

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 75 (1984)

Heft: 18

Artikel: Aspects écologiques, énergétiques et économiques des véhicules électriques en Suisse

Autor: Payot, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-904472>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

den auch Versuchs Batterien eingesetzt.

Die Steuerung mit dem elektronischen Steueraggregat bot praktisch keine Schwierigkeiten. Etwas mehr Störungen traten an der Defroster- und Heizungsanlage auf, einer Benzinheizung.

Besonders sorgfältig wurden während des Versuchsbetriebes der Energieverbrauch und die Betriebskosten verfolgt. Die Ladegeräte waren über Energiezähler angeschlossen. Danach

errechnete sich im Mittel ein Energieverbrauch von 0,512 kWh/km. Für 100 km ergibt dies ungefähr 52 kWh, was bei einem angenommenen Strompreis von 10 Rp./kWh Fr. 5.20 Energiekosten ergibt.

Ein thermisch betriebenes Fahrzeug von dieser Grösse benötigt etwa 15 l Benzin für 100 km. Bei einem Benzinpreis von Fr. 1.20/Liter ergibt dies für 100 km Betriebskosten von Fr. 18.-. Die Betriebskosten für ein Elektromo-

bil betragen somit ungefähr ein Drittel derjenigen eines normalen Fahrzeuges, wenn die Batterie nicht mit eingerechnet wird.

Der Elektrotransporter lässt sich auch heute schon ohne weiteres im Güternahverkehr einsetzen. Um konkurrenzfähig zu sein, sollten die Anschaffungskosten für Fahrzeug und Batterien um etwa die Hälfte reduziert und die Antriebsbatterietechnik verbessert werden.

Aspects écologiques, énergétiques et économiques des véhicules électriques en Suisse

H. Payot

Bien que, par rapport aux autres nations, la Suisse possède un parc de trolleybus relativement étendu, le nombre de véhicules électriques routiers est toutefois, au total, très modeste dans notre pays. Face à de grands avantages, à savoir l'absence de bruit et d'émissions, le véhicule électrique présente encore aujourd'hui des désavantages comme son prix élevé, sa charge utile limitée et son rayon d'action (pour les véhicules à batteries). Dans l'avenir, les véhicules électriques routiers auront un rôle important à jouer principalement dans les cas où on attachera une importance particulière à la limitation de la pollution et du bruit. Plus on attachera d'importance à ces objectifs, notamment au niveau politique, plus grandes seront les chances des véhicules électriques.

Obwohl im internationalen Vergleich Trolleybusse in der Schweiz recht verbreitet sind, ist die Zahl der elektrischen Strassenfahrzeuge im Land insgesamt sehr bescheiden. Den grossen Vorteilen des Elektrofahrzeuges, nämlich seiner Lärm- und Emissionsfreiheit, stehen heute noch seine Nachteile wie hoher Preis, begrenzte Nutzlast und Reichweite (bei Batteriebetrieb) gegenüber. In Zukunft werden elektrische Strassenfahrzeuge vor allem dort eine bedeutende Rolle spielen, wo man besonderen Wert auf Abgasfreiheit und Ruhe legt. Je mehr Gewicht diesen Zielen auch auf der politischen Ebene beigemessen wird, desto grösser sind die Chancen des Elektrofahrzeuges.

Adresse de l'auteur

Henri Payot, Président de l'ASVER (Association Suisse du Véhicule Electrique Routier), Directeur, Société Romande d'Electricité, 1815 Claren

1. Préambule

Avant d'aborder les commentaires généraux, sur les divers aspects du véhicule électrique, il est bon de fixer quelques points de repères, sur l'ensemble de la «population» des véhicules électriques (non ferroviaires), cet inventaire étant basé sur des valeurs estimatives ou statistiques suivant les cas.

1.1 Véhicules électriques non routiers

Il s'agit de véhicules électriques sans plaques ne faisant pas l'objet de statistiques officielles (ni à notre connaissance d'autres statistiques publiées) d'où l'estimation suivante basée sur des recoupements.

Compositions: dans cette catégorie nombreuse et hétérogène il y a principalement des chariots de manutention et de levage, y compris une foule de petits chariots à moteurs d'usines.

Effectif total: environ 25 000 véhicules.

1.2 Véhicules électriques routiers

Véhicules immatriculés (avec plaques) et définis selon les catégories légales (O.C.E. 3.3)

| | |
|--|----------------|
| Composition: | |
| Voitures de tourisme | 67 véhicules |
| Voitures de livraison et camions | 95 véhicules |
| Tracteurs | 4 véhicules |
| Chariots à moteur et machines de travail | 2772 véhicules |
| Total pour la Suisse | 2938 véhicules |

1.3 Trolleybus

Effectif des réseaux des villes principales:

| | |
|----------|----------------|
| Lausanne | 110 trolleybus |
| Zurich | 75 trolleybus |
| Genève | 74 trolleybus |
| Lucerne | 67 trolleybus |

Effectif total pour la Suisse: 626 trolleybus et 91 remorques.

Types de véhicules:

- Voiture à 2 essieux/3 portes: simple
- Voiture à 3 essieux/3 portes: tracteur
- Voiture à 3 essieux/4 portes: articulée

Source d'information sur points 1.1 à 1.3: Rapports ASVER 1983 et 1984.

2. Aspects écologiques

L'opinion publique suisse a été fortement sensibilisée, par le biais du problème du dépérissement des forêts, à la pollution atmosphérique. Actuellement un vif débat, voire une polémique, est engagée sur l'impact et la proportion des dégâts à imputer effectivement aux gaz d'échappement émis par la circulation des véhicules à moteurs thermiques, comparativement aux effets des autres agents majeurs de la pollution de l'air, notamment les émissions de fumées industrielles et celles résultant du chauffage des immeubles et des habitations.

2.1 Comparaison entre véhicule électrique routier et véhicule routier conventionnel

Lorsque l'on veut faire une comparaison entre le véhicule électrique et les autres véhicules, pour que l'analyse soit significative, il ne faut pas considérer le véhicule électrique comme une simple variante du véhicule routier à moteur thermique, mais faire un bilan global équitable des avantages et des inconvénients respectifs.

On a beau jeu de reprocher au véhicule électrique à batteries ses faiblesses (prix d'achat élevé et limitations importantes de la charge utile et du rayon d'action) si l'on ne tient pas compte ou que l'on minimise ses avantages spécifiques principaux (silence et absence de pollution). Une autre façon de fausser la comparaison, c'est de placer le véhicule électrique sur le terrain exclusif et dominant du véhicule routier conventionnel. Par exemple si l'on considère uniquement comme domaine d'application la circulation urbaine à forte densité, donc bruyante et polluante, il est clair que les conditions d'utilisation d'une petite flotte de véhicules électriques (de livraison ou de messagerie) noyée dans le nombre des véhicules routiers conventionnels à essence sera sans effets sur le degré de nuisance, et il sera difficile dans ce cas de justifier un supplément de coût par de moindres performances (charge utile et rayon d'action).

Schématiquement on peut dire que les créneaux d'utilisation rationnelle des véhicules électriques actuels se limitent aux cas où, pour un surcoût acceptable (investissement et coût kilométrique), il y aura un intérêt écologique (ou autre) à utiliser des véhicules sur une part ou la totalité de leurs parcours.

2.2 Incidence du nombre de véhicules électriques routiers en circulation

- *Transports publics urbains/trolleybus*: Parmi les pays occidentaux, la Suisse a proportionnellement déjà une forte dotation en trolleybus (voir 1.3) mais il serait techniquement possible (et sans inconvénients économiques notables dans une optique à long terme) de leur donner une plus grande «priorité» par rapport aux bus pour des lignes à fort et moyen trafic. D'ailleurs, il faut relever que l'opinion publique citadine et les usagers, lorsqu'on les consulte, sont souvent très favorables au trolleybus comme l'ont montré des en-

quêtes et par le passé un référendum fameux à Berne en 1971.

- *Véhicules bi-mode*: Il s'agit de type de véhicules nouveaux (généralement articulés) à double traction électrique et diesel, fonctionnant en mode trolleybus en région urbaine et en mode bus sur les trajets périurbains. Ces types de véhicules ont été expérimentés avec succès notamment aux USA et en France, mais ne sont pas encore utilisés en Suisse, où on en est pour l'instant aux études préliminaires d'évaluations.

- *Véhicules électriques routiers à batteries*: Compte tenu de leur nombre infime, même si par hypothèse on envisageait un décuplement de leur effectif, ceci resterait sans effet mesurable sur le bruit et la pollution du trafic urbain dans les zones à forte circulation. Est-ce à dire qu'un accroissement important de ce type de véhicule ne présente aucun intérêt sérieux du point de vue écologique? Certainement pas, si l'on considère quelques applications particulières, par exemple la desserte de zones protégées, ou réservées, voire à certaines conditions, des zones piétonnes. Sans faire preuve d'un optimisme exagéré, on peut penser que l'existence même d'un parc de véhicules électriques routiers diversifié ayant fait ses preuves contribuerait indirectement à promouvoir l'extension du nombre et de la surface des zones protégées, dans les centres-villes, ainsi que dans des zones résidentielles.

Pour arriver à l'objectif de dépollution, un appui important des pouvoirs publics est indispensable. Or aujourd'hui, il est quasiment nul.

Le canton du Valais, malgré son relief accentué et la dispersion relative de sa population a le plus fort contingent de véhicules électriques routiers de Suisse, avant Zurich. Cette particularité s'expliquant simplement par les cas des stations de Zermatt et de Saas-Fee.

A Zermatt par exemple, sur une part importante du territoire communal, il y a une interdiction quasi totale de circulation aux véhicules à essence ou diesel.

L'accès n'est en principe possible que par le train et le transport de personnes et de choses est assuré, dans la localité et aux alentours, par une flotte de plus de 200 véhicules électriques dont la vitesse réglementaire est limitée à 20 km/h et seuls les véhicules électriques à gabarits étroits sont auto-

risés. Ces petits véhicules électriques s'intègrent beaucoup mieux à la circulation piétonnière, très dense en haute saison, que les voitures automobiles à essence ou diesel, polluantes et dangereuses par leur vitesse, encombrantes et trop exigeantes en surface de circulation et de parcage. Dans l'ensemble cette expérience s'est révélée positive, très appréciée des touristes. Son exemple a inspiré d'autres stations de montagne du canton (Grächen, Bettmeralp, Riederalp) et il est même question d'autres applications du même type mais à moindre échelle pour d'autres stations hors du Valais, notamment dans l'Oberland bernois.

Sur l'ensemble du territoire, les incidences écologiques d'une forte augmentation du parc des véhicules électriques routiers actuel ne seraient pas perceptibles. Cette augmentation permettrait par contre, ponctuellement en zone urbaine et résidentielle, de réaliser des améliorations notables pour la desserte de zones protégées par des interdictions ou restrictions de circulation. De même que pour d'autres domaines tels que les transports publics, la création et l'extension de lignes de trolleybus ou de véhicules «bi-mode» remplaçant des lignes de bus à grand trafic contribueraient efficacement à une diminution effective du niveau des puissances. Seules des mesures générales plus radicales telles que par exemple le projet d'introduction de catalyseurs ou l'interdiction de circuler à des véhicules polluants, permettraient d'arriver à de premiers résultats concrets, mesurables et permanents en zone urbaine.

3. Aspects énergétiques

3.1 Stockage de l'énergie

Le problème du stockage de l'énergie électrique n'a toujours pas été résolu de façon satisfaisante, ni en général, ni pour les véhicules en particulier. A l'heure actuelle la solution la moins mauvaise, ou si l'on préfère le compromis (compromis entre les paramètres: prix, densité énergétique et durée de vie) le plus acceptable, est encore et toujours réalisé, comme au début de l'histoire de l'automobile par la très «vénérable» batterie électrochimique au plomb.

3.2 Rendements internes d'un véhicule électrique routier à batteries

Si l'on considère le flux d'énergie qui parcourt le système de traction

| Phase | Processus (ou état) | Energie | Rendement | Dissipations |
|--------------------|-------------------------------|---------|-----------|--------------|
| 1. | Energie à la prise de courant | 100% | - | - |
| 2. | Charge de la batterie | 90% | 90% | 10% |
| 3. | Décharge à la batterie | 67% | 75% | 23% |
| 4. | Système de contrôle et moteur | 55% | 82% | 12% |
| 5. | Transmission | 52% | 94% | 3% |
| Dissipation finale | | | | |
| | - Freins | | | 16% |
| | - Pneus | | | 21% |
| | - Résistance de l'air | | | 15% |

Source: Suedish Report 320 - 1983

d'un véhicule électrique, depuis la charge de la batterie jusqu'à la rotation des roues, et la dissipation finale en frottements divers, roulage et résistance de l'air, on a respectivement (en valeur moyenne) la succession des transformations et rendements illustrés en tableau I.

3.3 Véhicules électriques routiers et consommation d'énergie

Mieux que des commentaires, une estimation sommaire de la consommation annuelle en kWh de l'effectif actuel des véhicules électriques routiers à batteries, et une projection de consommation à cinq ans, dans l'hypothèse optimiste d'un triplement d'effectif (faible au départ) permettent de mieux fixer les idées, quand à l'incidence éventuelle des véhicules électriques routiers sur:

- des possibilités d'économie de pétrole;
- un effet favorable éventuel sur les répartitions de charge.

L'effectif actuel des véhicules électriques routiers est d'environ 3000 véhicules. La consommation moyenne est estimée à 6 kWh sur 200 jours par an, soit une consommation globale d'environ 3,6 millions de kWh.

Si d'ici 5 ans il y a triplement du très faible effectif actuel, la consommation globale sera comprise entre 9 à 12 millions de kWh.

Remarque: on peut encore, bien entendu, multiplier ces valeurs par divers coefficients pour tenir compte de l'ensemble des véhicules électriques non routiers non immatriculés (ensemble des engins et chariots de manutention). Mais le fait demeure, dans son ordre de grandeur. Il n'y aura pas une croissance importante des véhicules électriques routiers et de variations notables répercutées sur le réseau de distribu-

tion ni a fortiori de modifications des prévisions énergétiques importantes. Le cas de conflit ou de crise réservé.

4. Aspects économiques

Nous considérerons ici seulement les véhicules électriques routiers, et dans cette catégorie d'abord et principalement, les véhicules électriques à batteries qui en constituent la quasi totalité. Secondairement, dans la catégorie des véhicules électriques de transports publics nous nous limiterons à quelques remarques sur les trolleybus. Nous n'aborderons pas dans cette partie les cas des véhicules spéciaux, des hybrides et des bus bi-mode.

4.1 Investissements, prix d'achat

Schématiquement, l'on peut dire que sans tenir compte du prix de la batterie de traction, le prix d'un véhicule électrique construit en très grande série est finalement à peu près équivalent à celui d'un véhicule à moteur thermique. Mais cela revient aussi à dire que, malheureusement, compte tenu à la fois des conditions spécifiques du marché suisse (qui imposent de très petites séries) et du prix actuel élevé des batteries de traction, on obtient finalement (par un calcul réaliste et sans marge bénéficiaire abusive du fabricant) un prix de vente client deux à trois fois supérieur à celui d'un véhicule à essence, avec toujours évidemment des performances inférieures, en charge utile et en rayon d'action.

Remarque 1: A première vue, une solution partielle du problème consisterait à utiliser le châssis et la carrosserie d'un véhicule classique construit en très grande série, et à en faire une version électrique. En réalité, le problème est plus complexe car, ce que l'on peut

effectivement gagner sur le prix du véhicule électrique routier (si «l'opération chirurgicale» est réussie) se trouve finalement compensé et même dépassé par la hausse cumulée des frais d'exploitation. Avec un véhicule transformé, l'optimisation technique ne peut pas être très poussée. Sans entrer dans les détails, mentionnons simplement que c'est pour des raisons similaires que les trolleybus ne sont pas des versions transformées (électrifiées) de bus.

Remarque 2: Les ordres de grandeur précédemment mentionnés se rapportent à des véhicules électriques routiers urbains d'un poids à vide (batteries incluses) égal ou supérieur à 1000 kg, et ayant une vitesse de pointe au moins égale à 60 km/h.

4.2 Coûts d'exploitation

Prix de l'énergie: il n'y a pas lieu ici de faire des digressions sur le prix du kWh en Suisse. Le sujet ayant été traité en détails dans d'autres articles, rappelons simplement que ce prix varie en Suisse assez considérablement (et en proportion, beaucoup plus, que le prix des carburants fossiles) en fonction notamment du lieu géographique, de la saison et de l'heure de charge, de la catégorie d'abonné, etc. En général, en ce qui concerne le cas des véhicules électriques routiers, le prix de l'énergie «à la prise» sous forme de kWh reste très inférieur à son équivalent énergétique distribué «à la pompe» sous forme de carburant. Malheureusement la comparaison s'arrête là, car il faut ajouter aux frais de l'énergie, pour un montant équivalent ou supérieur, les frais de «stockage», ceci sous forme d'amortissement du prix de la batterie dont la durée de vie (deux à cinq ans suivant le régime d'utilisation) est très inférieure à celle du véhicule.

4.3 Entretien, contrôles et réparations

Mis à part les contrôles réguliers de la charge de la batterie et du niveau d'eau distillée, les autres éléments spécifiques au véhicule électrique routier soit moteur de traction et éléments de contrôle, électronique de puissance, etc., sont très fiables et nécessitent moins de «services» que les moteurs thermiques. Par contre, le poids moyen étant plus élevé en raison des batteries, les pneus et les freins sont plus sollicités.

4.4 Amortissement du prix du véhicule électrique routier

Les véhicules de gabarit «moyen» compensent plus difficilement que les véhicules lourds leur prix d'achat élevé par un accroissement éventuel de leur durée de vie (compensation, de toute façon partielle) et, sans entrer dans le détail du calcul, on peut donc admettre une charge d'amortissement systématiquement plus élevée pour les véhicules électriques routiers comparativement aux véhicules routiers conventionnels (thermiques). D'autre part, rappelons que dans le parc suisse des véhicules électriques routiers, la part des véhicules électriques routiers lourds est insignifiante.

5. Conclusions provisoires

Le véhicule électrique routier en l'état actuel ne peut compenser son prix d'achat élevé par une diminution de son coût d'exploitation, même si le poste «énergie» considéré pour lui-même est inférieur.

Le choix de l'achat de véhicules électriques routiers devra donc se décider de cas en cas, en comparant d'une part les écarts sur le coût d'investissement et les frais d'exploitation avec, d'autre part, une prise en compte des avantages spécifiques du véhicule électrique routier, chiffrables ou non (pollution, énergie, bruit).

5.1 Cas des stations de montagne

Le cas d'utilisation à Zermatt de véhicules électriques routiers est également exemplaire du point de vue économique suite aux décisions d'interdiction de circulation aux véhicules routiers conventionnels. Cela a nécessité pour assurer une desserte suffisante de la station l'achat progressif d'une flotte de plusieurs centaines de véhicules routiers conventionnels lents de petits gabarits qui ont coûté en moyenne deux à trois fois le prix d'une voiture ordinaire.

Qui aujourd'hui conteste le coût de cet important investissement ou les coûts d'exploitation plus élevés des véhicules électriques routiers?

Outre des intérêts écologiques évidents, il est sûr que les retombées commerciales pour l'économie locale sont telles que l'opération est non seulement bénéficiaire, mais continuera à rapporter longtemps. Zermatt y a gagné en plus un accroissement de son pouvoir attractif auprès des touristes, une originalité et un surcroît de renommée.

5.2 Trolleybus

Dans sa concurrence avec le bus, le trolleybus a en zone urbaine pour les lignes à grand trafic de gros atouts, même sans invoquer des avantages écologiques importants, il est économiquement très concurrentiel, même s'il nécessite au départ de plus gros investissements. Actuellement, en Suisse, de gros efforts d'études et d'analyses comparatives sont en cours sur les plans publics et privés qui fourniront lors de leurs prochaines publications des données comparatives complètes et actualisées fort intéressantes.