

L'objectif du présent document est de présenter, le plus objectivement possible (nombreux liens vers des revues spécialisées), la situation actuelle dans le domaine des véhicules électriques (VE) afin de ne pas être déçu une fois l'achat effectué.

Cela nécessite d'avoir en tête certains éléments pour décider de l'action d'achat, du moment de la réaliser et des caractéristiques du véhicule à acquérir, notamment de son autonomie.

Après un déroulé de l'historique des VE, les aspects suivants sont abordés :

- la fiscalité actuelle,
- le panorama actuel (équipements propres aux véhicules ou nécessaires à leur usage),
- les évolutions à court terme, surtout pour les batteries.

Sont ensuite évoqués les véhicules hybrides et les véhicules à prolongation d'autonomie.

En réunion, le mot « hydrogène » ayant été prononcé à plusieurs reprises, des généralités sur l'hydrogène figurent en fin de document.

Histoire du véhicule électrique

TOUT COMMENCE DANS LES ANNÉES 1830

1830 : la calèche électrique (Robert Anderson).

1834 : la locomotive électrique (Thomas Davenport).

En France le chemin de fer existe depuis 1827.

1852 : un premier modèle de voiture électrique est commercialisé.

Mais à cette époque, les voitures n'étaient pas munies de batteries rechargeables.

1859 : l'invention de la batterie rechargeable au plomb acide (Gaston Planté).

Ainsi la voiture électrique deviendra plus facilement utilisable.

1881 : un premier modèle viable de voiture électrique est mis au point par trois Français.

Une concurrence s'installe entre la voiture à explosion (thermique), la voiture à vapeur et la voiture électrique.

1899 : La « Jamais Contente » bat un record de vitesse en dépassant les 100 km/h.

Avec ce record, la voiture de Camille Jenatzy marque les progrès ainsi que le potentiel de la voiture électrique.

1900 : les taxis électriques circulent dans les rues de New York.

À cette époque, **c'est 38% du marché américain de l'automobile qui est électrique.**

On décrit que les voitures électriques sont faciles à démarrer et qu'elles ne laissent pas un nuage irrespirable de fumée noire derrière elles.

Déjà à cette époque, on qualifie que ces voitures sont bien supérieures aux voitures thermiques.

ABANDON DE LA VOITURE ÉLECTRIQUE DANS LES ANNÉES 1900

1908 : Ford lance son modèle T :

- la production à la chaîne abaisse les coûts de production,
- le démarreur électrique est inventé (Charles Kettering),
- l'essence est bon marché,
- le moteur thermique est puissant.

Malgré l'invention en 1910 par Edison de la batterie Fer-Nickel, la voiture électrique cède face aux innovations de Ford.

Dans les années 1920 :

- le thermique bon marché, meilleur en autonomie et en poids, supplante l'électrique ;
- c'est donc le début de l'ère de la voiture thermique, alors que l'essence est bon marché ;
- la voiture électrique tombe dans l'oubli pour les 40 prochaines années.

1966 : RETOUR VERS LE POTENTIEL DE L'ÉLECTRIQUE

La pollution est de plus en plus présente et les impacts environnementaux commencent à se faire sentir.

Le Congrès américain recommande dès 1966 la construction de voitures écologiques.

1990 : UN POINT TOURNANT POUR LA VOITURE ÉLECTRIQUE

En 1990, la Californie vote pour le Zero Emission Vehicle (ZEV).

La loi prévoit que chaque constructeur devra compter 2% de véhicules verts dans ses ventes, en 1998, pour être autorisé à commercialiser ses autres voitures.

20 ANS PLUS TARD : LE DÉBUT DE L'ÈRE DE LA VOITURE ÉLECTRIQUE

2008 : Nissan présente la Leaf 100% électrique ; il s'agit de la première voiture électrique commercialisée dans le monde (prises CHAdeMO et V2G).

La situation en 2025

LES VENTES

1er trimestre 2025

Selon l'AECA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles), dans l'UE, les ventes ont progressé de 24% (atteignant 413 000 unités) ; elles représentent 15,2% du marché.

Les 4 plus grands marchés de l'UE : Allemagne (+39%), Belgique (+30%), Pays-Bas (+8%), la France (-7%) représentent 63% des ventes de l'UE.

Le pourcentage des ventes de voitures électriques, en 2024 :

- France : 15%
- Chine : 50 %
- Norvège : 88%

<https://www.automobile-propre.com/articles/voici-le-top-20-des-ventes-de-voitures-electriques-en-2024-en-france/>

Quelques véhicules électriques fabriqués en France :

- Renault Zoe E-Tech : produite à Flins, dans les Yvelines.
- Renault Mégane E-Tech : produite à Douai, dans le Nord.
- Renault Kangoo E-Tech : produit à Maubeuge, dans le Nord.
- Renault Scénic E-Tech : produit à Douai, dans le Nord.
- Futures Renault R5 et Renault 4 E-Tech : seront produites à Maubeuge, dans le Nord.
- Peugeot e-Expert et e-Traveller : produits à Hordain, dans les Hauts-de-France.
- Opel Mokka Electric : assemblée dans l'usine Stellantis de Poissy, en région parisienne.

- DS 3 Crossback E-Tense : fabriqué à Poissy, dans les Yvelines.
- Citroën E-Mehari : assemblée à l'usine PSA de Rennes-La Janais, en Ille-et-Vilaine.
- La future C5 Aircross sera également assemblée à Rennes.

<https://www.caroom.fr/guide/voiture-propre/electrique/neuve/faut-il-acheter/modeles-francais>

<https://chargeplus.totalenergies.com/fr/passers-a-lelectrique/voitures-electriques-frabriquees-france/>

LES ORIENTATIONS FISCALES ACTUELLES

Leur but :

- **la réduction de l'émission de CO2 pour faire face au réchauffement climatique ;**
- **inciter les entreprises et les particuliers à acheter des véhicules électriques.**

Constructeurs : limiter leur droit de polluer

Ils devront payer des amendes en cas de non respect des Normes EURO 6 (jusqu'à 6 milliards d'€ pour les constructeurs français).

Conséquences :

- augmentation du prix des véhicules thermiques (pour favoriser la vente des véhicules électriques)
- achat de droits à polluer auprès de fabricants de véhicules électriques (Stellantis prévoit un rachat éventuel de 1 milliard d'€ de droits chez Tesla)
- incitation à l'achat de véhicules hybrides ou hybrides rechargeables (une 5008 hybride rechargeable n'émet que 23 g de CO2/km, par ex. ; mais pas de bonus, les recharges à domicile n'étant généralement pas effectuées).

<https://rouleur-electrique.fr/amendes-co2-leurope-envisage-dassouplir-sa-position-face-aux-constructeurs-automobiles-en-2025/>

<https://rouleur-electrique.fr/normes-co2-en-europe-pourquoi-le-report-a-2027-fait-polemique-et-menace-la-transition-electrique/>

Entreprises : les encourager à acquérir des véhicules électriques.

Des exonérations fiscales afin que les entreprises augmentent leur flotte de véhicules électriques, mais obligation de bornes sur les parkings des entreprises (1 borne par multiple de 20 places de stationnement).

Encouragements financiers pour les collaborateurs qui ont des voitures de fonction électriques (abattement de 70% sur les « avantages en nature » pour les véhicules électriques qui remplissent les critères du score environnemental).

<https://www.largus.fr/actualite-automobile/voitures-de-fonction-fini-l-abattement-sur-les-avantages-en-nature-pour-certaines-electriques-30040070.html>

Taxation des véhicules électriques fabriqués hors UE

Pression fiscale sur les importations de véhicules chinois. La taxe serait calculée en fonction de la provenance des composants et pas seulement en fonction du lieu d'assemblage du véhicule (roues, batteries, etc. comme pour les thermiques actuels). Mais dépôt de plainte auprès de l'UE par les chinois et les américains qui assemblent en Chine (Tesla par ex.).

Donc, pour les marques chinoises :

- droits de douane majorés et modulés selon les marques de véhicules, sauf pour les hybrides qui sont des véhicules thermiques (de ce fait, l'offre chinoise se tourne vers les hybrides) ;
- droits de douane contournables si l'assemblage final à lieu en Europe ;
- cependant, le bonus écologique n'est attribué qu'aux véhicules dont l'ensemble du processus de fabrication est réalisé en Europe. Le calcul de l'éco-score (score environnemental) intègre une notion d'empreinte carbone globale qui prend en compte le site de production qui génère la plus forte empreinte carbone dans la chaîne de fabrication.

Les règles ne sont donc pas les mêmes pour le calcul des droits de douane et celui du bonus.

Encourager les acheteurs :

- Bonus : 4000 € si revenu fiscal de référence < 16300 € par part, pour des voitures dont le prix est inférieur ou égal à 47000€ (hors options). (Baisse du bonus possible avant le 31/12/2025).
- Prime CEE : 353 € pour une e-208 par exemple, sans condition de revenus.
- A partir du 1er mai 2025, les départements pourront décider de la fin de la gratuité de la carte grise (coût : 150 à 750 € selon la puissance fiscale et les départements).

<https://rouleur-electrique.fr/bonus-ecologique-2026-des-coupes-severes-prevues-pour-les-voitures-electriques/>

Taxer les véhicules thermiques, selon :

- leur niveau de pollution : à partir de 113 g (50€ pour 113 g par ex.), à payer avec la carte grise ;
- leur poids : à partir de 1600 kg (de 10€ à 30€ par kg), à payer avec la carte grise (4520 € pour 1950 kg par ex.) (seuil à 1500 kg en 2026 ; 600 kg de franchise accordée aux véhicules électriques).

VEHICULES : LES FAMILLES ACTUELLES

Électriques :

- les citadines : batteries 30/40 KWh, autonomie de 200/300 km
- les plus vendues : batteries 50/54 KWh, autonomie d'environ 400 km
- les grandes autonomies : 70/100 Kwh, autonomie de 600/700 km

Bon nombre de modèles sont proposés avec 2 tailles de batteries.

Nota : les capacités annoncées par les constructeurs sont soit du « brut », soit du « net » qui est la capacité utilisable réellement.

En effet, les constructeurs se réservent une certaine capacité de batterie pour couvrir la garantie de 70% ou 80% au bout de 8 ans. Il y a donc des cellules en réserve (4 à 5 KWh est assez courant). Il leur suffira d'activer, en tout ou partie, les cellules en réserve en cas de contestation concernant l'autonomie.

ATTELAGE REMORQUE

Attention, la possibilité d'un attelage ne signifie pas que l'on peut atteler une remorque : tout dépend des constructeurs (test coûteux pour passer aux mines et autres services de contrôle), même pour les hybrides.

Sur les hybrides, le remorquage peut être plus important car les batteries sont plus légères (Toyota avait diminué temporairement le nombre de passagers à cause du poids des batteries).

L'attelage peut être limité en charge, ne pas être prévu (e2008) ou n'être utilisable qu'en porte vélo.

Les batteries

METAUX ACTUELLEMENT UTILISES

Le modèle de référence actuel de l'automobile mondiale est la batterie lithium-ion dont les deux types les plus fréquents sont :

- les "NMC" (nickel-manganèse-cobalt) (175 Wh / Kg ; 900/1000 cycles) et
- les "LFP" (lithium, phosphates de fer, sans Cobalt (150 Wh / Kg, 3000/5000 cycles)).

L'extraction du nickel et du manganèse, deux matériaux nécessaires aux batteries NMC, est nocive pour l'environnement.

Il existe d'autres grandes familles de batteries au lithium dont les "NCA" (nickel-cobalt-aluminium), également utilisées par l'industrie automobile.

Les quatre métaux stratégiques sont le lithium, le cobalt, le nickel et le manganèse afin d'emmagasiner d'importantes quantités d'énergie dans un format compact.

La chaîne d'approvisionnement est dominée par la Chine qui a la main sur 75% du raffinage du lithium et 50% du cobalt, selon Bloomberg NEF.

La batterie d'un véhicule électrique est la plupart du temps constituée de **lithium-ion**, un accumulateur énergétique d'une excellente densité (en moyenne, **150 Wh/kg**). L'un des avantages du lithium est l'**absence d'effet mémoire** : pas besoin de les décharger totalement avant de les recharger.

En moyenne, le prix du KWh est estimé à **140 euros**, ce qui signifie qu'une batterie de **52 KWh** comme la voiture Renault Zoe coûte environ **8 100 euros** (La valeur du kwh est près de **10 fois moins élevée** qu'en 2010).

La durée de vie d'une batterie de véhicule électrique se mesure en fonction des cycles de charge et décharge. On estime qu'une technologie lithium-ion peut supporter entre 1000 et 1500 cycles. Ce qui correspond à une longévité d'environ dix ans, selon le modèle électrique, pour 15 000 à 30 000 km parcourus par an. Sur un site des Pays bas, une e-2008 Gt de 2020 était à vendre : 242000 km avec une autonomie restante de 240 km (autonomie neuve en 2020 : 320 km).

<https://www.clubic.com/actualite-552966-batteries-de-voitures-electriques-la-nouvelle-etude-qui-rassure.html>

Poids d'une batterie : de 300 à 600 Kg (e2008 = 350 kg).

LIEUX DE PRODUCTION

France :

- L'usine ACC de Douvrin, déjà opérationnelle depuis fin 2024.
- Le site Verkor de Dunkerque, dont le démarrage est prévu pour l'été 2025, la production à pleine cadence en 2026 et une capacité de production de 16 Gwh d'ici 2028 dont 12 Gwh pour Renault (pour 150 000 véhicules par an en lithium-ion).

<https://rouleur-electrique.fr/verkor-demarre-sa-production-la-france-entre-dans-la-course-des-batteries-electriques-avec-sa-mega-usine-de-dunkerque/>

- Amiens. L'usine pourra produire 4,7 GWh de batteries sodium-ion par an, à l'horizon 2031. Le premier coup de pioche est prévu pour fin 2025, et le démarrage de la production courant 2027.
- La future usine ProLogium, programmée pour 2027 (Dunkerque).

L'Europe espère rattraper l'avance chinoise en créant un consortium européen, miroir de la CASIP chinoise.

Suède : Northvolt (dépôt de bilan)

Japon et Corée pour Tesla ;

Chine : les 2/3 de la production (le groupe CATL, basé en Chine, produisait en 2023, 35% des batteries lithium-ion au niveau mondial).

Les moteurs

Ce sont essentiellement des moteurs synchrones à excitation indépendante (les aimants permanents nécessitent en approvisionnement en « terres rares » qui peut être difficile).

Pour des explications sur les moteurs:

<https://www.avere-france.org/les-moteurs-de-vehicules-electriques/>

Composition du groupe motopropulseur électrique

- le moteur électrique (rotor et stator) ;

- les contrôleurs électroniques de puissance :

- L'onduleur qui régule l'énergie électrique du moteur pour piloter le couple et la vitesse de celui-ci (400 ou 800 volts continu convertis en 380 volts triphasé – Tesla : 350 v-).
- Le convertisseur DCDC qui transforme la tension du courant continu de la batterie en 14V pour le réseau de bord du véhicule.
- Le chargeur AC embarqué et la DC box pour recharger la batterie de traction.
- le réducteur qui adapte la vitesse de rotation transmise par le moteur électrique aux roues (réducteur Tesla 10:1 et train Epicycloïdal).

https://www.youtube.com/watch?v=PgM1J6rm_jM

La combinaison de ces éléments assure un fonctionnement souple et efficace du moteur électrique. Le résultat : la voiture électrique est silencieuse, fiable et agréable à conduire !

Sur certains véhicules les moteurs peuvent être intégrés aux roues.

USAGE ET RETOURS D'EXPERIENCES

ELEMENTS QUI IMPACTENT ACTUELLEMENT LA DUREE DE VIE D'UNE BATTERIE ET INFLUENT SUR L'AUTONOMIE DU VEHICULE ELECTRIQUE

• **La méthode de recharge** : une trop grande fréquence de charge rapide peut altérer l'autonomie de la batterie à moyen terme. Un véhicule électrique n'aime fondamentalement pas les recharges qui vont perturber la chimie de sa batterie, donc les recharges rapides ou ultra-rapides sont à éviter massivement. **On dit souvent qu'une recharge rapide équivaut à 7 recharges en AC** [courant alternatif].

• **La charge du véhicule en circulation** : marchandises, bagages et nombre de passagers ont un impact sur l'autonomie de la batterie.

• **Une conduite régulière** : une batterie lithium-ion n'aime pas rester statique. Il faut entendre par là qu'un stationnement prolongé du véhicule aura un impact négatif sur la durée de vie de la batterie.

• **La météo** : une batterie n'aime ni avoir trop froid, ni avoir trop chaud.

Il est préférable de garer le VE à l'abri, dans un garage ou un parking.

Pour éviter les surchauffes après une recharge, il est conseillé de patienter quelques minutes pour permettre à la batterie de redescendre en température.

L'hiver, l'autonomie peut chuter de 30 à 50% et la recharge sera plus lente. Il est notamment conseillé :

- d'allumer le chauffage avant de partir, lorsque la voiture est branchée, en programmant le pré-conditionnement de la batterie (l'énergie sera prélevée sur le réseau). Le pré-conditionnement se mettra en route si la batterie est suffisamment chargée (25%).

- de privilégier l'utilisation de périphériques additionnels de chauffage moins énergivores, comme les sièges ou le volant chauffants.

L'été, les chaleurs extrêmes mettent également les batteries à rude épreuve :

- éviter de se garer sous des fortes températures au soleil : il faut privilégier les endroits à l'ombre ;

- éviter de recharger la voiture pendant les pics de chaleur, car le fonctionnement des bornes de recharge peut aussi être impacté.

Il n'y aura pas de départ d'incendie à cause du soleil et des fortes chaleurs.

Pour infos sur véhicule R5 : <https://www.largus.fr/actualite-automobile/test-renault-5-electrique-en-hiver-quelle-autonomie-par-temps-froid-30038467.html>

• **Le style de conduite** : le moteur et la batterie du véhicule apprécient les conduites souples. Adopter des [réflexes de l'écoconduite](#) permet de conserver l'autonomie de son véhicule le plus longtemps possible car il permet d'utiliser le [freinage régénératif](#), et de faire des mini-recharges de batterie. Sur autoroute, garder une vitesse constante à [110 km/h](#) permet également de conserver l'autonomie. (le gain sur la route est ensuite perdu en temps de recharge).

• **La climatisation ou le chauffage** : les voitures dotées de pompe à chaleur (PAC) sont moins impactées. La PAC réduit également la consommation pour le réchauffage ou le refroidissement de la batterie dont le poids dépend de la capacité de la batterie (500 kg pour 80 KWh).

• Le « **Planificateur d'itinéraire** » : très utile pour optimiser les recharges lors des longs trajets. En recharge rapide, le rechargement se limite généralement à 80% (charge trop lente au-dessus de 80%).

Quel que soit le type de batterie de voiture électrique, il est recommandé de la laisser à un niveau de chargement entre 20 % et 80 %.

Une fois par an, il est possible de la charger à 100 % pour permettre au Battery Management System (BSM) d'équilibrer les cellules et de mémoriser le fonctionnement de la batterie.

Nota : les batteries LFP supportent les charges fréquentes à 100 %.

<https://rouleur-electrique.fr/guide-ultime-preservez-la-batterie-de-votre-voiture-electrique-et-evitez-des-couts-de-remplacement-exorbitants/>

<https://www.masculin.com/automobile/821706-combien-de-temps-ca-dure-vraiment-une-batterie-de-voiture-electrique-ce-que-disent-vraiment-les-chiffres/>

. LE SOH (State of health)

Le SOH représente l'indicateur clé pour évaluer la santé d'une batterie. Ce paramètre, exprimé en pourcentage, compare la capacité actuelle à la capacité d'origine. Les constructeurs garantissent généralement une capacité minimale (Pour Peugeot : 70% pendant 8 ans ou 160 000 kilomètres). Un SOH de 94% signifie une perte de capacité de 6%, impactant directement l'autonomie du véhicule.

- SOH > 90% : Excellent état
- SOH entre 80-90% : État normal pour un véhicule de quelques années
- SOH < 80% : Surveillance accrue recommandée

Les constructeurs sont en mesure de communiquer cette information. Certains professionnels peuvent aussi établir de manière certifiée le niveau de santé de la batterie ; il est utile notamment pour la [revente](#). **La perte d'autonomie est le premier signe de faiblesse de la batterie**, qui doit être révisée et entretenue régulièrement – dans l'idéal une fois par an – par des professionnels habilités. La batterie électrique 12 V, peut aussi faire défaut ; il faut veiller à sa charge et à son état.

. Les méthodes concrètes de diagnostic de la batterie

Pour obtenir des informations précises sur l'état de la batterie, plusieurs options.

La plus professionnelle consiste à utiliser un lecteur EOBD connecté au port diagnostic du véhicule. Ces appareils, couplés à des applications spécifiques comme ScanMyTesla ou LeafSpy, fournissent des données détaillées sur la capacité résiduelle, la température du pack et la tension des cellules. L'application Power Cruise Control s'applique à divers véhicules (abonnement annuel 25€)

Norauto et Dekra ; *Moba (anciennement La Belle Batterie).

Il existe une application « My battery Health » qui utilise l'IA pour déterminer le SOH.

Il suffit d'entrer :

- l'immatriculation du véhicule
- les codes d'accès à son compte « constructeur »
- le VIN du véhicule.

L'application analyse tous les trajets stockés chez le constructeur du véhicule et édite le rapport SOH.

Facteurs influençant la dégradation

La dégradation d'une batterie suit une courbe non linéaire. La perte de capacité est plus marquée durant les premières années d'utilisation, avant de se stabiliser progressivement. Les conditions climatiques extrêmes, particulièrement le froid intense, peuvent temporairement réduire la capacité utilisable sans pour autant signifier une dégradation permanente.

Solutions de réparation économiques

Une nouveauté rassurante émerge dans le secteur : des garages indépendants proposent désormais le remplacement ciblé des cellules défectueuses. Cette alternative permet de réduire considérablement les coûts de réparation, passant de plus de 10 000 euros pour un pack complet à quelques centaines d'euros pour une intervention ciblée (e-garages Revolte).

La transparence sur l'état de santé des batteries devient un argument de vente majeur sur le marché de l'occasion. Un diagnostic précis permet non seulement de négocier le prix en connaissance de cause, mais aussi d'anticiper les éventuels besoins en maintenance. Il ne faut pas hésiter à faire réaliser un diagnostic professionnel avant tout achat significatif.

. L'autonomie annoncée par le marketing.

Il faut donc être vigilant sur les chiffres annoncés les vendeurs :

- la distance parcourue correspond à une décharge totale de 100% à 0% alors que, en usage courant, la plage de décharge va de 80% à 20% ;
 - le cycle WLTP est réalisé sur un banc de test (kilométrage sur-estimé si conduite non zen) ;
 - la batterie perd de la capacité au fil des années (20 % en 4 ans sur une e-2008 par ex.) ;
 - sur autoroute à 130 Km/h la surconsommation est de 30% ;
 - en température négative la surconsommation peut atteindre 50% (plus la distance est courte plus ce taux est élevé car la priorité est le réchauffement de la batterie) :
- (exemples : 5 km à 9° = conso x 5 ; 2x45 km à 5° avec 2h d'arrêt = 150 km décomptés par la batterie).

Si l'objectif est d'utiliser le véhicule dans les mêmes conditions qu'un véhicule thermique (température très froides, chauffage habitacle, autoroutes à vitesse élevée), il semble prudent, à l'achat, de prendre comme autonomie, celle annoncée par le vendeur et la diviser par 3 !

Annoncé : 600 km

Charge max. à 80% et mini. avant recharge à 20% = disponible : 360 km (600x0,6)

Perte liée à l'âge 20% = disponible : 288 km (360x0,8)

Perte liée aux conditions de froid ou autoroute = disponible : 201 km (288x0,7)

soit 600 divisé par 3 !

Globalement, le rayon de déplacement d'un VE, sans recharge de la batterie, est limité au quart de l'autonomie annoncée par le constructeur (dans le cas ci-dessus 150 km après recharge à 100/100 au domicile : 600x0,8x0,8x0,7).

D'où l'intérêt de bien identifier les parcours habituels d'une part et les parcours exceptionnels, d'autre part.

Le site pour comparer l'autonomie annoncée par le constructeur et celle mesurée par « Que Choisir » :

<https://www.quechoisir.org/actualite-autonomie-des-voitures-electriques-des-constructeurs-trop-optimistes-n121434/>

Un extrait de « Que Choisir » : « Une Volkswagen ID.3 Pro S ID pourrait ainsi parcourir 155 km dans les pires conditions (le véhicule est chargé et roule sur autoroute à 130 km/h par un froid de canard avec le chauffage activé) ou 559 km (un conducteur seul à bord sur un parcours urbain sans climatisation, avec une température extérieure clémente). »

LA RECHARGE DES BATTERIES

Il faut privilégier les charges relativement lentes. Par temps froid (-5°), la batterie perd 70% de sa capacité de charge. Le pré-conditionnement permet de réchauffer la batterie, mais celle-ci doit avoir au moins 25% de charge initiale.

A domicile :

- la prise domestique normale (8 ampères)
- la prise renforcée (16 ampères), comme la prise Legrand ou Schneider Electric Mureva Styl par exemple
- la borne de recharge (32 ampères en mono ou triphasé)

A l'extérieur :

- nombre de bornes : 153 000 (objectif : 400 000 en 2027)
bornes de type AC/DC et puissances définies (2 limitations : celles propres aux voitures, et celles propres aux bornes).
2 voltages : 400 v et plus récemment 800 volts, 2 fois plus efficace tout en produisant moins de chaleur ([Audi Q6 e-tron](#), Hyundai Ioniq 5 et 6, Kia EV6 et EV9, ainsi que Porsche Taycan et Macan)
- les nouvelles obligations sur les parkings publics (1 place VE par tranche de 20 places)
- les stations d'échange des batteries (CATL), surtout en Chine.

https://www.francetvinfo.fr/replay-radio/aujourd-hui-c-est-demain/voitures-electriques-bientot-des-temps-de-recharges-ultra-rapides-grace-aux-formules-e_7014371.html

Attention à la facturation :

<https://rouleur-electrique.fr/alerte-recharge-cette-penalite-cachee-de-totalenergies-qui-peut-transformer-votre-recharge-electrique-en-cauchemar-financier/>

TROUVER LES BORNES DE RECHARGE

Les cartes de recharge : depuis 2024, les installations nouvelles permettent le paiement par CB, mais les installations de recharge plus anciennes nécessitent des cartes d'abonnement. Pour des recharges aisées, il est conseillé de posséder 2 ou 3 cartes d'abonnement. Parmi les plus courantes : Chargemap (750 000 bornes en Europe), Better RoutePlanner (ABRP connectable à l'EODB du VE).

<https://www.quechoisir.org/conseils-voiture-electrique-10-applis-indispensables-n132794/>

L'abonnement/application Ulys permet de traiter le Télépéage et les recharges VE en tous lieux.

L'application « Chargeprice » permet de comparer les tarifs des différents opérateurs pour éviter les mauvaises surprises au niveau des coûts (facturations à la minute après 1 ou 2 h de charge au KWh).

4 sociétés se sont regroupées pour mettre en place, à partir de juin 2025, la [Spark Alliance](#). Elle rassemble Electra (France), Ionity (Allemagne), Fasned (Pays-Bas et Atlante (Italy) pour former un réseau commun de 1.700 stations et 11.000 points de charge, répartis dans 25 pays européens. Leur carte est utilisable sur les 17000 bornes qu'elles ont en commun ; chacune des sociétés appliquant ses propres tarifs.

Ionity et Electra ont, sur abonnement, des tarifs compétitifs.

<https://www.journaldugeek.com/2025/04/19/voiture-electrique-quatre-geants-de-la-recharge-sallient-en-europe/>

Des compatibilités réseaux de bornes / voitures existent : la borne reconnaît la voiture et facture automatiquement la recharge.

Le prix du KWh est libre et varie selon les fournisseurs (il peut même varier les jours et heures de pointes de trafic ou d'occupation des bornes).

La recharge qui garantit la plus longue durée de vie aux batteries est la recharge journalière à faible puissance (16 A). La durée de vie des batteries est estimée à 18 ans dans la limite du nombre de cycles charge/décharge estimé à 1000 / 3000 cycles selon les technologies (NMC, LFP, ...).

Fonctionnalités des voitures :

PAC : Pompe à chaleur pour chauffer ou refroidir les batteries et l'habitacle (indispensable pour améliorer l'autonomie du véhicule car l'utilisation de résistances électriques consomment trop pour assurer le chauffage)

https://www.frandroid.com/survoltes/voitures-electriques/2492196_voitures-electriques-en-hiver-cette-etude-prouve-a-quel-point-la-pompe-a-chaleur-augmente-lautonomie

V2L : pour brancher un consommateur (grille pain par ex.).

V2H : pour fournir du courant à la maison ; nécessite une borne de recharge bidirectionnelle.

V2G : pour fournir du courant au réseau ; nécessite une borne de recharge bidirectionnelle et un contrat avec le fournisseur d'énergie (permettra au fournisseur d'énergie de constituer une immense batterie avec l'ensemble des voitures connectées pour faire face aux pics de consommation et dimensionner son outil de production d'électricité à la moyenne de consommation de ses clients et non plus aux pics de consommation de ces mêmes clients). Renault et le fournisseur d'énergie «Mobilize » sont pionniers dans cette offre. Toute les Renault sont maintenant V2L et V2G

<https://rouleur-electrique.fr/charge-bidirectionnelle-comment-votre-prochaine-voiture-electrique-pourrait-reduire-votre-facture-de-30/>

<https://www.automobile-propre.com/articles/v2g-chez-renault-voici-la-tres-longue-liste-des-conditions-obligatoires-pour-en-profiter/>

V2X : remplit toutes les fonctionnalités ci-dessus

À l'avenir, l'intégration des voitures électriques dans les [smart grids](#), ces [réseaux électriques décentralisés et intelligents](#), suscite également de grandes attentes. Et pour cause, les batteries des voitures électriques en stationnement se transformeront en autant de moyens de stockage d'électricité, que le réseau pourra ponctionner en cas de pic de consommation.

La voiture électrique est ainsi un chaînon déjà incontournable pour la transition énergétique !

LES COÛTS

LES PRIX D'ACHAT

Les prix évoluent à la baisse avec l'évolution des technologies des batteries, les méthodes de fabrication et le nombre croissant de véhicules construits.

Cette baisse devrait s'accélérer en 2026 avec l'émergence de nouvelles batteries (LFP par ex.), la fiscalité sur les véhicules thermiques (utilisateurs et constructeurs).

<https://www.automobile-propre.com/articles/prix-des-voitures-electriques-en-baisse-ou-en-hausse-on-demele-le-vrai-du-faux/>

Le comparatif VE de «Que Choisir» :

<https://www.quechoisir.org/comparatif-voitures-electriques-n108194/>

L'évolution des prix :

<https://rouleur-electrique.fr/voitures-electriques-abordables-en-2026-la-revolution-silencieuse-qui-va-changer-votre-facon-de-voir-la-mobilite/>

Financement :

- LDD
- LOA (différent de la LDD, il y a transfert de propriété à un organisme de crédit qui peut céder le véhicule)

- Achat et Revente en occasion (perte de valeur liée à l'évolution des technologies des batteries et l'autonomie de plus en plus intéressantes que cela procure aux nouvelles voitures).

LA REVENTE EN OCCASION

La perte financière est importante pour plusieurs raisons :

- la baisse des véhicules neufs ;
- l'évolution rapide des technologies des batteries rend les véhicules obsolètes, les nouveaux véhicules ayant une autonomie plus importante et de meilleures capacités de recharge.

Ce qui rend la LDD ou la LOA compétitive par rapport à l'achat du véhicule.

<https://rouleur-electrique.fr/crise-inedite-sur-la-revente-des-voitures-electriques-les-valeurs-seffondrent-les-proprietaires-paniquent/>

LES COÛTS DE CHARGE

Il est possible de trouver des bornes dont les tarifs sont particulièrement intéressants,

<https://chargeguru.com/fr/fiches-pratiques/trouver-bornes-de-recharge-gratuites/>

mais il faut compter surtout sur la recharge à domicile (3 € pour 100 km) en heures normales et un peu moins en « heures creuses ».

L'usage des bornes VE du réseau commercial peut rapprocher voire dépasser les coûts du thermique.

LES BORNES DE RECHARGE

L'installation d'une borne de recharge n'est pas indispensable. La durée de recharge pour parcourir 100 km est la suivante :

- prise domestique normale 16 A (8 A tirés) : 10 h
- prise renforcée 16 A : 5 h

Les bornes permettent en 32 A (monophasé ou triphasé), une recharge plus rapide, mais il faudra un câblage électrique adapté (10 mm² depuis le tableau électrique) et évaluer l'abonnement ou prévoir un dispositif de délestage dans le tableau électrique. La réglementation exige l'installation par un professionnel agréé IRVE. Des aides peuvent être accordées.

Cependant, le kilométrage moyen d'une voiture étant de 40 km par jour, le temps de sommeil du conducteur peut être suffisant pour se limiter à la prise renforcée, étant entendu que l'autonomie à choisir, pour être confortable, doit couvrir plusieurs jours et que les déplacements exceptionnels peuvent être couverts par des bornes des stations de recharge rapide.

<https://rouleur-electrique.fr/assurance-borne-de-recharge-voiture-electrique-ce-qui-est-vraiment-couvert-en-cas-de-panne/>

LES PANNES

Les VE sont 2 fois plus fiables que les modèles thermiques :

- 4,2 incidents pour 1000 VE
- 10,4 incidents pour 1000 thermiques

La raison : beaucoup moins de pièces en mouvement (moins d'usure)

Les principaux problèmes :

- la batterie 12 volts (50% des pannes) ;
- gestion électronique et système haute tension (18%) ;
- défaillance pneumatique (13%) soumis à rude épreuve (poids et couple) ;
- dysfonctionnement du système électrique (10%) ;
- problèmes de clés et antidémarrage (3%).

Le taux de pannes et les coûts d'entretien rééquilibrent, sur la durée, le surcoût de l'achat.

Cette tendance devrait se confirmer dans les années à venir.

La révolution électrique n'est plus seulement écologique ; elle devient également synonyme de tranquillité d'esprit.

<https://www.caradisiac.com/voitures-electriques-vraiment-moins-cheres-a-entretenir-215294.htm>

LE FUTUR PROCHE

LES BATTERIES DU FUTUR

Batteries semi-solides

Les batteries semi-solides représentent une évolution intermédiaire entre les batteries lithium-ion traditionnelles et les batteries solides. Cette technologie innovante remplace partiellement l'électrolyte liquide par un gel, offrant des avantages considérables :

- densité énergétique de 330 Wh/kg, soit plus du double des batteries LFP. Cette avancée technique permet d'envisager des autonomies supérieures à 800 kilomètres sans augmenter le poids des véhicules.
- Puissance de charge maximale : 3C (la charge complète s'effectue donc en 20 minutes).
- Architecture électrique : 800 volts.
- Capacité : supérieure aux plus grandes capacités actuelles pour un moindre poids.
- Durée de vie : Plus de 4 000 cycles de charge.
- Performance par temps froid : 90% de rétention d'énergie à -20°C
- Une technologie plus sûre et plus abordable (résistance au percement et de cisaillement, arrêt automatique en cas de surchauffe, éliminant pratiquement tout risque d'emballement thermique).

L'aspect économique n'est pas en reste : les coûts de production des batteries semi-solides et solides s'avèrent inférieurs à ceux des batteries NMC et LFP actuelles. Cette réduction des coûts pourrait accélérer la démocratisation des voitures électriques, avec des prix de vente prochainement plus accessibles. Les chaînes de production sont totalement différentes.

Le constructeur automobile **MG**, désormais propriété du géant chinois SAIC, s'apprête à bouleverser le marché des véhicules électriques avec une innovation majeure. L'annonce d'un modèle équipé d'une batterie semi-solide pour 2025 marque une avancée significative dans la démocratisation des technologies de pointe.

Pour plus de détails sur les batteries semi-solides :

<http://fr.fuxintechsz.com/semisolid-state-battery/>

<https://www.01net.com/actualites/stellantis-batterie-solide-quelle-marque-quelle-technologie.html>

Batteries solides

La densité énergétique des batteries solides serait de 400 Wh/kg et, par rapport aux batteries actuelles, les caractéristiques techniques annoncées sont intéressantes :

- Réduction de 50% du volume par rapport aux batteries actuelles.
- Allègement de 35% du poids total.
- Diminution de 25% des coûts de fabrication.
- Capacité de charge ultra-rapide (10 à 15 mn).
- Sécurité renforcée face aux risques d'incendie.
- Durée de vie : 20 ans (selon Samsung) et de 3000 à 5000 cycles de charge
- Moindre sensibilité au froid.

<https://rouleur-electrique.fr/revolution-des-batteries-solides-dodge-lancera-sa-premiere-voiture-electrique-zero-compromis-en-2026/>

https://www.frandroid.com/survoltes/voitures-electriques/2594349_les-batteries-des-prochaines-voitures-electriques-de-stellantis-promettent-beaucoup-mais-un-point-decoit

<https://rouleur-electrique.fr/ces-batteries-solides-sans-anode-pourraient-revolutionner-les-voitures-electriques-des-2025/>

Stellantis incorporera les batteries à l'état semi-solide puis solide dans une première flotte de véhicules en 2026, d'abord en Chine.

<https://www.01net.com/actualites/stellantis-batterie-solide-quelle-marque-quelle-technologie.html>

Les prévisions initiales des experts situaient la commercialisation des batteries solides à l'horizon 2030. Cette technologie pourrait équiper les premiers véhicules de pré-série dès 2025, marquant une accélération intéressante dans l'évolution des voitures électriques pour 2027/2028 avec une baisse de prix de 20 à 30%.

CATL a lancé une préproduction de cellules de densité énergétique de 500Wh/kg.

La mise en production à grande échelle de ces nouvelles batteries représentera un bond technologique considérable. **Elle promet de résoudre les principales préoccupations des utilisateurs : autonomie, temps de charge, performance hivernale et sécurité.**

Mais les avancées technologiques concernent aussi les logiciels et la gestion thermique des batteries, deux aspects fondamentaux pour gagner en efficacité.

D'autres batteries sont en tests, avec pour objectifs :

- trouver, en Europe, les matériaux nécessaires à leur confection
- utiliser des matériaux dont l'extraction est moins nocive pour l'environnement que celle du cobalt, du manganèse ou du nickel.

- Batteries sodium-ion (Na-ion) (160 Wh / Kg, 8000 cycles) : La technologie Sodium Ion a été mise au point dans les années 1970, puis abandonnée face aux batteries lithium-ion. Elle a réémergé à l'été 2021, en particulier chez le fabricant chinois [Contemporary Amperex Technology](#) (CATL), entreprise créée en 2011 et qui en 2021 produisait 32,5 % des batteries pour véhicules électriques. Ces accumulateurs ont une [densité d'énergie](#) plus faible que les accumulateurs lithium-ion, mais ils sont une alternative moins chère, faits de matériaux très abondants partout dans le monde, à moindre impact écologique. Par ailleurs, ils offrent un degré de sécurité plus élevé grâce à des matériaux de cathode moins réactifs, une moindre densité d'énergie de cellule et dans certains cas, d'[électrolytes](#) moins inflammables. Elle n'est pas sensible au froid.

<https://rouleur-electrique.fr/batteries-sodium-ion-catl-revolutionne-lautonomie-des-voitures-electriques-avec-une-promesse-de-500-km/>

- Batteries aluminium-ion (et graphène): pourrait apparaître sur la future Tesla (aluminium-soufre encore plus puissantes).

<https://www.youtube.com/watch?v=1mCHIPEfOSI>

- Batteries sodium-soufre : elles ont fait leur première apparition majeure en **1966** lorsque le constructeur automobile Ford les a présentées aux experts comme une possible source d'énergie pour les voitures électriques.

Des recherches Lithium-soufre sont également en cours.

https://www.frandroid.com/survoltes/2563511_comment-ces-batteries-au-soufre-qui-coutent-seulement-un-tiers-des-batteries-traditionnelles-pourraient-simposer

https://www.frandroid.com/survoltes/2432442_stellantis-investit-dans-la-batterie-lithium-soufre-quest-ce-que-cest-et-pourquoi-ca-pourrait-tout-changer-pour-ses-futures-voitures-electriques

- Batteries Lithium-métal sans anode :

<https://rouleur-electrique.fr/la-batterie-sans-anode-la-revolution-qui-pourrait-offrir-800-km-dautonomie-aux-voitures-electriques/>

- Les batteries au phosphate de fer et manganèse (LMFP) (240 Wh / Kg)
- Les batteries au graphène : conductivité électrique 250 fois supérieure au silicium, temps de recharge inférieur à 15 minutes et une durée de vie estimée à plus de 10 000 cycles de charge
- Les batteries zinc-ion, développées depuis 2011 : forte densité énergétique, voltage constant jusqu'à épuisement qui garantit des performances optimales même avec une charge faible.
- Les batteries lithium-titane (LTP Lithium Titanium Phosphate) : en laboratoire, les chercheurs ont testé des cellules en lithium-titane recouvertes de carbone (C-LTP). L'ensemble a montré des performances de 84% à -10°C.
- Les batteries lithium-air (4 fois plus légères 1 KWh / Kg)

Dans quelques années, des batteries 3 fois plus légères, qui durent plus de 1 million de km et se rechargent en 10 minutes feront partie de notre quotidien.

Plus d'infos :

<https://www.mobeez.fr/actualites/17088/5-000-000-de-kilometres-ces-batteries-dun-nouveau-genre-promettent-une-durabilite-inegalee-meme-dans-les-conditions-les-plus-extremes/>

https://www.frandroid.com/survoltes/voitures-electriques/1568421_voitures-electriques-voici-les-differentes-technologies-de-batteries-sodium-solides-lfp-nmc-nca-et-leurs-avantages

Hybrides

Micro-hybride (MHEV), Hybride classique (HEV) et Hybride rechargeable (PHEV)

En 2024 et pour la première fois de l'histoire, **il s'est vendu davantage d'hybrides que de 100 % thermiques** sur le marché français du neuf : 735 000 immatriculations pour les premières (toutes catégories) contre 692 000 pour les secondes (essence, diesel, GPL, éthanol...).

Micro-hybride (ou hybridation légère -**MHEV**-) : moteur 30 ch maxi, batterie 1 KWh. Pas de gain de consommation mais plus fluide que le « start and stop ». Peut limiter le malus par un gain de quelques grammes de CO2.

Convient pour les gros rouleurs ou conducteurs dynamiques : consommations comparables sur autoroute, inertie supérieure lors des sollicitations, performances en chute après une longue côte (une fois l'énergie stockée dans la batterie consommée).

Hybride normale (ou Full Hybrid ou HEV):

- moteur de 50 à 130 CV permet le roulage en électrique à faible vitesse (< 80 kmh) ;
- batterie de 2/4 kWh, manœuvres en électrique et ensuite en thermique (qui recharge aussi la batterie) et recharges au freinage (gain 1 litre / 100 km)

Ce sont les plus vendues : 35% du marché avec 964 000 unités au 1er trimestre 2025 dans l'UE (+21% des ventes en UE et + 48% en France, + 37% en Espagne).

Avantages

- Consommation faible en ville : 5 l/100 km pour la plupart des modèles.
- Grande douceur de conduite, notamment en milieu urbain.
- Aucune recharge à gérer (récupération d'énergie cinétique).

Inconvénients

- Gains en consommation quasi nuls sur autoroute.
- Transmissions lentes et/ou emballant le moteur thermique lors des sollicitations.
- Performances inconstantes selon le niveau de charge de la batterie.

Pour quels acheteurs ?

Ces [modèles full hybrid](#) sont intéressants en usage urbain et périurbain, où la consommation chute en flèche et la douceur de conduite culmine.

Hybride rechargeable (ou plug-in hybrid ou PHEV)

Techniquement proches des modèles full hybrid, les modèles plug-in hybrid embarquent un moteur électrique encore plus puissant et une batterie nettement plus généreuse.

Cette fois rechargeable sur secteur, cet accumulateur de 5 à 20 KWh autorise une expérience en tout-électrique de 0 à 130 km/h sur des distances allant de 40 km à plus de 100 km selon les modèles et le type de route emprunté

Ventes : 207000 unités au 1er trimestre 2025 (8% du marché UE). 1% de progression.

Recul important des thermiques : - 38% (-48% en 2024). La France en tête des reculs

Avantages

- Consommation d'essence nulle si la batterie est régulièrement rechargée.
- Programmation chauffage/recharge possible, comme sur une voiture électrique.
- Avantages fiscaux pour les entreprises (TVS nettement réduite, amortissement supérieur).

Inconvénients

- Surcoût très élevé à l'achat : 7 000 € d'écart entre des [Kia Niro](#) full hybrid et plug-in hybrid
- Consommation : batterie vide, elle est équivalente voire supérieure à celle d'une thermique ;
- Recharges non rentables sur la plupart des bornes publiques, où le coût de l'énergie dépasse celui de l'essence sur un parcours équivalent (certains modèles peuvent être rechargés en DC 50 KWh).
- Malus au poids depuis le 1er mars 2025

<https://www.caradisiac.com/toutes-les-voitures-hybrides-rechargeables-du-marche-en-2025-215070.htm>

Pour quels acheteurs ?

Ceux qui peuvent recharger à domicile, indispensablement ! Une hybride rechargeable, non rechargée à domicile, consommera plus de carburant qu'un modèle « hybride non rechargeable ». À la clef, de vraies économies à l'usage... tout de même **insuffisantes pour rentabiliser le surcoût** à l'achat (hors acquisition par une entreprise).

Solution alternative, pour les particuliers : se tourner vers le marché de l'occasion, la décote des [hybrides rechargeables](#) (vite démodées par les nouveautés en matière d'autonomie) se montrant supérieure à celles des autres technologies.

<https://rouleur-electrique.fr/hybrids-paralleles-vs-power-split-comprendre-les-differences-qui-font-gagner-a-la-pompe/>

La rechargeable, un défi technique :

<https://rouleur-electrique.fr/pourquoi-fabriquer-une-voiture-hybride-rechargeable-est-un-defi-technique-colossal/>

Bilan : quelle hybride choisir ?

Comme souvent, aucune technologie n'écrase une autre. Le choix se fera en fonction de l'usage de la voiture, exactement comme à l'époque du dilemme entre essence et diesel... En résumé :

- l'hybride léger pour les gros rouleurs (sans gains extra de consommation) ;
- l'hybride classique pour qui roule principalement en milieu urbain et périurbain ;
- l'hybride rechargeable pour qui peut (et veut !) se brancher chez soi.

<https://rouleur-electrique.fr/les-voitures-super-hybrides-la-nouvelle-revolution-qui-va-changer-votre-vision-de-lhybride-rechargeable/>

<https://www.largus.fr/actualite-automobile/voiture-hybride-micro-hybride-ou-rechargeable-quelle-technologie-choisir-30039998.html>

Le projet de Renault : la voiture électrique avec un prolongateur d'énergie à hydrogène et pile à combustible :

<https://www.numerama.com/vroom/1952907-voici-comment-renault-compte-rendre-ses-futures-voitures-electriques-plus-ecologiques.html>

<https://www.autoplus.fr/actualite/renault-embleme-laboratoire-de-design-pour-les-futurs-modeles-au-losange-1376755.html>

Hybride Hyundai :

<https://www.automobile-propre.com/articles/hyundai-renforce-son-offre-sur-lhybride-un-pas-en-arriere-ou-un-pont-vers-le-tout-electrique/>

Le marché de la voiture électrique se développe ; l'offre ne cesse de s'étendre, alors que tous les constructeurs passent de gré ou de force à cette motorisation qui sera la seule autorisée à la vente en Europe à partir de 2035. Cependant, elle suscite encore quelques craintes pour de nombreux automobilistes.

Outre le prix, qui reste encore un élément dissuasif, ces derniers ont aussi surtout peur de se retrouver à court d'autonomie. Une inquiétude qui est cependant de moins en moins fondée, grâce au développement du réseau de bornes de recharge, et aux innovations des constructeurs. Aujourd'hui, vouloir parcourir de très longues distances en une seule charge n'est donc plus vraiment pertinent. Mais pour certains, cela n'est pas encore suffisant. Et voilà qu'une poignée de marques a fait le choix d'une technologie très intéressante sur le papier.

Le prolongateur d'autonomie.

Cette solution existe depuis de nombreuses années, puisque l'on se rappelle notamment de la BMW i3 qui en profitait, entre autres. Quelques constructeurs y ont encore recours, comme Mazda avec son MX-30 EREV ou encore Leapmotor et son C10 REEV récemment dévoilé. Et voilà que c'est désormais au tour de Volkswagen d'envisager l'utilisation de cette technologie sur ses voitures électriques en Europe comme l'ID.4 et la berline ID.7.

Le prolongateur d'autonomie prend la forme d'un petit moteur thermique, qui est chargé de jouer le rôle de générateur. Contrairement à une voiture hybride, **il n'est pas relié aux roues**, mais sert uniquement à recharger la batterie. Ce qui permet de rouler plus loin, sans avoir besoin de se recharger. Le tout avec un bloc essence plus petit que sur un modèle PHEV par exemple.

La batterie rechargeable de 20/30 KWh permet 100/140 km en autonomie électrique.

Des limites à connaître

Il est en théorie possible de parcourir plus de 1 000 kilomètres en une seule charge sans aucun souci. Sur le papier, cette technologie est donc particulièrement alléchante, surtout que la consommation est moins élevée que sur une voiture hybride, en raison d'un poids réduit. Néanmoins, tout n'est pas parfait non plus, loin de là. Et cela à cause des réglementations.

- En effet, une auto dotée d'un prolongateur d'autonomie n'est plus considérée comme une voiture électrique en France. Ce qui fait qu'elle ne sera pas éligible au bonus écologique.
- Elle écope également d'un malus au poids, qui est de l'ordre de 10 euros par kilo supplémentaire à partir de 1,6 tonne. Ainsi, le SUV de Leapmotor doit s'acquitter d'une taxe de 2 390 euros.
- L'Europe considère en revanche ces voitures comme des modèles électriques. De ce fait, celles qui sont produites en Chine sont soumises à des droits de douane élevés.
- La complexité accrue de la motorisation augmentera les coûts d'entretien.

Video leapmotor : <https://youtu.be/YsT2xOEnNVk?si=oKts51DGJWW3awYI>

Essai : https://www.frandroid.com/survoltes/voitures-electriques/2562775_essai-leapmotor-c10-reev-du-reve-a-la-realite

https://www.frandroid.com/survoltes/voitures-electriques/2556581_voitures-electriques-a-prolongateur-dautonomie-reev-erev-tout-savoir-sur-cette-technologie

CONCLUSION

Les limites actuelles des voitures électrique sont liées à :

- la capacité des batteries (Wh/Kg) ;
- l'influence des températures sur leur fonctionnement (froid <12° et chaud > 25°).

Il est donc important de :

- bien analyser le besoin de déplacement, au regard des contraintes actuelles, que devra couvrir le véhicule électrique (véhicule principal ou pas, remplacement urgent ou pas, etc.) ;
- bien regarder dans quel rayon auront lieu les trajets quotidiens pour un rechargement au domicile, d'une part et quelle est la fréquence des trajets exceptionnels (sur ces parcours les stations de recharge seront de plus en plus nombreuses au fil des années), d'autre part ;
- étudier les possibilités de recharge (en ville, en appartement : probablement très difficile).

En cas de non possibilité de recharge à domicile, il faut bien s'assurer que recharger la batterie ne deviendra pas, dans la durée, une contrainte trop forte.

Si la réflexion est correcte, le retour au thermique est rare.

Il faut également prendre en compte les conséquences de l'évolution rapide des technologies, notamment pour la revente :

<https://rouleur-electrique.fr/pourquoi-jevite-dacheter-les-nouveaux-modeles-electriques-le-piege-des-mises-a-jour-precoces/>

Les utilisateurs satisfaits de leur achat sont nombreux :

<https://rouleur-electrique.fr/94-des-conducteurs-de-voitures-electriques-ne-reviendraient-jamais-au-thermique-leurs-raisons-vont-vous-surprendre/>

mais, il y aura peut-être des cas où il sera plutôt « urgent » d'attendre 1 an ou 2 ! Le temps que :

- l'autonomie des VE soit plus importante, notamment avec l'absence de la sensibilité au froid des nouvelles batteries (et également une densité énergétique -Wh/Kg- améliorée).
- l'architecture 800 volts se développe (les VE 800 volts ne peuvent pas être rechargés sur les bornes courant continu 400 volts ; le contraire : oui).

S'il vous reste du temps :

<https://www.nouvelr-energie.com/br/comparaison-voiture-electrique-thermique>

Des sites Web intéressants :

- Rouleur Électrique (articles de Philippe Moureau, Alexandra Dujonc, Albert Lecoq).
- Automobile propre.

L'hydrogène

La production et le stockage d'hydrogène pour sa conversion en électricité.

Dans l'industrie de nombreuses solutions existent pour produire de l'hydrogène. Le présent document ne concerne que la production individuelle réalisable à partir de l'électrolyse de l'eau : c'est l'**hydrogène « vert »**.

Cette méthode d'électrolyse a été inventée en 1807.

En théorie, il faut 9 litres d'eau pure pour produire 1 kg d'hydrogène. En pratique, il en faut entre 20 et 30 pour compenser les pertes liées à l'impureté de l'eau et au mauvais rendement des conversions. L'hydrogène peut aussi être produit à partir de l'eau de mer mais plus complexe (désalinisation).

1 Kg d'hydrogène occupe un volume de 11 m³. Sur les voitures à hydrogène il est comprimé à 700 bars et occupe un volume de 24 litres. En hydrogène liquide (-253°), le volume serait de 14 litres. L'hydrogène peut être stocké dans des métaux (1 réservoir d'Hydrures de 60 kg peut stocker 1 kg

d'hydrogène) ou des liquides.

Un véhicule électrique consomme 1 kg d'hydrogène aux 100 km.

En 2024 le prix de vente d'un kg d'hydrogène est de 10 à 12 €. Le coût des processus industriels devrait diminuer dans les années à venir et faire baisser significativement le prix de l'hydrogène pour le rendre concurrentiel par rapport aux autres sources d'énergie.

En processus domestique (à partir de l'eau froide), la production par électrolyse est coûteuse en énergie. Il faut 55 KWh d'électricité pour produire 1 kg d'hydrogène, le stocker à 60 bars et le convertir en 100 km de voiture électrique actuelle (une voiture électrique consomme 15 KWh de batterie aux 100 km).

Les voitures alimentées en hydrogène sont équipées d'une pile à combustible (PAC) qui convertit l'hydrogène en électricité. Le rendement énergétique global de ce type de voiture est de 40 à 50% ; celui des voitures thermiques actuelles est d'environ 60%. Une voiture à hydrogène coûte au minimum 75000 € (Hyundai, Toyota par exemple)

Il existera prochainement des voitures à combustion directe d'hydrogène.

La part des énergies renouvelables dans le mix énergétique global a vocation à augmenter.

L'intermittence de leur production nécessite de s'intéresser à leur stockage, afin de lisser les capacités de production électrique avec les besoins en électricité des consommateurs.

En effet, les panneaux solaires ou les éoliennes par exemple produisent souvent de l'électricité lorsque les consommateurs en ont le moins besoin.

A l'inverse, en fin de journée ou en hiver, les capacités de productions sont souvent insuffisantes pour faire face aux besoins et aux pics de consommation.

Il existe des technologies batteries qui ont déjà prouvé leur capacité pour le stockage à court terme, journalier notamment.

Cependant, lorsque le besoin en autonomie est important, où lorsque le surplus d'énergie est conséquent, l'hydrogène prend tout son sens pour sa grande capacité de stockage.

Cela nécessite l'utilisation d'un électrolyseur, comme celui de la société Mahytec (rachetée par Hensoldt) par exemple. Cet équipement permet :

- de produire de l'hydrogène à partir de l'eau (électrolyse),
- de le stocker,
- de produire du courant avec sa pile à combustible.

Ainsi, une partie du surplus des énergies renouvelables est transformée en hydrogène puis redistribuée, lorsque la consommation est trop importante pour être assurée momentanément par les énergies renouvelables.

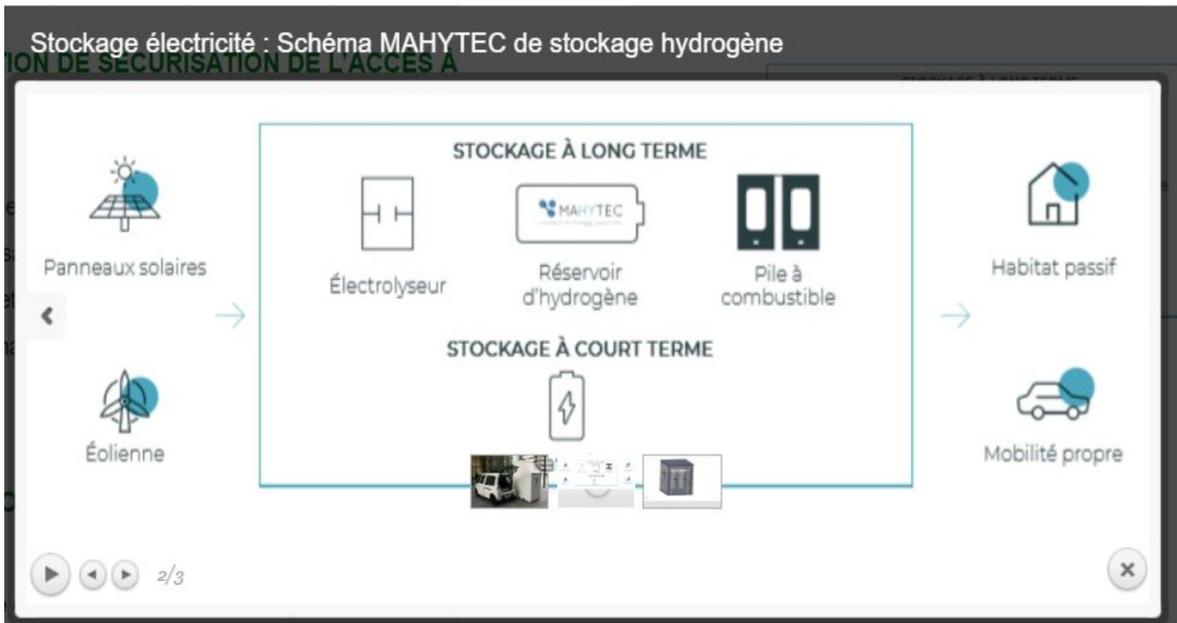
Pour un usage local : chaudière de chauffage central à hydrogène (ou mixte avec un autre carburant) ou alimentation en énergie électrique du domicile par exemple, le volume du réservoir de stockage de l'hydrogène peut être important car il est fixe.

Cependant, pour un usage sur une voiture à hydrogène il faut compresser l'hydrogène à 700 bars pour réduire le volume à quelques dizaines de litres. L'électrolyseur précité ne compresse qu'à 60 bars. Or, la compression à 700 bars nécessite 16 étages de compression (16 pompes en série par ex.) pour que l'autonomie du véhicule soit correcte.

Les véhicules à hydrogène ne permettent pas de lutter contre la pollution en CO2 puisque, en France, 94% de la production d'hydrogène provient de ressources fossiles telles que le pétrole, le gaz naturel et le charbon (c'est l'**hydrogène « gris »**)

En conclusion, à court terme, pour les véhicules à hydrogène, la production d'hydrogène à domicile est à observer essentiellement en « veille technologique ».

Pour les véhicules électriques, un stockage à domicile d'hydrogène permettrait de les recharger, mais les électrolyseurs actuels ne produisent pas un prix du KWh compétitif, comparé à celui d'EDF par ex.



Capacité de stockage :

- 120 KWh en hydrogène en long terme et
- 30 KWh sur batterie à court terme.