suisse, les centrales hydrauliques et les éoliennes produisent du courant d'une intensité en CO<sub>2</sub> d'env. 10 à 30 g<sub>eq.</sub>-CO<sub>2</sub>/kWh, de 70 à 100 g<sub>eq.</sub>-CO<sub>2</sub>/kWh pour les installations photovoltaïques; les centrales à gaz naturel atteindraient des valeurs de 400 à 500 g<sub>eq.</sub>-CO<sub>2</sub>/kWh et l'actuel mix de l'approvisionnement en électricité suisse est d'environ 130 g<sub>eq.</sub>-CO<sub>2</sub>/kWh.

## LES BATTERIES ET LEUR ÉCOBILAN

Dans les véhicules à batterie, les batteries au lithium-ion sont la norme. Leur fabrication affecte aujourd'hui considérablement l'environnement. Les grandes batteries sont donc un facteur négatif dans l'écobilan des voitures à batterie, tout en offrant une plus grande autonomie. La capacité de stockage actuelle de 36 kWh des voitures à batterie passera à quelque 55 kWh en 2040 et leur durée de vie est estimée à 200'000 km. La consommation d'énergie et de matériaux lors de la fabrication des éléments de la batterie constituent des facteurs majeurs des atteintes à l'environnement causées par la production: la quantité d'énergie et de matériaux utilisés et leur origine sont déterminantes. Le nombre de voitures à batterie produites a fortement augmenté au cours de ces dernières années – il en résulte une augmentation de la production de masse des batteries qui entraîne une baisse de la consommation d'énergie et une diminution des atteintes à l'environnement. Des procédés de recyclage efficaces ou une «deuxième vie» des batteries, par exemple pour stocker le courant issu des installations photovoltaïques dans les bâtiments, auraient un impact positif sur l'écobilan. Une telle réutilisation n'est pas prise en compte dans le cas présent.

## LES ÉCOBILANS ET LEUR PERTINENCE

Certaines hypothèses et paramètres clés influent de manière déterminante sur les résultats de ces écobilans, à l'instar de la consommation de carburant, des émissions polluantes des moteurs à combustion, de la durée de vie des véhicules et des composants tels que les batteries. Les résultats de la présente fiche d'information sont valables avec les paramètres du tableau 1. Une publication scientifique actuellement en cours de validation donne un aperçu des marges de fluctuation réalistes de ces chiffres et de leur influence sur les résultats: qu'en est-il par exemple si les voitures diesel ne respectent pas les valeurs limites d'émission et émettent nettement plus d'oxydes d'azote? Comment un approvisionnement énergétique uniquement renouvelable de la production des batteries se répercute-t-il sur l'écobilan? La publication scientifique contient également l'ensemble des paramètres et des sources de données. Elle présente enfin d'autres résultats d'écobilans, par exemple pour les véhicules hybrides «plug-in».