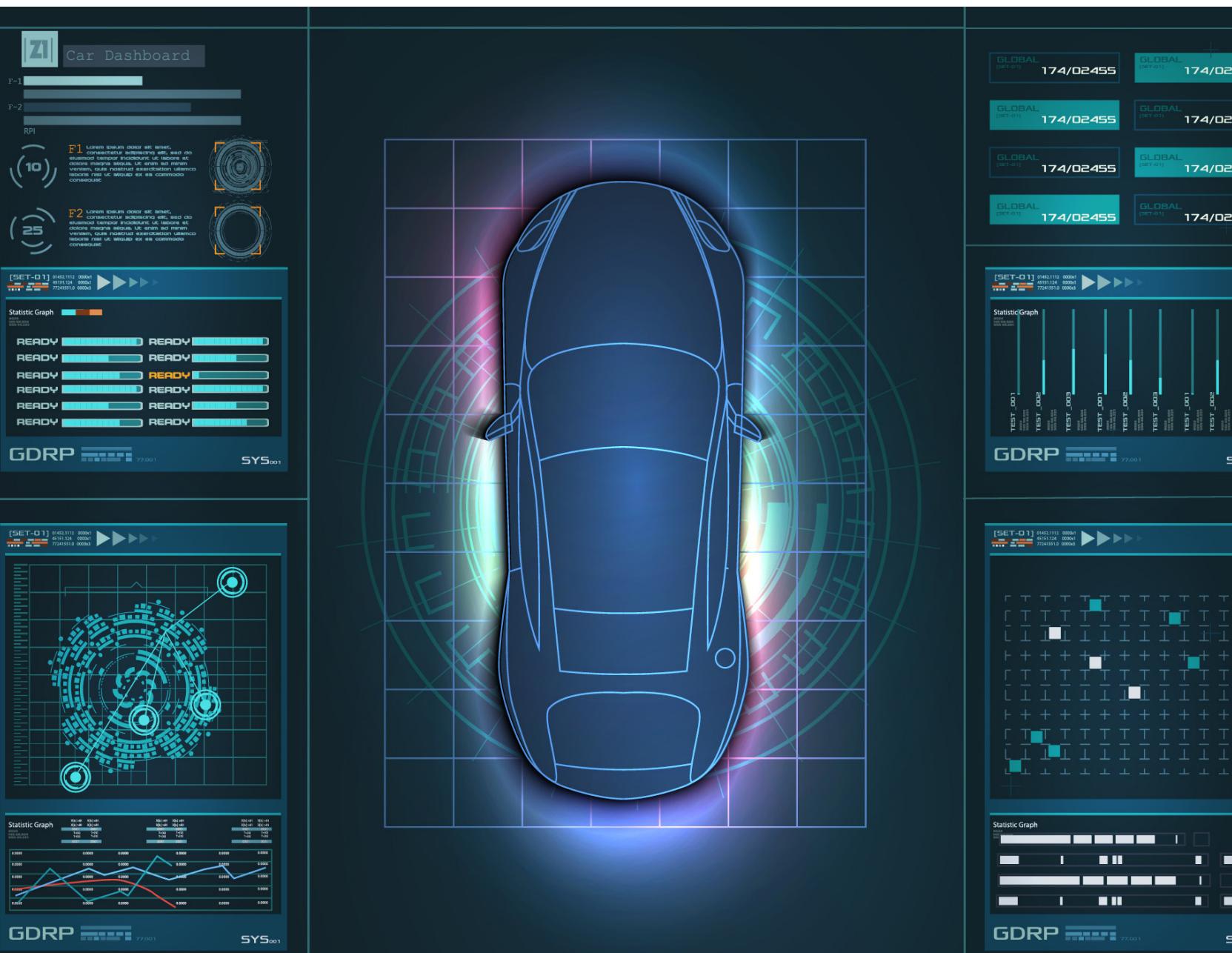




ÉCO-GUIDE DE L'AUTOMOBILE

Motorisations et carburants
en cycle de vie complet

Bien choisir pour réduire
son impact environnemental



patagonia®



Choisir sans angle mort

Cet éco-guide propose une vision globale, en un coup d'œil, de l'ensemble des incidences des différents types de motorisations et carburants sur l'environnement, du berceau à la tombe : les impacts sur le climat, sur la santé humaine (substances toxiques et pollution de l'air) et sur la biodiversité (écosystèmes, sols, eau) sont ici pris en compte et analysés.

Ce guide d'achat inédit et impartial permettra à chacun de définir comment répondre à ses besoins de mobilité avec la solution la moins impactante possible pour l'environnement dans sa globalité, sans angle mort.

À ce jour, une information complète et synthétique de l'ensemble des impacts environnementaux de chaque type de motorisation, sur l'intégralité de son cycle de vie, faisait défaut en France. L'acheteur d'une voiture, neuve ou d'occasion, était tributaire des informations partielles qui lui étaient présentées ou qu'il pouvait dénicher : émissions de CO₂ à l'échappement uniquement, ou au mieux un bilan carbone en analyse de cycle de vie du véhicule. Des informations sur les émissions de polluants, en cycle de vie complet, étaient difficiles à obtenir et l'impact de la fabrication des voitures ou des carburants sur les sols ou l'eau douce étaient encore plus complexes à dénicher.

Auteurs

Anne Lassman-Trappier - Présidente d'Inspire, Référente Mobilité et Qualité de l'air de France Nature Environnement

Maëlle Raffray – Ingénieure chimie et génie des procédés, Chargée de recherches pour Inspire

Silène Parisse – Ingénieure généraliste, Chargée de projets pour Inspire

Partenaires techniques

Paul Scherrer Institut (PSI) - <https://www.psi.ch/fr> et son Carculator <https://carculator.psi.ch/>

En particulier **Romain Sacchi** - Chercheur post-doctorant

France Nature Environnement (FNE) - <https://www.fne.asso.fr>

Directoire Territoires et Mobilité Durables, Directoire Énergie et Directoire Agriculture

En particulier **Jean Thévenon, Geneviève Laferrere, Thomas Lesperrier, Patrice Henry Duchene, Justine Kerouedan, Michel Dubromel, Adeline Mathien, Cécile Clavierole, Thibault Leroux**

Sophie Garofalo - Graphiste, Chargée de communication pour Inspire

Vectoriels : **macrovector, rawpixel, freepik, alicia_mb** via www.freepik.com, **AdobeStock**

Partenaires financiers

Patagonia

Le Plan de Protection de l'Atmosphère de la vallée de l'Arve - Appel à projets Mission AIR

Les donateurs d'Inspire - Campagne de financement participatif

France Nature Environnement

Inspire

est une association de protection de l'environnement,

membre de la fédération **France Nature Environnement** et agréée **1% pour la Planète**.



Contact

info@inspire74.com et www.inspire74.com

40 chemin du Pierrier de la Croix - 74310 Les Houches



Publication – juin 2021

Sommaire

Section I. Comment choisir la solution la moins mauvaise pour l'environnement ?

● Recommandations	05
● Choisir la meilleure solution	06
● Fiche Essence	08
● Fiche Diesel	09
● Fiche Gaz Naturel Véhicule	10
● Fiche Hybride Essence	11
● Fiche Hybride Rechargeable Essence	12
● Fiche Électrique	13
● Éco-conseils - quelle que soit la motorisation	14
● Les carburants alternatifs	16
● L'impact de la circulation routière sur la santé	18
● Zoom sur les hybrides	20
● Les hybrides rechargeables : vers un hybridegate ?	20
● La durée de vie des batteries	21
● Le nucléaire	21
● Acheter une voiture neuve ou d'occasion	22

Section II. Méthodologie et enseignements de ce guide

● Démarche, paramètres et indicateurs	24
● Comparaison des impacts des différentes motorisations	26
● Certificats de qualité de l'air CRIT'Air	28
● Conclusions et enseignements de ce guide	29



Section I

COMMENT CHOISIR LA SOLUTION LA MOINS MAUVAISE POUR L'ENVIRONNEMENT ?

Les partis pris de ce guide

- **Une analyse de l'impact environnemental.** Ce guide n'étudie pas les autres paramètres, tels que le coût des motorisations et carburants ou les dispositifs d'aides à leur achat.
- **Une analyse en cycle de vie complet.** Pas question de regarder les motorisations par le petit bout de la lorgnette et mettre l'accent sur tel avantage ou tel défaut et en sortir des conclusions parcellaires. Le maître mot est ici : **vision d'ensemble**.
- **Une analyse des solutions disponibles** et现实istes pour les consommateurs en France aujourd'hui.

Recommandations

IL N'Y A PAS DE VOITURE PROPRE, ALORS IL FAUT...



1

Repenser la place de la voiture dans sa mobilité

Combien de nos trajets pourraient être remplacés par d'autres solutions de mobilité ? Certains de nos trajets peuvent être réalisés à pied ou à vélo, avec ou sans assistance électrique. D'autres, en transports en commun ou covoiturage. Le train doit aussi prendre sa place dans notre panoplie de mobilité, tout comme le recours à la location de voiture pour des besoins occasionnels. Le mix entre la voiture individuelle et ces différentes solutions est la clé de voûte de la mobilité éco-responsable.

Le simple remplacement de voitures individuelles par des voitures moins émissives ne suffira pas à améliorer significativement le bilan environnemental des transports. Il s'agit tout de même du premier secteur émetteur de gaz à effet de serre en France et du premier émetteur de dioxyde d'azote, polluant de l'air dont les valeurs limites ne sont pas respectées en France !

Pour protéger le climat, la santé humaine et celle du vivant, c'est un réel changement de paradigme qui est nécessaire dans le domaine des transports, avec une remise en cause de nos pratiques et comportements.

2

Choisir une voiture répondant à ses besoins réels

Pour choisir la voiture la moins impactante possible, il faut s'interroger sur l'usage dont on en fera et sur ses besoins essentiels, pour trouver les réponses les plus adaptées à chacun. Il faut donc évaluer plusieurs facteurs :

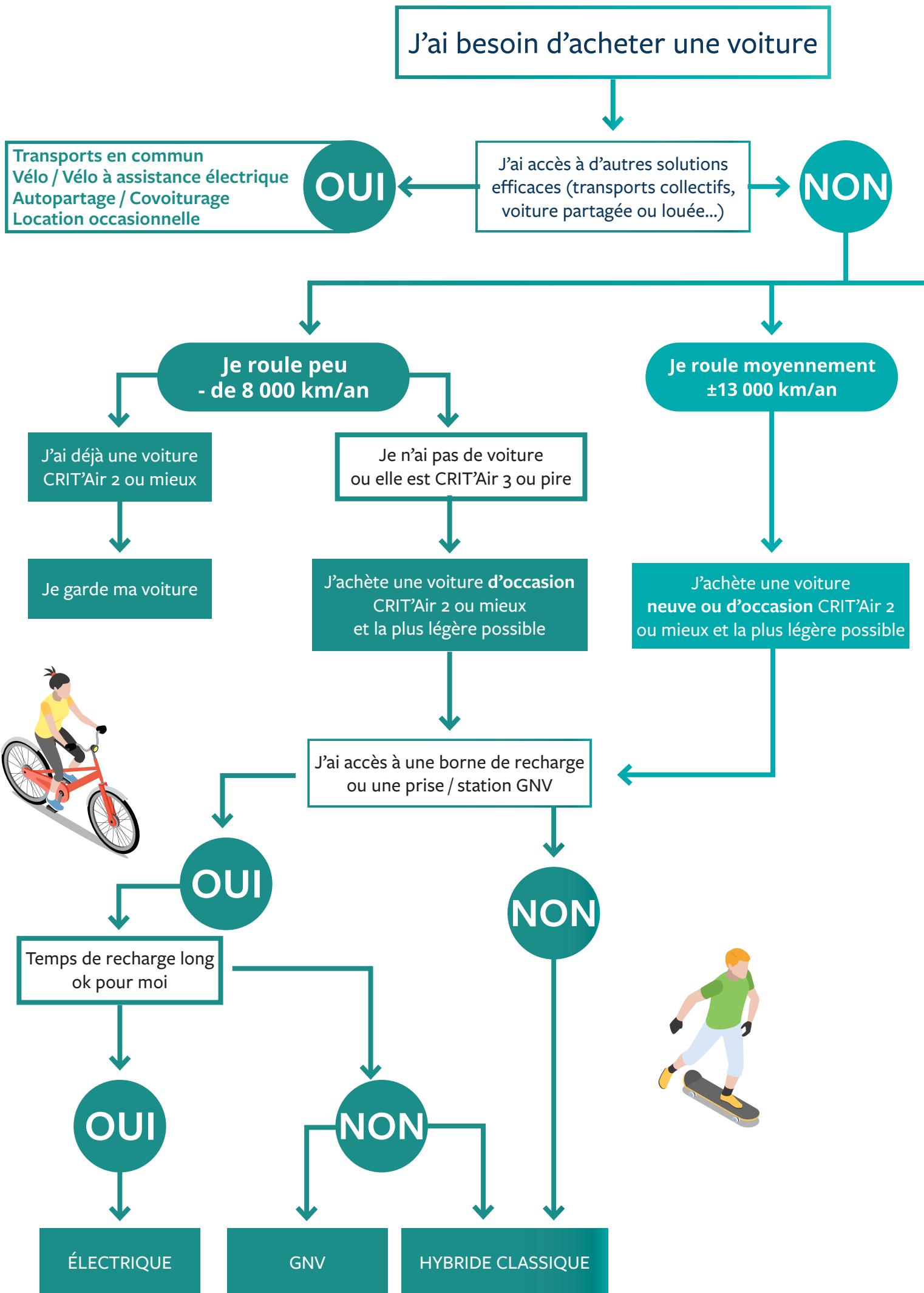
- La taille nécessaire (et donc le poids du véhicule).
- L'occupation du véhicule et son utilisation quotidienne.
- Le kilométrage annuel (la moyenne en France et pour ce guide est de 13 000 km/an).
- Les types de trajets réalisés. Un peu de tout (urbain, péri-urbain, nationales, autoroutes) ou davantage d'urbain ou d'autoroute ? Le nombre et la longueur des trajets quotidiens aussi.
- La disponibilité des stations de recharge de carburant et le temps de recharge.
- Le style de conduite de l'utilisateur (en douceur ou agressive), dont dépendent les avantages des véhicules hybrides par rapport aux thermiques par exemple.

3

Opter pour un poids plume

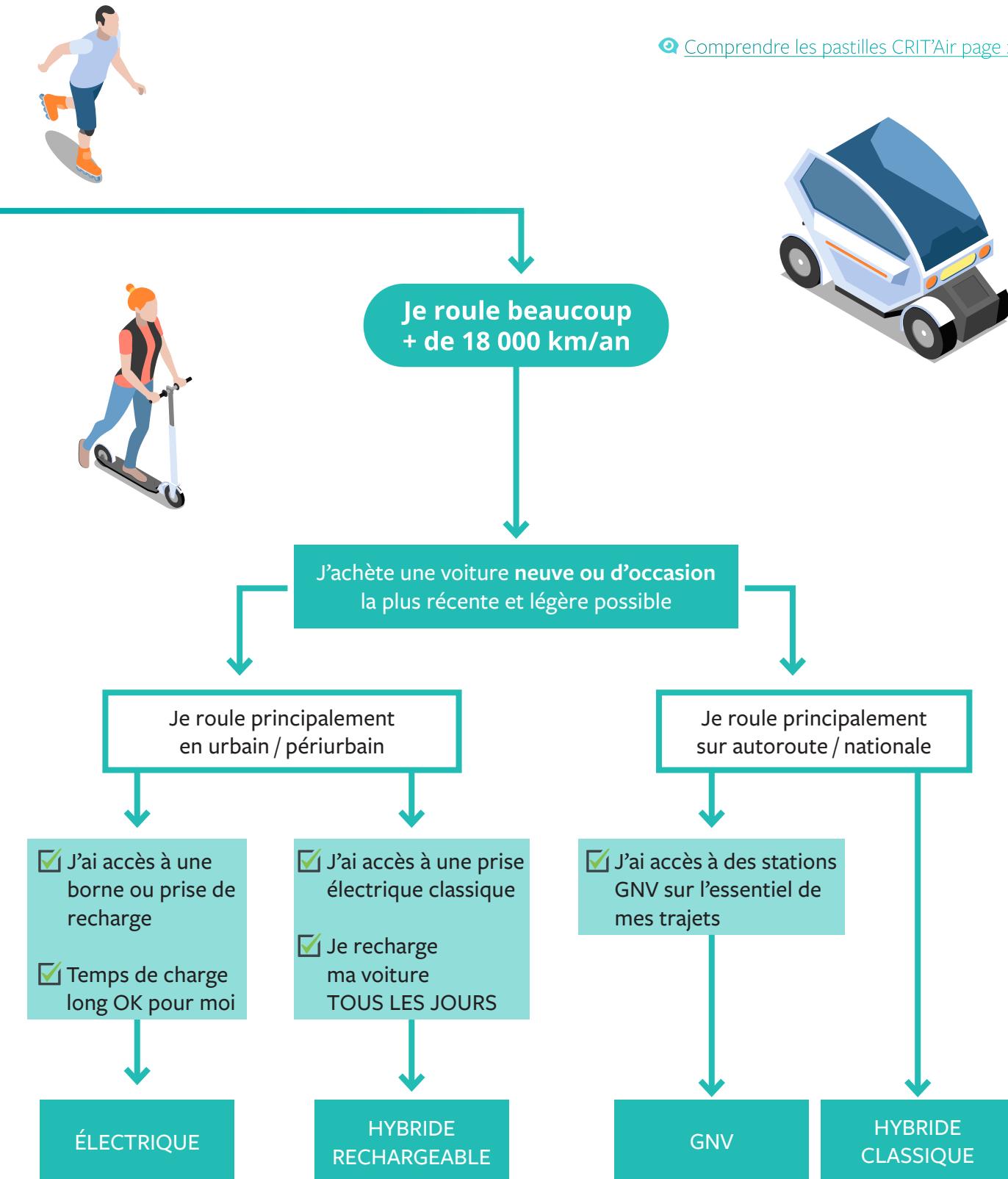
Le poids du véhicule a un impact majeur sur l'environnement, que ce soit concernant la phase de fabrication, avec un besoin accru de matériaux, de métaux (acier, aluminium), ou la phase d'usage, avec la consommation de carburant, ou encore l'impact des microparticules liées à l'abrasion des pneus, des freins et de la route. L'impact environnemental d'un véhicule augmente avec son poids.

Or, nos voitures s'alourdissent au fil des ans. Ainsi, une essence a pris 250 kg d'embonpoint depuis 1997 et un diesel 350 kg ! Ceci a un coût élevé pour l'environnement, mais aussi pour les utilisateurs (carburant, maintenance). Choisir le véhicule le plus léger possible est la première étape vers la réduction de l'empreinte écologique des voitures. Acheter léger, quitte à louer occasionnellement du lourd, est une recommandation-clé de ce guide.



CHOISIR LA MEILLEURE SOLUTION POUR SE DÉPLACER

⌚ Comprendre les pastilles CRIT'Air page 28



01

thermique

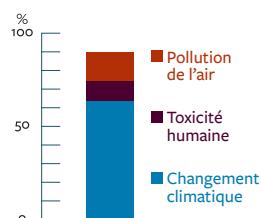
essence

Analyse des impacts environnementaux en cycle de vie complet du véhicule et carburant - segment B



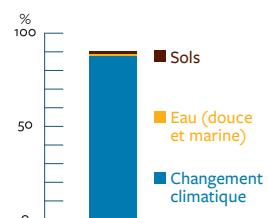
IMPACT SANTÉ HUMAINE

100% de l'impact = voiture essence de 2010



IMPACT BIODIVERSITÉ

100% de l'impact = voiture essence de 2010



Points forts et faibles



Amélioration notable de la consommation et des émissions de gaz à effet de serre ces dernières années, grâce aux modèles à injection directe.



Par contre, l'injection directe est émettrice de particules à l'échappement. Les filtres à particules, obligatoires depuis septembre 2017, laissent malheureusement s'échapper les plus fines (qui sont les plus nocives).

Le plus mauvais élève de toutes les motorisations pour l'impact sur la santé et la biodiversité.

Pour quel usage

TYPE D'UTILISATION ET DE TRAJETS

	Urbain
	Péri-urbain / Rural
	Nationales
	Autoroute
	Mix des 4

CARBURANT / RECHARGE

	Autonomie
	Disponibilité du carburant
	Temps de charge

Ce qu'il faut savoir

De l'éthanol d'origine végétale peut être utilisé à hauteur de 10% (carburant E10 à la pompe). Le bioéthanol de première génération produit environ 30% de gaz à effet de serre en moins que l'essence, mais intègre les effets néfastes de l'agriculture industrielle sur les sols, l'eau et l'air (engrais chimiques, pesticides de synthèse...). La motorisation FlexFuel ou la modification d'un moteur essence permet d'utiliser du super-éthanol E85, contenant 65 à 85% d'éthanol végétal. La future deuxième génération de bioéthanol permettra de diviser par 2 l'impact climat par rapport à l'essence, d'améliorer légèrement l'impact sur la pollution de l'air, mais agraverà l'impact sur les sols et l'eau. [Les carburants alternatifs - page 16](#)

O2

thermique

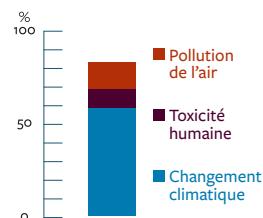
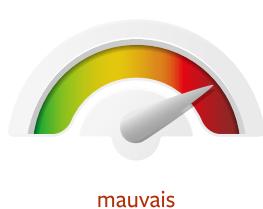
diesel

Analyse des impacts environnementaux en cycle de vie complet du véhicule et carburant - segment B



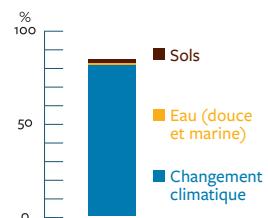
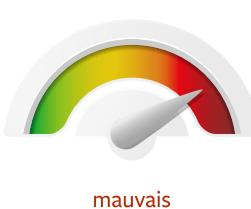
IMPACT SANTÉ HUMAINE

100% de l'impact = voiture essence de 2010



IMPACT BIODIVERSITÉ

100% de l'impact = voiture essence de 2010



Points forts et faibles



Moins émetteur de gaz à effet de serre que la motorisation essence.

Les filtres à particules laissent s'échapper de nombreuses particules ultrafines, que l'on retrouve dans tous les organes (cerveau, cœur, foie...), même chez les enfants dans les grandes villes.



Ces moteurs ont besoin de rouler au moins 20 km pour monter en chauffe et respecter la norme concernant les émissions du polluant de l'air dioxyde d'azote (NO₂).

Motorisation à éviter pour les trajets courts et les trajets urbains / péri-urbains, pour des raisons sanitaires.

Pour quel usage

TYPE D'UTILISATION ET DE TRAJETS

	Urbain
	Péri-urbain / Rural
	Nationales
	Autoroute
	Mix des 4



Trajets longs uniquement.
Beaucoup d'émissions supplémentaires sur les 20 premiers kilomètres.

CARBURANT / RECHARGE

	Autonomie
	Disponibilité du carburant
	Temps de charge

Ce qu'il faut savoir

Difficile de trouver des avantages à la motorisation diesel, tant ses qualités sont anéanties par son lourd impact sanitaire en phase de circulation et en particulier en cycle urbain. En ville, les émissions sont décuplées en raison des redémarrages et ralentissements fréquents. De plus, les populations exposées à ces émissions y sont nombreuses. Les diesels ne disposent pas de système de dépollution des NO₂ à l'additif AdBlue sont à bannir, car trop émetteurs. Le biodiesel de première génération est à éviter car il a un bilan CO₂ presque deux fois plus mauvais (1,8) que le gazole fossile ! [Les carburants alternatifs - page 16](#)

03

thermique

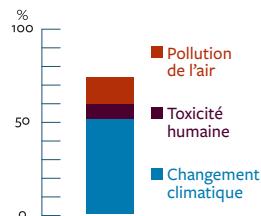
gaz naturel véhicule (GNV)

Analyse des impacts environnementaux en cycle de vie complet du véhicule et carburant - segment B



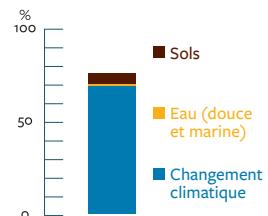
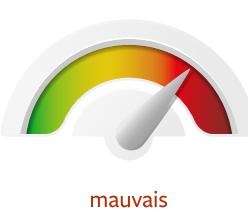
IMPACT SANTÉ HUMAINE

100% de l'impact = voiture essence de 2010



IMPACT BIODIVERSITÉ

100% de l'impact = voiture essence de 2010



Points forts et faibles



La motorisation avec l'impact le moins lourd sur la santé humaine, après l'électrique.

Impact plus faible sur le climat que l'essence et le diesel et comparable aux hybrides classiques.



Impact élevé sur les sols, en lien avec la phase d'extraction du gaz.

L'impact climatique des fuites de gaz (méthane) est à surveiller.

Pour quel usage

TYPE D'UTILISATION ET DE TRAJETS



Urbain

Péri-urbain / Rural

Nationales

Autoroute



Mix des 4

CARBURANT / RECHARGE



Autonomie

Disponibilité du carburant

Temps de charge

Ce qu'il faut savoir

La motorisation au GNV n'a pas été soutenue par les pouvoirs publics et peu de stations de recharge existent en France pour les particuliers, ce qui pénalise le développement de cette motorisation. Pour les trajets longs, il faut préparer son voyage pour s'assurer de pouvoir trouver un ravitaillement, à moins d'avoir une motorisation bi-fuel gaz et essence.

Certaines stations distribuent du bioGNV d'origine renouvelable, carburant qui offre un net avantage pour le climat.

[Les carburants alternatifs - page 16](#)

04

hybride

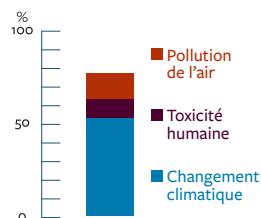
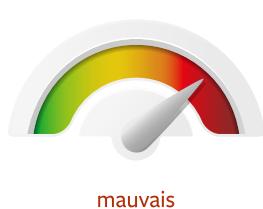
essence et électrique

Analyse des impacts environnementaux en cycle de vie complet du véhicule et carburant - segment B



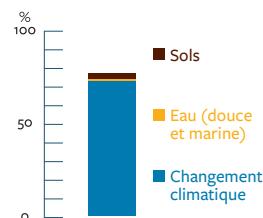
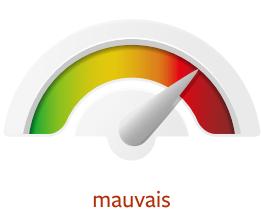
IMPACT SANTÉ HUMAINE

100% de l'impact = voiture essence de 2010



IMPACT BIODIVERSITÉ

100% de l'impact = voiture essence de 2010



Points forts et faibles



20% d'émissions de gaz à effet de serre en moins par rapport à la motorisation essence, en cycle de vie.

Passage en mode électrique prolongé en cycle urbain et périurbain, limitant l'exposition de nombreuses personnes à la pollution de l'air. [Zoom sur les hybrides - page 20](#)



Impact sur l'eau douce aggravé par rapport à la voiture essence, en raison de l'impact de la fabrication de la batterie du moteur électrique.

Pour quel usage

TYPE D'UTILISATION ET DE TRAJETS

	Urbain (Mode électrique)
	Péri-urbain / Rural
	Nationales
	Autoroute (Poids du véhicule)
	Mix des 4

CARBURANT / RECHARGE

	Autonomie électrique limitée
	Autonomie essence
	Disponibilité du carburant
	Temps de charge

Ce qu'il faut savoir

Ces véhicules se rechargent en roulant. Le comportement de conduite est clé concernant les véhicules hybrides. Il conviendra d'avoir le pied léger pour valoriser au mieux l'utilisation du mode électrique, particulièrement en ville. En clair, rien ne sert d'achever un véhicule hybride si l'on conduit avec de nombreuses accélérations rapides, qui sollicitent le moteur thermique avant tout.

Concernant l'éthanol d'origine végétale E10 et E85, voir [Les carburants alternatifs - page 16](#)

05

hybride rechargeable

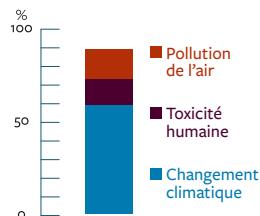
essence et électrique

Analyse des impacts environnementaux en cycle de vie complet du véhicule et carburant - segment B



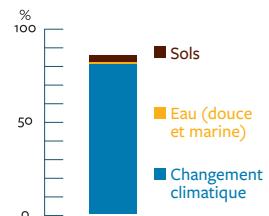
IMPACT SANTÉ HUMAINE

100% de l'impact = voiture essence de 2010



IMPACT BIODIVERSITÉ

100% de l'impact = voiture essence de 2010



Points forts et faibles



Passage en mode électrique prolongé en cycle urbain et périurbain, limitant l'exposition de nombreuses personnes à la pollution de l'air. [Zoom sur les hybrides - page 20](#)



L'impact sur la santé et la biodiversité est plus élevé que celui de la motorisation diesel, à cause de la fabrication de la batterie de taille conséquente et des émissions du moteur thermique en phase d'utilisation.

L'impact sur les sols et l'eau douce est le double de celui d'une voiture essence.

Pour quel usage

TYPE D'UTILISATION ET DE TRAJETS

	Urbain (Mode électrique)
	Péri-urbain / Rural
	Nationales
	Autoroute (Poids du véhicule)
	Mix des 4

CARBURANT / RECHARGE

	Autonomie
	Disponibilité du carburant
	Temps de charge Essence
	Temps de charge Électrique

Ce qu'il faut savoir

L'hybride rechargeable cumule les impacts environnementaux négatifs de la motorisation thermique (consommation d'énergies fossiles) et de la motorisation électrique (fabrication de batteries de taille importante). Ces véhicules sont lourds et donc consommateurs de beaucoup d'énergie. De plus, en conditions réelles, ces voitures ne sont pas rechargées tous les jours, contrairement à ce que préconisent les constructeurs et sont trop souvent utilisées en mode thermique. Ceci réduit considérablement leur intérêt et alourdit leur bilan écologique. Une fausse bonne solution ? [Vers un hybride-gate - page 20](#)
Concernant l'éthanol d'origine végétale et renouvelable E10 et E85, voir [Les carburants alternatifs - page 16](#)

06

électrique

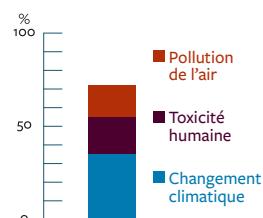
batterie

Analyse des impacts environnementaux en cycle de vie complet du véhicule et carburant - segment B



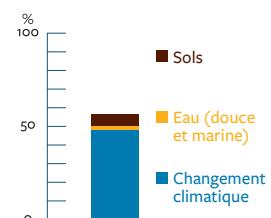
IMPACT SANTÉ HUMAINE

100% de l'impact = voiture essence de 2010



IMPACT BIODIVERSITÉ

100% de l'impact = voiture essence de 2010



Points forts et faibles



L'impact sur le climat est le moins néfaste de toutes les motorisations. Les émissions de gaz à effet de serre sont réduites de 45% par rapport à l'essence et de 40% par rapport au diesel et à l'hybride rechargeable.

Zéro émission à l'échappement et véhicule silencieux jusqu'à 50 km/h, donc solution pertinente dans les zones urbaines peuplées.



L'impact sur la santé de la phase de fabrication (batterie) est le pire de toutes les motorisations.

L'impact sur les sols et l'eau douce est le pire à cause des activités minières d'extraction des matériaux.

En France, l'électricité est peu carbonée puisque d'origine majoritairement nucléaire, mais cela présente d'autres impacts pour la santé et l'environnement. [Le nucléaire - page 21](#)

Pour quel usage

TYPE D'UTILISATION ET DE TRAJETS

	Urbain
	Péri-urbain / Rural
	Nationales
	Autoroute (Autonomie limitée)
	Mix des 4



Usage intensif nécessaire pour compenser l'impact environnemental de la fabrication de la batterie.

CARBURANT / RECHARGE

	Autonomie
	Disponibilité du carburant
	Temps de charge
	Les charges rapides peuvent réduire la durée de vie de la batterie

Ce qu'il faut savoir

Le bilan carbone de la fabrication des batteries a connu de nettes améliorations ces 5 dernières années. Il faut toutefois rouler beaucoup pour compenser la dette carbone de la phase de fabrication (entre 44 000 et 70 000 km, soit 3 à 5 ans en moyenne). La course à la recherche d'autonomie alourdit le bilan écologique de ces véhicules (fabrication de batteries plus grosses). Voitures adaptées à une utilisation intensive en nombre de trajets plutôt qu'en nombre de kilomètres (livraison, visites à domicile, autopartage...). Privilégier peut-être la location longue durée (leasing) que l'achat de ces véhicules, en raison des progrès rapides et continus des batteries. La fabrication des batteries en Europe pourrait améliorer le bilan environnemental de ces véhicules à l'avenir.

Éco-conseils - quelle que soit la motorisation

L'éco-conduite

Les raisons d'opter pour l'éco-conduite sont nombreuses : elle permet d'économiser jusqu'à 30% de carburant, de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de polluants de l'air et de limiter l'usure du véhicule. L'éco-conduite permet aussi de réduire le stress de la conduite, le risque d'accident et les embouteillages. Des formations à l'éco-conduite existent, mais il est possible, même sans formation, d'appliquer quelques conseils.



- **Au démarrage** : un véhicule thermique dont le moteur n'est pas encore chaud consomme jusqu'à 50% de plus dans les premiers kilomètres. Il est donc conseillé de rouler à faible vitesse et sans à-coups au démarrage.
- **En route** : l'éco-conduite implique de limiter les accélérations et anticiper le freinage. Maintenir une vitesse stable et raisonnable permet d'éviter de brusques freinages et les accélérations qui vont avec. Une conduite agressive peut entraîner une surconsommation de carburant de 20%, voire 40% en ville. Adopter le bon régime moteur permet de faire fonctionner le moteur de façon optimale et de limiter sa consommation. Utiliser le frein moteur par rapport à la pédale de frein permet de limiter l'usure des plaquettes, responsable de 20% des particules dues au trafic routier.
- **À l'arrêt** : un moteur qui tourne au ralenti surconsomme et pollue pour rien. Couper son moteur pour un arrêt de 30 secondes ou plus est un bon réflexe à adopter.
- **Dans les embouteillages**, un véhicule de taille moyenne peut consommer jusqu'à 16 litres aux 100 km, sans compter les rejets de polluants, qui atteignent des sommets. C'est dans les embouteillages que l'impact sur la santé et l'environnement d'un véhicule se fait le plus sentir, aussi est-il primordial d'éviter de prendre une voiture individuelle lors de trajets urbains ou péri-urbains, où les risques de bouchons sont importants.

CONDUITE SPORTIVE VS ÉCO-CONDUITE



consommation carburant en ville



consommation carburant sur route

La vitesse

La vitesse optimale pour limiter les émissions de gaz à effet de serre et de polluants de l'air pour les véhicules thermiques se situe entre 65 et 85 km/h.

Au dessus de 110 km/h, les émissions augmentent fortement. Rouler à 110 km/h sur autoroute au lieu de 130 permet une réduction des émissions de dioxyde d'azote et de particules d'environ 10%.



L'entretien de la voiture

En entretenant correctement son véhicule, l'automobiliste peut éviter une surconsommation de carburant pouvant aller jusqu'à 15%, ce qui permet aussi de réduire le budget annuel du véhicule.

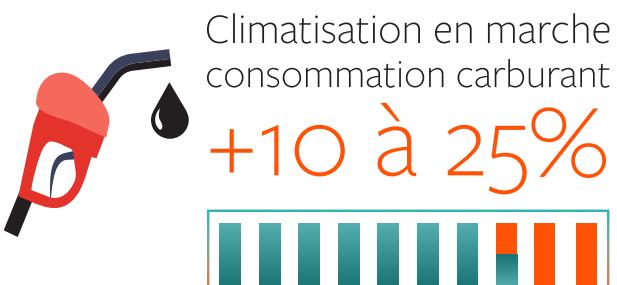
Le carnet d'entretien du véhicule contient les opérations à réaliser, ainsi que leurs fréquences : parallélisme, vidange, filtres...



Voiture mal entretenue
consommation carburant
jusqu'à +15%



- **Lorsqu'il est nécessaire de l'utiliser** : fermer les fenêtres, limiter l'écart entre température extérieure et température de commande, recycler l'air rafraîchi de l'habitacle pour que le système le réutilise.
- **Entretenir correctement sa climatisation** : la faire fonctionner régulièrement pour limiter les fuites de fluide frigorigène, la faire réviser si elle ne fait plus assez de froid.



Le gonflage des pneus

Des pneus gonflés correctement permettent de réduire de 5% la consommation de carburant. 40 litres de carburant et 130 kg de CO₂ peuvent ainsi être économisés chaque année. Il faut penser à vérifier la pression des pneus environ tous les deux mois.

Depuis le 1er novembre 2012, l'étiquetage des pneus neufs informe les consommateurs sur trois critères de qualité : la consommation de carburant, l'adhérence sur sol mouillé, le bruit de roulement externe.

La climatisation

La climatisation est désormais omniprésente et offre plus de confort et de sécurité car s'il fait trop chaud, le conducteur a plus de risques de s'assoupir ou de voir sa vigilance se dégrader. Malheureusement, elle entraîne une surconsommation et donc une pollution supplémentaire.

La climatisation, qui commande aussi la fonction désembuage, peut induire un pic de consommation 10 à 25% supérieur à la consommation nominale : cela dépend des conditions de conduite, de l'écart entre la température de commande et la température extérieure et de l'efficacité du système de climatisation.

Pour essayer de limiter l'impact de son utilisation, voici quelques pratiques à recommander :

- **Éviter son utilisation** : stationner à l'ombre, ouvrir les fenêtres pour évacuer l'air chaud avant de la mettre en route et ne pas l'utiliser systématiquement si la chaleur est supportable.

Les barres de toit

La présence de barres de toit sur un véhicule entraîne une surconsommation de carburant d'environ 10%. Une fois chargées, selon la forme et le poids des objets, la surconsommation peut atteindre 15%.

Plus la vitesse du véhicule est élevée, plus cette surconsommation est marquée. Il est conseillé de privilégier un coffre de toit plutôt qu'une galerie et une petite remorque ou porte-bagage arrière pour optimiser l'aérodynamisme.

Quelle que soit la solution choisie, le plus important est d'enlever le coffre ou la galerie après utilisation !

Barres de toit / Galerie



consommation carburant vides



consommation carburant chargées

Les carburants alternatifs

Carburants alternatifs à l'essence et au gazole fossiles

Abusivement dénommés "bio" carburants, les "agrocarburants" sont obtenus par un mélange de matières d'origine fossile et d'origine végétale et peuvent se substituer au gazole ou à l'essence 100% fossiles.

Le bioéthanol de première génération (à base de culture de betterave, blé, canne à sucre)

- L'essence E10 contient jusqu'à 10% d'éthanol d'origine renouvelable.
- Le super-éthanol E85 contient jusqu'à 85% d'éthanol renouvelable, mais ne peut être utilisé que par des véhicules dont le moteur a été adapté (motorisation FlexFuel).

Les émissions de GES de l'éthanol à base de blé sont presque comparables à celles de l'essence fossile, alors que l'éthanol à base de sucre de canne a un bilan carbone environ 2 fois meilleur que l'essence fossile. L'origine de l'éthanol n'étant pas donnée à la pompe, le consommateur ne peut pas choisir lui-même sa provenance.

Il faut ajouter à ce bilan carbone d'autres impacts environnementaux, liés à la production des carburants à base de végétaux issus d'une agriculture industrielle, faisant appel à un usage massif d'intrants agricoles (engrais chimiques, pesticides de synthèse), néfastes pour les sols (acidification des sols), pour l'eau (eutrophisation marine) et pour la qualité de l'air. Ainsi, le bioéthanol présente un potentiel de formation d'ozone clairement défavorable par rapport à l'essence fossile, quelle que soit sa source (betterave, blé, canne à sucre).

La deuxième génération d'éthanol, qui apportera de nouveaux gains, devrait être déployée progressivement en France dans la décennie 2020-30.

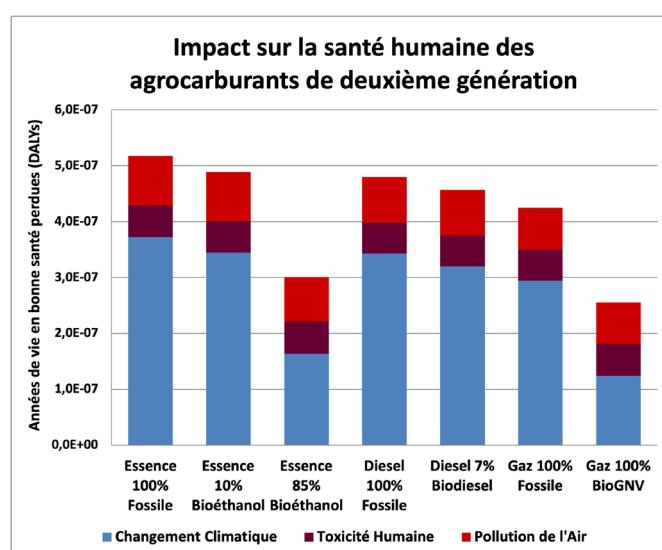
Le biodiesel de première génération (à base de culture de tournesol, colza, palme)

Le gazole B7 contient jusqu'à 7% de gazole d'origine renouvelable.

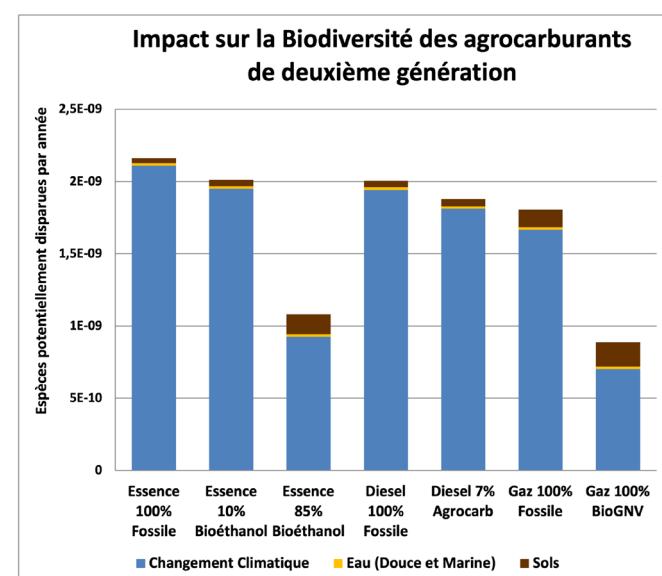
Le biodiesel de première génération est en moyenne 1,8 plus émetteur de gaz à effet de serre que le gazole fossile. C'est un carburant à fuir. C'est l'étape de production des ressources agricoles (tournesol, colza, palme) qui contribue le plus à l'indicateur de réchauffement climatique, en raison des émissions de protoxyde d'azote, molécule formée par dégradation des engrains azotés utilisés pour améliorer les rendements.

Concernant l'impact sur l'eau (eutrophisation marine), le colza et le tournesol ont un impact plus fort que la palme. Il en est de même pour la qualité de l'air. Le potentiel de formation d'ozone du biodiesel est légèrement supérieur à celui du gazole fossile pour l'ensemble des cultures utilisées.

Des procédés de seconde génération émergent en France. L'objectif est de passer à l'étape industrielle.



Carburants fossiles et carburants renouvelables de deuxième génération - Impacts sur la santé humaine des citadines 2020, en analyse de cycle de vie - Paul Scherrer Institut



Carburants fossiles et carburants renouvelables de deuxième génération - Impacts sur la biodiversité des citadines 2020, en analyse de cycle de vie - Paul Scherrer Institut

Les agrocarburants de seconde génération permettent de valoriser des sous-produits de l'agriculture. Dans le modèle, le bioéthanol est produit à partir de paille de blé, le biodiesel à partir d'huiles de cuisine réutilisées, et le bioGNV à partir de boues d'épuration, d'où le bilan très intéressant pour le bioéthanol E85 et le bioGNV.

L'impact sur les sols apparaît plus important pour l'éthanol E85 que pour les carburants fossiles, car la transformation de résidus agricoles en éthanol requiert de l'électricité.

Les promesses de la troisième génération

La production d'agrocarburants de troisième génération, à partir d'algues, est au stade de la recherche et de l'expérimentation. Les algues sont sélectionnées pour leur production d'acides gras à haut contenu énergétique, qui peuvent être convertis en biodiesel, en gaz de synthèse ou en biokérosène.

Cette troisième génération semble avoir de multiples avantages : rendement à l'hectare au moins 30 fois supérieur aux oléagineux, possibilité de recycler certains effluents liquides et fumées industrielles, moindre concurrence pour l'utilisation des sols. Ces biocarburants semblent prometteurs, mais ils restent un objectif pour l'avenir, concernant leur passage à l'échelle industrielle et à des prix abordables.

Carburant alternatif au gaz fossile

Le biométhane ou bioGNV

Le bioGNV est obtenu par méthanisation (fermentation) de déchets agricoles ou agroalimentaires, d'ordures ménagères ou de rejets de stations d'épuration. Dans sa forme la plus vertueuse, la méthanisation permet d'apporter de nouveaux débouchés aux agriculteurs, de mieux valoriser les déchets organiques et de contribuer à la transition énergétique. Cependant, la méthanisation peut devenir une démarche industrielle à grande échelle et mener à des dérives.

En analyse de cycle de vie, le bioGNV permet des réductions vraiment importantes des émissions de gaz à effet de serre, qui sont évitées par la valorisation de déchets. Le bioGNV offre une réduction de 42 à 48% des émissions de GES par rapport à la motorisation diesel.

La production du bioGNV présente toutefois un impact important sur la biodiversité, via l'eutrophisation marine, contrairement à son équivalent fossile, en lien avec son origine agricole. Le changement de pratiques agricoles et la construction d'unités de méthanisation ont aussi un impact sur l'occupation de terres arables.

Il existe en France, début 2021, une centaine de stations de bioGNV à destination des particuliers. À la pompe, c'est le client qui choisit de se procurer un carburant 100% fossile ou 100% bioGNV. À la fin mars 2020, le biométhane représentait seulement 0,5% de la consommation totale de gaz en France. La Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) fixe l'objectif d'augmenter la part du gaz vert pour atteindre 10% en 2030, mais la production de bioGNV restera donc modeste.

Et les autres solutions ?

Le gaz de pétrole liquéfié (GPL)

Cette motorisation pourrait prendre de l'ampleur à l'avenir en France. Le GPL est un carburant d'origine fossile, composé de butane et de propane, qui permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre par rapport à une voiture essence ou diesel, et qui rejette moins de polluants reconnus pour leur toxicité (benzène, formaldéhyde...). Les véhicules roulant au GPL sont tous en bicarburation essence-GPL, puisque le circuit de GPL ne peut être mis en route qu'une fois le moteur monté en température. C'est donc l'essence qui assure le démarrage et les premiers kilomètres.

Il est possible de faire modifier son véhicule essence ou hybride pour ajouter un circuit GPL.

On dénombre 1 650 stations qui proposent du GPL, en avril 2020, soit un réseau très dense.

L'hydrogène

Cette solution reste encore du domaine de la science-fiction concernant la mobilité individuelle et concernant la production écologique de ce carburant, pour au moins 3 raisons :

- L'offre de voitures à hydrogène est quasiment inexisteante pour les particuliers et les prix sont inabordables pour la plupart des automobilistes.
- L'hydrogène est loin d'être une énergie verte actuellement, puisqu'il est fabriqué à 98% à partir d'énergies fossiles à l'échelle mondiale.
- Seules 77 stations à hydrogène sont opérationnelles en France (dont 20 pour les voitures).

L'impact de la circulation routière sur la santé

La pollution de l'air

En France, la pollution de l'air est la première cause de décès liés à l'environnement. Santé Publique France a récemment évalué à 40 000 le nombre de décès liés aux particules PM_{2,5} chaque année et à 7 000 par an le nombre de morts dus au dioxyde d'azote (NO₂). Ces chiffres sont *a minima*.

Le transport routier est responsable de 56% des émissions de NO₂ en France et environ 15% des émissions de particules.

383 polluants en lien avec les infrastructures routières ont été recensés par l'ANSES. 114 de ces polluants disposent d'au moins une Valeur Toxicologique de Référence (VTR, indice toxicologique qui permet de qualifier ou de quantifier un risque pour la santé humaine). 30 autres de ces polluants sont classés cancérogènes.

Les émissions à l'échappement / hors échappement

Les motorisations thermiques génèrent des particules et gaz imbrûlés. Ces émissions directes à l'échappement sont réglementées à l'échelle européenne par les normes Euro et ont une tendance globale à la baisse.

Les émissions directes hors échappement ne sont pas réglementées et commencent à faire l'objet d'études et d'analyses qui montrent l'ampleur du problème. Les émissions de particules directes hors échappement proviennent de :

- L'usure des pièces mécaniques, principalement les freins (des microparticules de métaux lourds).

- L'usure des pneus. Un pneu perd en moyenne 4 kg de matière (des microparticules de plastique) au cours de son utilisation.
- L'usure du revêtement des routes.

Bien qu'ils émettent moins de particules que les motorisations thermiques, les véhicules électriques génèrent tout de même une quantité importante de particules fines. Ces émissions sont liées au frottement et à l'abrasion des pneus et de la route, qui augmentent avec le poids du véhicule.

Ces émissions sont aussi liées à l'abrasion des freins. Les véhicules électriques et hybrides bénéficient d'une meilleure efficacité de leur système de freinage grâce à leur moteur qui utilise l'énergie du freinage pour recharger la batterie. Ceci permet une moindre sollicitation des disques de freins et moins d'émissions de particules chargées en métaux lourds.

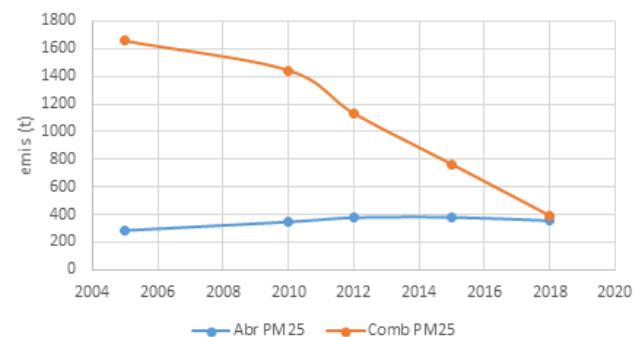
Depuis 2015, la majorité des émissions de particules PM₁₀ des voitures particulières au diesel vient de l'abrasion et non de l'échappement, d'après les études des associations de surveillance de la qualité de l'air. Pour les PM_{2,5} (les plus fines et les plus dangereuses), le croisement est arrivé en 2018.

Émissions PM₁₀ Véhicules particuliers Diesel



Provenance des émissions de particules PM₁₀ des voitures particulières au diesel en Île-de-France : Abrasion (bleu) / Combustion (orange) - Source AirParif

Émissions PM_{2,5} Véhicules particuliers Diesel



Provenance des émissions de particules PM_{2,5} des voitures particulières au diesel en Île-de-France : Abrasion (bleu) / Combustion (orange) - Source AirParif

L'impact des pneus et des freins

Aujourd'hui la source numéro un de pollution aux microplastiques dans les mers et lacs est l'usure des pneus. Les particules de plastique (pneus) et dans une moindre mesure de métal (freins) peuvent rester dans l'air pendant un mois. Ces particules se déposent dans les mers et océans, sur des zones glaciaires lointaines (Arctique, glaciers alpins et himalayens), augmentant leur fonte, puisque ces particules absorbent la chaleur du soleil.

Ces microparticules sont consommées par les humains, par le biais de l'eau, de la nourriture, de l'air et se retrouvent dans le corps humain sans que leur impact sanitaire soit entièrement connu. Les particules ultrafines respirées dans l'air peuvent traverser la barrière sanguine et se retrouver dans tous les organes du corps.



Le bruit

Le bruit est la deuxième cause de décès liés à des facteurs environnementaux en Europe, après la pollution de l'air.

Le coût sur la santé du bruit des transports est estimé à 11,5 milliards d'euros par an en France, dont près de 90% sont induits par le trafic routier. Ce bruit engendre des troubles du sommeil et des maladies cardiovasculaires.



Les voitures électriques sont-elles silencieuses ?

Jusqu'à une vitesse de 50 km/h, c'est le bruit lié au moteur qui domine. Les voitures électriques sont donc beaucoup plus silencieuses à faible vitesse et en ville que les véhicules thermiques.

À partir de 60 km/h, c'est le bruit des pneus sur la route qui devient le facteur dominant, en lien avec le poids du véhicule. Les véhicules électriques étant plus lourds que leurs équivalents thermiques, ils sont plus bruyants à des vitesses élevées que les véhicules thermiques équivalents.



Zoom sur les hybrides

La voiture micro-hybridé (Start&Stop), peut présenter une réduction de consommation de carburant et d'émissions en cycle urbain ou dans les embouteillages, mais les économies d'énergie ne sont pas significatives au quotidien sur l'ensemble de son utilisation. La batterie et le démarreur, très sollicités et plus fragiles, peuvent engendrer des coûts de réparation significatifs. En usage intensif, le démarreur dépasse rarement les 100 000 km et coûte 40 à 60% plus cher à remplacer qu'un démarreur standard. Un véhicule micro-hybridé a donc un intérêt très limité.

La voiture hybride classique ou hybride intégrale (full hybrid) est la plus populaire des voitures hybrides. L'électrique y occupe au minimum 30% de la puissance totale. La batterie de petite capacité est rechargeée pendant les phases de freinage et décélération en utilisant l'inertie du véhicule. Le moteur thermique est épaulé par le moteur électrique et permet de ne pas consommer de carburant en dessous de 30 à 50 km/h, ainsi qu'au démarrage, dans un embouteillage,

ou au cours des manœuvres. En ville, l'économie sur la consommation peut atteindre 35% si le conducteur a le pied léger. Sur route, elle est plus mesurée car le moteur électrique est peu sollicité. L'intérêt écologique de cette motorisation est lié au comportement du conducteur, qui devra adopter une conduite en douceur, ou éco-conduite, pour solliciter plus souvent le mode électrique.

 [Voir la fiche Hybride Essence - page 11](#)

La voiture électrique hybride rechargeable est un véhicule hybride équipé d'une batterie de grande capacité pouvant être rechargée sur le réseau externe et d'un moteur à combustion de taille moyenne. Au-delà d'une certaine distance parcourue sans recharger la batterie, tout se passe comme si la voiture hybride rechargeable était une voiture thermique (essence, car les modèles diesels sont quasi inexistant), alourdie par la batterie et le moteur électrique.

 [Voir la fiche Hybride Rechargeable Essence - page 12](#)

Les hybrides rechargeables : vers un hybride-gate ?

Les émissions réelles d'un véhicule hybride rechargeable sont 2 à 4 fois supérieures à celles certifiées par les tests d'homologation, selon l'analyse des consommations de 100 000 véhicules hybrides rechargeables à l'échelle mondiale.

Ces voitures sont plus lourdes que leur équivalent thermique et ce poids engendre une consommation d'énergie additionnelle.

Surtout, ces véhicules ne sont en réalité pas rechargeés assez souvent et roulent principalement en mode thermique plutôt qu'électrique. En moyenne, une voiture hybride rechargeable ne réalise que la moitié des distances théoriquement prévues en mode électrique. Les plus mauvais élèves concernent les flottes d'entreprises, pour lesquelles seulement 20% des kilomètres sont effectués en mode électrique.

Ce sont surtout les constructeurs automobiles qui trouvent un intérêt à la motorisation hybride rechargeable. Elle représente pour eux un moyen de répondre à leurs obligations réglementaires européennes, qui leur imposent de respecter un seuil moyen d'émissions de CO₂ de 95g/km pour 95% de leur gamme en 2020

et 100% en 2021. C'est aujourd'hui la principale raison d'être des véhicules hybrides rechargeables.



La durée de vie des batteries

L'usure des batteries

Les batteries des véhicules électriques actuels sont en grande majorité conçues à base de lithium. Une batterie est considérée comme usée lorsque sa capacité est réduite à 70-75% de sa capacité initiale, seuil qu'elle atteint au bout d'une dizaine d'années d'utilisation. Une batterie de voiture électrique perdrait en moyenne 2,3% de sa capacité par an.

Cependant, la durée de vie d'une batterie est variable: une température trop élevée, qu'elle soit due à une charge trop intense ou à la météo, peut accélérer sa dégradation. Certains véhicules disposent de circuits de refroidissement pour réguler la température et éviter ces problèmes. Des cycles de charge et de décharge extrêmes (en dessous de 20% de décharge ou au-dessus de 80% de charge) affectent aussi la durée de vie. Certains constructeurs mettent en place des seuils pour éviter ces situations.

La plupart des constructeurs garantissent leurs batteries pour 8 ans ou 160 000 kilomètres - le premier des

deux seuils atteints invalidant la garantie.

À noter que le froid ne semble pas avoir d'effet à long terme sur la batterie, bien qu'il soit conseillé d'éviter les températures trop basses qui ont un impact instantané sur sa décharge.

Le remplacement des batteries

La durée de vie actuelle d'une batterie est susceptible d'égaler, voire de dépasser celle du véhicule. La question de son remplacement est donc amenée à se poser de moins en moins, mais ceci n'était pas le cas avec des véhicules électriques plus anciens.

Si le changement de batterie semble nécessaire, il faut estimer l'espérance de vie restante du véhicule. Plus le nombre de kilomètres parcourus avec la nouvelle batterie sera élevé, plus son impact sera amorti.

Pour une citadine (segment B), en dessous de 20 000 km, l'impact écologique et sanitaire de la seconde batterie ne sera pas amorti et il vaudra mieux opter pour le rachat d'un véhicule électrique neuf.

Le nucléaire

Une énergie décarbonée, mais à quel coût ?

Les nombreux risques environnementaux générés par le recours au nucléaire :

- Le risque d'accident nucléaire et ses conséquences : travailleurs du nucléaire exposés aux radiations, populations exposées et déplacées par centaines de milliers, effets sur la descendance des personnes exposées...
- Le risque lié aux déchets radioactifs qui s'accumulent sans solution. La production d'énergie nucléaire engendre des déchets radioactifs toxiques et à longue durée de vie, dont le stockage pose problème à court comme à très long terme. Face au manque de sûreté de l'entreposage en surface, la France a inscrit dans la loi le choix du stockage en sous-sol et l'enfouissement à 500 mètres sous terre, dans l'argile de l'Est de la France, des déchets les plus dangereux (à Bure dans la Meuse).

L'industrie nucléaire n'a toujours pas résolu ces risques.

Les émissions indirectes

La production d'énergie nucléaire n'émet pas de CO₂ directement. En revanche, la fabrication du combustible, de l'extraction de l'uranium à la réalisation des assemblages, la construction et le démantèlement des réacteurs, l'exploitation, la gestion des déchets, sont chacun générateurs d'émissions de gaz à effet de serre.

La prise en compte du cycle de vie des centrales électriques (construction comme démantèlement) double le facteur d'émissions du mix électrique français. Cependant, ce sont la fabrication et la fin de vie du combustible qui pèsent le plus lourd.

De plus, des gaz rares (argon 41 et krypton 85), sont produits dans les centrales nucléaires et rejetés sans traitement dans l'atmosphère. Le krypton détruirait indirectement la couche d'ozone.



Acheter une voiture neuve ou d'occasion ?

La question de la voiture neuve ou d'occasion revient souvent lorsque l'on se penche sur l'impact sanitaire ou écologique d'un véhicule. Faut-il privilégier le neuf ou l'occasion lors d'un achat ?

Impacts de la fabrication et de l'utilisation

En termes d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants à l'échappement, l'utilisation d'une voiture thermique ancienne aura un impact supérieur à celle d'une voiture neuve, car les voitures sont de moins en moins polluantes. Même si l'augmentation du poids des voitures annule en partie ces efforts, une légère amélioration peut être observée.

À l'inverse, l'impact de la fabrication d'une voiture d'occasion sera déjà partiellement amorti (selon l'âge de la voiture) par les années passées, alors que l'impact de la fabrication d'une voiture neuve sera à prendre en compte entièrement.

La durée de vie moyenne d'un véhicule étant de 12 ans, on considère que l'impact de sa fabrication est amorti d'1/12e par an. Ainsi, un véhicule qui a 4 ans aura un impact de fabrication amorti de 4/12e.

Des résultats variables selon la motorisation

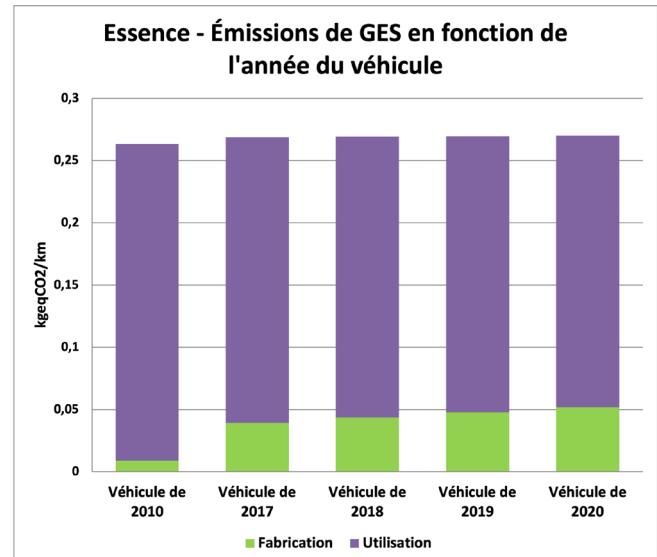
La différence est ténue pour une voiture thermique : le gain en utilisation pour un véhicule neuf compense l'amortissement de la fabrication et la somme des deux impacts est quasiment constante (avec un léger avantage pour l'occasion).

Concernant la voiture électrique, la différence est plus flagrante : cela est dû à l'impact important de la fabrication d'une voiture électrique et à son faible impact d'utilisation. Le gain sur l'impact d'utilisation ne peut pas compenser l'impact total de sa fabrication. Il est donc plus avantageux pour un véhicule électrique de privilégier l'occasion, en prenant grand soin de s'assurer de la qualité de la batterie et de sa durée de vie restante.

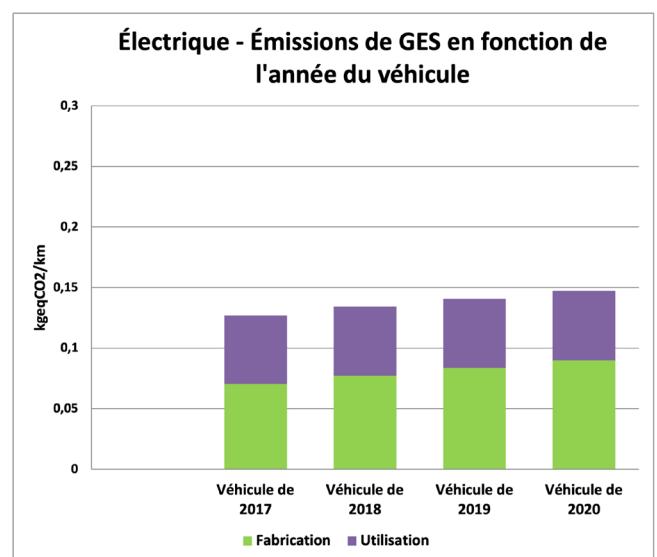
Comment choisir ?

Plus l'impact de la fabrication d'un véhicule est important (électrique en premier lieu, puis hybride rechargeable), plus l'occasion est intéressante en termes d'impact sanitaire et écologique. Pour les véhicules dont l'impact d'utilisation est très important (essence et diesel surtout), il vaut mieux privilégier un véhicule neuf à l'achat.

Le choix dépendra aussi du kilométrage annuel attendu. Un plus gros rouleur aura intérêt à privilégier le neuf, dont l'impact écologique de fabrication sera plus vite amorti par une utilisation accrue. Un utilisateur occasionnel aura au contraire intérêt à acheter une voiture d'occasion ou à ne pas remplacer la sienne, pour éviter l'impact de la fabrication du véhicule, qui sera difficilement amortissable. [Choisir la meilleure solution pour se déplacer - page 6](#)



Voiture Essence : Émissions de gaz à effet de serre des citadines de 2020 en fonction de l'âge du véhicule, avec amortissement de la fabrication - Paul Scherrer Institut



Voiture Électrique : Émissions de gaz à effet de serre des citadines de 2020 en fonction de l'âge du véhicule avec amortissement de la fabrication - Paul Scherrer Institut

Section II

MÉTHODOLOGIE ET ENSEIGNEMENTS DE CE GUIDE

Rappel des partis pris du guide

- **Une analyse de l'impact environnemental.** Ce guide n'étudie pas les autres paramètres, tels que le coût des motorisations et carburants ou les dispositifs d'aides à leur achat.
- **Une analyse en cycle de vie complet.** Pas question de regarder les motorisations par le petit bout de la lorgnette et mettre l'accent sur tel avantage ou tel défaut et en sortir des conclusions parcellaires. Le maître mot est ici : **vision d'ensemble**.
- **Une analyse des solutions disponibles** et现实istes pour les consommateurs en France aujourd'hui.

Démarche, paramètres et indicateurs

I. Paramètres pour les calculs

Motorisations étudiées

Seules les technologies existantes et largement disponibles sur le marché sont présentées dans l'éco-guide. Les voitures à hydrogène, les hybrides diesel (rechargeables ou non), les hybrides gaz, les SUV électriques ou hybrides rechargeables ne sont pas assez répandus sur le marché pour permettre d'avoir suffisamment de données et des résultats fiables.

Les 6 catégories étudiées par l'éco-guide sont :

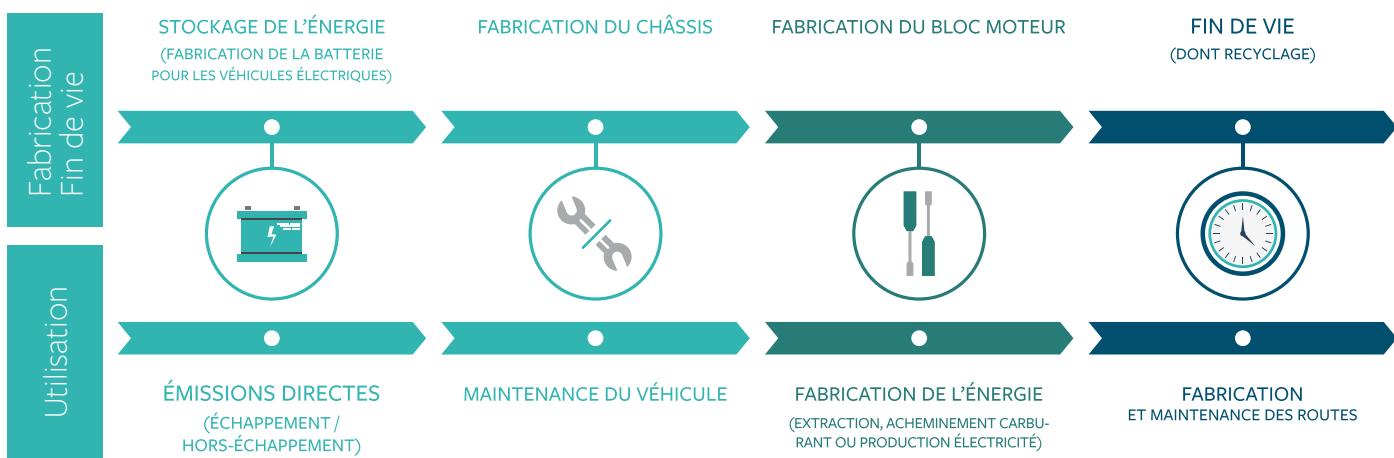
- | | |
|-----------------------|----------------------------------|
| 01. Thermique essence | 04. Hybride essence |
| 02. Thermique diesel | 05. Hybride rechargeable essence |
| 03. Thermique gaz | 06. Électrique |

Segments automobiles étudiés

Le segment des "micro-urbaines", comme la Smart ForTwo, n'est pas pris en compte, car il représente une partie infime du marché. Les voitures les plus vendues en France sont les "citadines" Peugeot 208 et Renault Clio. Le second segment le plus vendu est celui des SUV "légers", d'environ 1 400 kg.

Segment	Nom	Exemples de modèles	Poids moyen (essence)
A	Mini	Fiat 500, Peugeot 108, Renault Twingo	977 kg
B	Citadine	Ford Fiesta IV, Opel Corsa, Peugeot 208, Renault Clio, Renault Zoé, Toyota Yaris, Volkswagen Polo	1 116 kg
C	Compacte	Dacia Logan, Citroën C4, Peugeot 308, Renault Mégane, Toyota Corolla, Ford Focus, Volkswagen Golf, Alfa Romeo Giulietta	1 339 kg
D	Familiale	Peugeot 508, Renault Talisman, Alfa Romeo Giulia	1 570 kg
E et F	Grande Routière	Audi A6, Audi A8	1 718 kg
SUV	SUV - 1 400 kg	Peugeot 2008 II, Renault Captur II, Peugeot 3008 II, Dacia Duster II	1 372 kg
SUV	SUV - 1 800 kg	Ford Edge, Hyundai Gran Santa Fe	1 766 kg
SUV	SUV - 2 200 kg	Audi Q7, Mercedes GLE, Volkswagen Touareg, Jeep Grand Cherokee	2 160 kg

Phases de vie des véhicules



Carburants

Les résultats présentés sont basés par défaut sur des carburants 100 % fossiles. Les carburants alternatifs (E10, E85, B7, bioGNV) sont étudiés en détail [page 16](#).

Paramètres sélectionnés

- Véhicules de l'année 2020
- Segment B Citadine - type Clio, 208 (les voitures les plus vendues en France)
- Pays : France (en particulier le mix électrique national)
- Cycle de Conduite : Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycles (WLTC). Mix entre conduite urbaine, rurale et sur autoroute
- Durée de vie moyenne des véhicules : 180 000 km
- Durée de vie moyenne des batteries : 180 000 km
- Batteries : lithium nickel manganèse cobalt (NMC), fabriquées en Chine
- Kilométrage annuel moyen : 13 000 km/an
- Nombre de passagers par véhicule : 1,3
- Masse d'objets transportés : 150 kg

II. Indicateurs d'impacts

1. Émissions de gaz à effet de serre

Indicateur intermédiaire donné en équivalent CO₂ (kgeqCO₂ par km) rassemblant différents gaz à effet de serre (GES) listés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) : le monoxyde et dioxyde de carbone (CO et CO₂), le méthane (CH₄), le monoxyde et protoxyde d'azote (NO et N₂O), le chloroforme (CHCl₃), différents hydro et chlorofluorocarbones (HFC et CFC), ainsi que l'hexafluorure de soufre (SF₆). L'impact de chacun des gaz est converti en équivalent CO₂.

2. Effets sur la santé (dont la pollution de l'air)

Indicateur donné en DALYs (Disability Adjusted Life Years) soit les années de vie en bonne santé perdues, en raison de maladie, handicap ou mort précoce (méthode International Life Cycle Data ILCD 2.0 2018). L'indicateur global est constitué de 6 indicateurs intermédiaires, convertis pour obtenir un résultat global en DALYs :

- Changement climatique : induit par les émissions de gaz à effet de serre (voir point 1)
- Toxicité : émissions de substances toxiques (plomb, mercure)
- Radiations ionisantes : dues en partie aux extractions de matériaux mais surtout à la production d'électricité (charbon ou nucléaire)
- Formation de particules fines : PM₁₀ et PM_{2,5}, oxydes d'azote, ammoniac, oxydes de soufre...
- Formation de brouillard de pollution : ozone troposphérique, à basse altitude. Ce brouillard se forme lorsque les polluants émis par les véhicules réagissent

au rayonnement ultraviolet de la lumière du soleil

- Destruction de la couche d'ozone stratosphérique, qui nous protège des rayons UV du soleil : due aux gaz de climatisation notamment

3. Effets sur les écosystèmes

Indicateur donné en nombre d'espèces animales potentiellement disparues par année (méthode ILCD 2.0 2018). L'indicateur global est constitué de 7 indicateurs intermédiaires, convertis en nombre d'espèces animales perdues :

- Changement climatique : induit par les émissions de gaz à effet de serre (voir point 1)
- Toxicité des milieux d'eau douce : due aux rejets directs ou indirects de substances toxiques dans les milieux d'eau douce
- Eutrophisation des milieux d'eau douce : due aux émissions de polluants (azote et phosphore notamment) qui déséquilibrent les écosystèmes d'eaux continentales et entraînent leur asphyxie par manque d'oxygène
- Toxicité marine : due aux rejets directs ou indirects de substances toxiques dans les mers et les océans
- Acidification des terres : due aux émissions de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote et d'ammoniac
- Toxicité des terres : due aux rejets directs ou indirects de substances toxiques dans les sols
- Occupation de terres arables : superficies occupées par les mines pour la fabrication du véhicule, forages pour la production de carburant, routes et infrastructures

III. Limites du modèle

Manque de données pour certains indicateurs. Par exemple, pour la fabrication du châssis, les données sur l'extraction d'acier et d'aluminium ne sont pas assez nombreuses ou fiables. Idem pour les métaux rares. Ces manques de données ne permettent pas de proposer un indicateur sur l'appauvrissement des ressources naturelles, y compris celles liées aux énergies fossiles. Par contre, l'impact environnemental de l'extraction, du transport et du façonnage de ces ressources est bien évalué dans ce guide.

Difficultés de modélisation qui entraînent des approximations considérées comme acceptables.

Résultats globaux : les calculs présentent des résultats médians qui ne permettent pas de discriminer deux modèles de voiture au sein d'un même segment.

[Voir le Carculator \[www.carculator.psi.ch\]\(http://www.carculator.psi.ch\)](#)

IV. Présentation des résultats

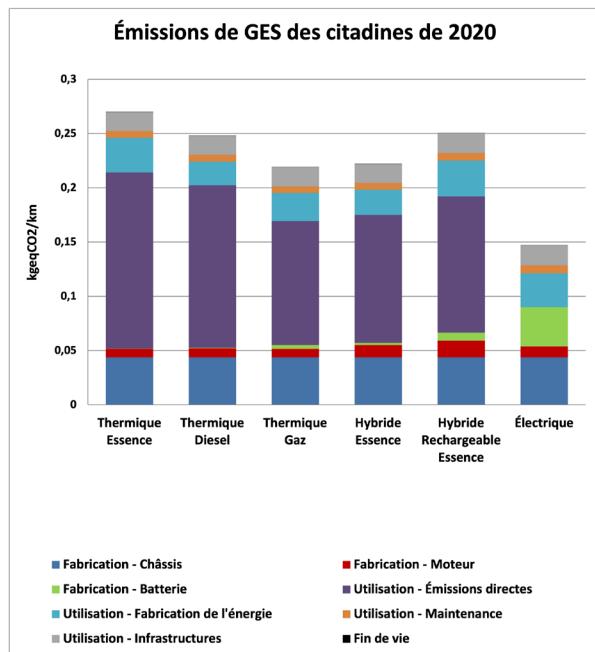
Afin de proposer une vision d'ensemble en un coup d'œil, les résultats des modélisations sont donnés selon cette jauge et niveaux d'impact



Comparaison des impacts des différentes motorisations

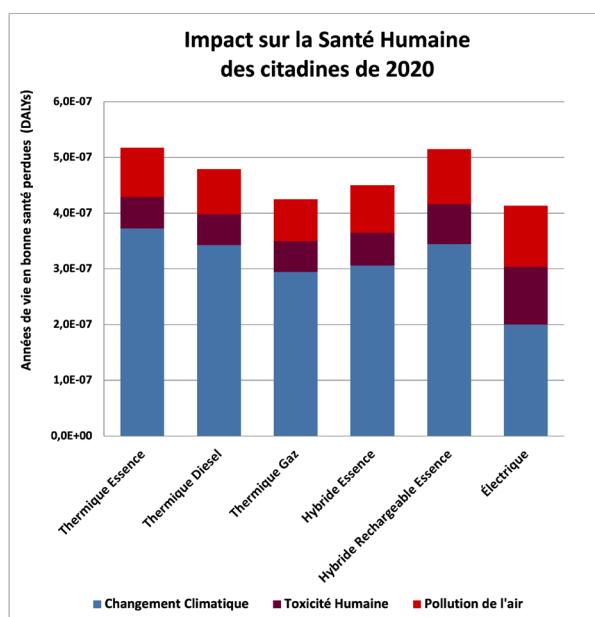
Les gaz à effet de serre

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont une donnée intermédiaire. Ce qu'il importe d'étudier en réalité est l'effet de ces gaz sur le vivant, sur la santé humaine d'une part et sur la santé de la biodiversité d'autre part (voir points I et II).



Les émissions de gaz à effet de serre des Citadines 2020 en kg eq CO₂/km et détail des différents stades de vie, en analyse de cycle de vie - Paul Scherrer Institut

I. L'impact sur la santé humaine



Impact sur la santé humaine des citadines de 2020, en analyse de cycle de vie - Paul Scherrer Institut

L'impact prépondérant d'une voiture sur la santé humaine provient du changement climatique induit par ses émissions de gaz à effet de serre tout au long de son cycle de vie. Ces gaz sont émis directement lors de l'utilisation du véhicule et indirectement lors de sa fabrication, celle de son carburant ou en fin de vie.

Émissions à l'échappement, partie visible de l'iceberg

Lorsque l'on parle de l'impact des voitures sur la santé humaine, on pense surtout à la pollution de l'air à l'échappement, qui a effectivement un effet gravissime sur la santé humaine. C'est pourtant le changement climatique lié aux voitures qui fait peser le plus grand risque sur la santé.

Le véhicule électrique est nettement meilleur que les autres motorisations sur ce point. Les émissions de gaz à effet de serre ne représentent que 48% de son impact sur la santé humaine contre 70% pour une voiture essence ou diesel, à cause des gaz à effet de serre émis lors de la combustion des carburants (CO₂, CH₄...).

L'impact du changement climatique sur la santé

Les modifications locales du climat peuvent entraîner des conditions climatiques extrêmes, des canicules, des précipitations excessives et des catastrophes naturelles, qui provoquent une mortalité directe et indirecte. Pollution de l'eau, pénuries de nourriture et d'eau sont autant de situations mortifères qui s'inscrivent dans la continuité des catastrophes naturelles.

Le dérèglement climatique contraint certaines espèces animales à se déplacer, comme les moustiques ou les rongeurs, qui peuvent être des vecteurs de diffusion de maladies dans des zones géographiques étendues, y compris en Europe.

La pollution de l'air de la voiture électrique

Le talon d'Achille de la voiture électrique dans ce domaine est l'étape d'extraction des métaux (cobalt, nickel, cuivre) qui est lourde en termes d'impacts sur la qualité de l'air. Vient ensuite l'étape d'assemblage de la batterie, c'est-à-dire la fabrication des cellules, qui a lieu en Chine dans le modèle.

Cette phase est énergivore : séchage des cellules en usine d'assemblage, purification du cobalt, cuivre et nickel. Ceci dit, les progrès sont rapides depuis 5 ans et l'intensité énergétique des batteries ne cesse de croître. D'après le modèle, d'ici 2030, ce seront les

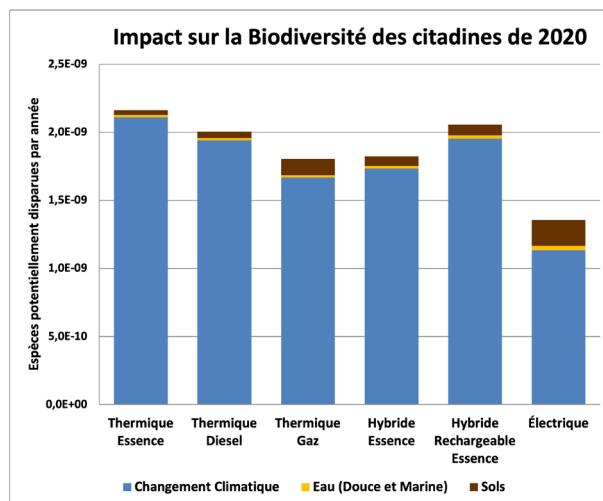
voitures électriques qui auront les émissions de particules fines les plus basses de toutes les motorisations en cycle de vie complet.

La toxicité humaine

Le fort impact du véhicule électrique sur la toxicité humaine provient aussi de la fabrication de la batterie et plus précisément de l'extraction des métaux.

À ce stade, des résidus miniers, qui sont souvent riches en métaux lourds et autres substances nocives, sont relâchés dans des terres aux alentours et parfois directement dans des cours d'eau. Cela entraîne un empoisonnement des populations, soit directement en contaminant leurs cultures, soit à long terme en contaminant leurs réserves d'eaux souterraines.

II. L'impact sur la biodiversité



Impact sur la biodiversité des citadines de 2020, en analyse de cycle de vie - Paul Scherrer Institut

Le risque que fait peser le changement climatique dû aux émissions de GES des voitures est encore plus marqué pour la santé de la biodiversité. Ces émissions représentent entre 83% et 98% de l'impact total d'un véhicule sur la biodiversité, selon sa motorisation. L'impact le plus lourd est celui des voitures thermiques essence et diesel, ainsi que des hybrides rechargeables essence, à cause des nombreux GES émis lors de la combustion des carburants en phase d'utilisation.

L'impact du changement climatique sur la biodiversité

Les conséquences dues aux évènements climatiques extrêmes (sécheresses, inondations, canicules), sont aussi néfastes pour les écosystèmes et la biodiversité que pour les humains. La hausse locale des températures peut aussi dérégler les rythmes saisonniers ou entraîner des migrations de populations vers le nord,

modifiant les équilibres entre prédateurs et proies, conduisant à des invasions d'un côté et extinctions de l'autre.

L'impact du réchauffement climatique sur les océans est gravissime. Ces derniers absorbent une grande partie du CO₂ rejeté dans l'atmosphère, entraînant une acidification de l'eau néfaste pour la biodiversité marine, notamment les mollusques, crustacés et pour les récifs coralliens, à la base de la chaîne alimentaire.

Le changement climatique implique en outre une hausse de la température de l'eau qui, conjointement à la fonte des calottes polaires, entraîne une hausse du niveau des océans, menaçant les écosystèmes coralliens et côtiers.

Impact sur l'eau douce et marine

De la même façon que pour les sols, les activités minières d'extraction de l'acier, du lithium, du cobalt, du gaz ou du pétrole induisent un risque de rejet de substances toxiques dans les eaux. Les accidents de stockage de produits chimiques (fuites ou ruptures de digues), qui arrivent régulièrement, ont des conséquences catastrophiques sur les écosystèmes aquatiques.

D'autre part, les émissions de polluants, notamment à base d'azote, entraînent une eutrophisation des milieux aquatiques. En effet, un apport excessif de nutriments (azote ou phosphore) entraîne un déséquilibre de la biodiversité aquatique qui se traduit par une prolifération d'algues indésirables. Présentes en trop grande quantité, ces algues consomment l'oxygène disponible dans l'écosystème, induisant son asphyxie voire sa mort.

Impact sur les sols

L'impact des voitures sur les sols n'est pas négligeable. Pour les voitures électriques, les activités minières occupent des terres arables et détruisent les écosystèmes présents, et ce sur plusieurs centaines d'hectares par exploitation. Les activités minières sont un peu moins intenses et étendues pour les véhicules thermiques.

L'impact sur les sols est aussi lié à l'acidification des terres, due en grande partie aux émissions de dioxyde de soufre lors de l'extraction et mise en forme des matériaux (acier, aluminium) quel que soit le type de véhicule, puis aux émissions de dioxyde d'azote pour les véhicules thermiques et hybrides.

L'exploitation des matériaux et carburants induit aussi une toxicité des sols à cause des produits chimiques utilisés pour traiter les minerais.

La construction des routes, parkings et infrastructures a également un effet sur les sols, pour toutes les motorisations.

Certificats de qualité de l'air - CRIT'Air

Classement Certificat qualité de l'air Voitures particulières

NORME EURO (inscrite sur la carte grise)
ou, à défaut, date de 1^{re} immatriculation



Tous les véhicules
100% électriques et hydrogènes



Tous les véhicules gaz
et les véhicules hybrides rechargeables

Essence et autres



Diesel



Euro 5 et 6
À partir du 1^{er} janvier 2011



Euro 4
Entre le 1^{er} janvier 2006
et le 31 décembre 2010 inclus



Euro 2 et 3
Entre le 1^{er} janvier 1997
et le 31 décembre 2005 inclus



Euro 5 et 6
À partir du 1^{er} janvier 2011

Euro 4
Entre le 1^{er} janvier 2006
et le 31 décembre 2010 inclus



Euro 3
Entre le 1^{er} janvier 2001
et le 31 décembre 2005 inclus



Euro 2
Entre le 1^{er} janvier 1997
et le 31 décembre 2000 inclus



**Euro 1
et avant**

Jusqu'au 31 décembre 1996



Pour obtenir son certificat qualité de l'air
www.certificat-air.gouv.fr

Pour en savoir plus, consultez l'arrêté du 21/06/2017 établissant la nomenclature des véhicules :
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000032749723&categorieLien=id>



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

Conclusions et enseignements de ce guide

DES VÉRITÉS QUI PEUVENT DÉRANGER

1 Il n'y a pas de voiture propre mais beaucoup de propagande

Le qualificatif de voiture “propre” souvent utilisé à la légère, voire abusivement, par les promoteurs de telle motorisation ou de tel carburant est en réalité sans fondement scientifique. La vision d'ensemble des impacts environnementaux des différentes motorisations, en cycle de vie complet et sans angle mort, montre que toutes les motorisations ont des impacts lourds de conséquences pour le climat, l'eau, les sols, l'air et donc la santé humaine et celle de la biodiversité.

Les émissions cachées, de gaz à effet de serre comme de polluants de l'air, sont révélées par cette analyse en cycle de vie :

- Les émissions liées à la fabrication des véhicules représentent environ 20% des émissions de GES d'une voiture thermique et 60% de celles d'un véhicule électrique.
- Les émissions liées à la fabrication des carburants représentent environ 10% de l'impact d'une voiture thermique et 20% de celles d'un véhicule électrique.
- Les particules ultrafines liées à l'abrasion des pneus, des freins et de la route sont aujourd'hui plus élevées pour un diesel récent que celles émises à l'échappement.
- Enfin, environ 10% de l'impact carbone d'un véhicule est causé par la construction et l'entretien des infrastructures routières.

Au final, une citadine électrique émet 45% de gaz à effet de serre de moins qu'un véhicule thermique équivalent en cycle de vie complet. C'est donc une amélioration considérable, toutefois il est mensonger de parler de véhicule propre.

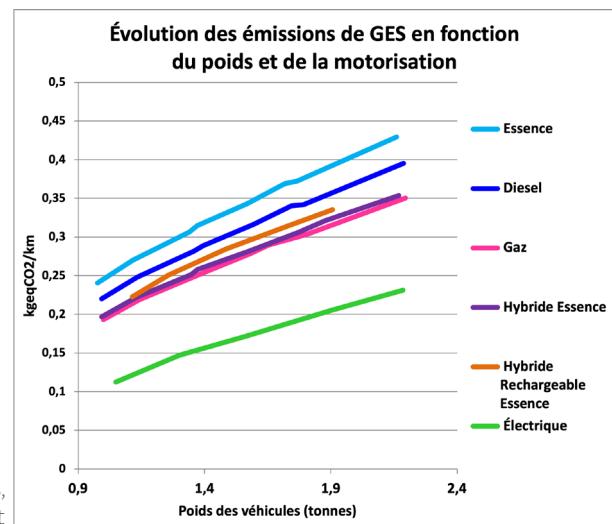
2 Le poids, facteur d'impact environnemental primordial

Choisir un SUV d'environ 1 400 kg au lieu d'une citadine d'environ 1 100 kg, représente une augmentation de 16% des émissions de gaz à effet de serre et de 18% de l'impact sur la santé humaine et sur la biodiversité, quelle que soit la motorisation choisie. Pour être plus vert, il faut donc privilégier le véhicule le plus petit et léger possible répondant à ses besoins. Ceci sera plus économique pour l'utilisateur (achat, entretien, consommation), ainsi que pour la planète. Être vert ne coûte pas toujours plus cher !

Environ 600 kg sont suffisants pour qu'une voiture réponde au besoin de mobilité. Au-delà, l'alourdissement des véhicules est lié au renforcement des équipements de sécurité, à la généralisation des équipements de confort et à la satisfaction de l'ego ! Les ventes actuelles de SUV sont dopées par un matraquage publicitaire.

Près de la moitié des plus de 4 milliards d'€ consacrés aux dépenses de publicité de la filière automobile a concerné la promotion de SUV en France en 2019.

Lien entre le poids et l'impact carbone (kgeqCO₂/km) des véhicules, en analyse de cycle de vie - Paul Scherrer Institut



3 C'est le changement climatique qui a l'impact le plus néfaste sur la santé et la biodiversité

Plus des 2/3 de l'impact d'une voiture citadine essence ou diesel sur la santé est en réalité lié à ses émissions de gaz à effet de serre et leur influence sur le climat, qui est déjà réelle. Pour l'électrique, la moitié de son impact sur la santé est liée à ces émissions. En clair, le changement climatique a encore plus de conséquences sur la santé humaine que les émissions de polluants de l'air. Les maladies et les décès liés à la pollution de l'air à l'échappement, bien que graves et alarmants, ne sont que la partie visible de l'iceberg. Ceci est encore plus marqué pour la biodiversité. Pour une citadine thermique ou hybride, plus de 90% de cet impact est dû au changement climatique, et plus de 80% pour un véhicule électrique.

4 L'électrique est une bonne solution pour les usages intensifs

Étant donné que l'essentiel de l'impact environnemental d'un véhicule électrique est lié à sa fabrication, tout l'intérêt de ce véhicule est qu'il roule beaucoup et souvent pour "rembourser" sa dette environnementale. Une voiture électrique est particulièrement recommandée pour les usages fréquents, de type livraisons ou visites à domicile et pour les voitures partagées.

5 Vers un hybridegate ?

Les véhicules hybrides rechargeables peuvent sembler attrayants à première vue, permettant d'allier les avantages des véhicules électriques (pas d'émissions à l'échappement) et thermiques (autonomie). Cependant, ils allient aussi les inconvénients des deux motorisations ! Leurs deux moteurs les rendent plus lourds et donc plus émetteurs et consommateurs.

Leur principal écueil est qu'ils ne sont pas assez souvent rechargés et qu'ils roulent trop fréquemment en mode thermique. La norme d'homologation prévoit que 70% des kilomètres parcourus le soient en mode électrique. Or en utilisation réelle, la moyenne est d'environ 35% et même 20% pour les flottes d'entreprises, d'après une analyse à grande échelle réalisée au niveau mondial par l'ICCT (International Council on Clean Transportation).

Un véhicule hybride mal utilisé a ainsi un impact environnemental et sanitaire plus néfaste que les véhicules thermiques qu'il est censé remplacer avantageusement.



Retrouvez les sources des informations de ce guide et davantage de graphiques et d'explications dans l'annexe de l'éco-guide inspire74.com/guide

ÉCO-GUIDE DE L'AUTOMOBILE

Un guide d'achat impartial et inédit

L'éco-guide de l'automobile permet de comparer les effets de chaque motorisation et carburant sur la santé humaine et sur l'environnement dans son ensemble. C'est une première en France. Au-delà du CO₂, découvrez quel est l'impact réel des voitures sur l'eau, les sols, l'air, la biodiversité, le climat et la santé, en cycle de vie complet.

Des bases scientifiques solides

Inspire a pu s'appuyer sur les experts de France Nature Environnement et sur l'immense expertise de l'Institut Paul Scherrer en Suisse pour réaliser ce guide. 18 mois de travail, 20 réunions techniques et 2 embauches ont été nécessaires pour transformer des informations nombreuses, disparates et complexes en un guide d'achat accessible, ludique et visuel.

Des conclusions parfois déroutantes

Loin de toute propagande, certaines conclusions et vérités révélées par ce guide vont déranger. Il n'existe pas de voiture propre, contrairement à ce que clament certains discours et beaucoup de publicités.

Choisir en connaissance de cause

Cet éco-guide met à la disposition des consommateurs toutes les informations qui leur permettront de faire un choix éclairé et de trouver la solution la moins néfaste possible pour la santé humaine et pour l'environnement, tout répondant à leurs besoins de mobilité.

www.inspire74.com/guide

