

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 101 (2010)
Heft: 2

Artikel: Déploiement massif de véhicules électriques à l'horizon 2020
Autor: Méan, Philippe / Studer, Christoph / Gerbex, Stéphane
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856047>

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: 19.03.2025

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

Déploiement massif de véhicules électriques à l'horizon 2020

Evaluation des infrastructures de recharge nécessaires

Le remplacement d'ici à 2020 de 15 % des voitures suisses par des véhicules électriques permettrait de contribuer efficacement à la réduction des émissions de CO₂. Afin d'évaluer l'impact d'une telle mesure sur la production et la distribution d'électricité, Alpiq a mené une étude intitulée « Vision 2020 ». Basée sur une caractérisation des acquéreurs de véhicules électriques, cette étude a permis d'estimer le nombre, le type et la localisation des infrastructures de recharge nécessaires à cette mutation.

Philippe Méan, Christoph Studer, Stéphane Gerbex

Avec une production indigène quasi exempte de CO₂ et renouvelable à 55 %, l'électricité suisse offre une solution efficace pour atteindre les objectifs climatiques du pays, en particulier dans le secteur des transports individuels. En raison de la qualité de sa production électrique et de la densité de son parc automobile, la Suisse représente en effet en Europe un marché idéal pour le déploiement des véhicules électriques (VEs). Alpiq a donc examiné la pénétration du marché suisse des véhicules électriques dans une étude intitulée « Vision 2020 » [1].

Vision 2020: se préparer pour l'avenir

L'étude d'Alpiq Vision 2020 montre que si 15 % des voitures suisses, soit 720 000 unités, sont remplacées par des VEs à l'horizon 2020, les émissions de CO₂ du trafic routier privé diminueront de près de 10 %, soit de 1,2 mio. t CO₂/an. Pour comparaison, ce chiffre représente environ 10 % des objectifs de réduction des gaz à effet de serre (GES) que la Suisse a souscrits à Copenhague, objectifs équivalant à une réduction de nos émissions de GES de 20 %, c'est-à-dire de 10,5 mio. t CO₂/an. C'est une contribution très significative à la protection du climat.

Sur le plan énergétique, la réalisation de la Vision 2020 conduira d'une part à une faible hausse de la consommation d'électricité, de l'ordre de 1,2–1,7 TWh, soit seulement 1,8–2,6 % de la production

suisse en 2007 qui s'élevait à 65,9 TWh. D'autre part, elle induira un appel de puissance de l'ordre de 1,3 GW durant les heures creuses, en admettant que 50 % des véhicules du parc se rechargent simultanément et qu'il n'y ait aucune atténuation liée aux nouvelles fonctionnalités du réseau (réseau actif ou smart grid).

Le rôle des entreprises électriques est de fournir et distribuer l'électricité des stations de recharge des VEs à partir du réseau existant. La branche électrique, et notamment les 900 distributeurs suisses, ont par conséquent un rôle prépondérant à jouer pour l'intégration de l'infrastructure de recharge dans le réseau, d'où l'importance pour la branche électrique de caractériser cette infrastructure.

Conditions et hypothèses préalables

La Vision 2020 n'est pas une prévision, mais un scénario qui dépend de trois conditions :

- Réduire les émissions polluantes du trafic routier, diminuer les nuisances sonores et protéger le climat sont des choix de société. Pour que l'acquéreur d'un véhicule électrique s'y retrouve, il faut que ces décisions politiques soient valorisées d'une manière ou d'une autre.
- Les fabricants de VEs doivent produire des véhicules attractifs et concurrentiels, et les mettre à disposition du marché suisse.
- L'infrastructure de recharge des batteries des VEs se greffera sur le réseau électrique existant. Il convient de vérifier que ce processus se fasse de manière optimale sans générer des coûts d'infrastructure excessifs.

Dans la Vision 2020, 4/5 des VEs sont des véhicules hybrides rechargeables (Plug-in Hybrid Vehicles ou PHEVs), et 1/5 des véhicules 100 % électriques (Battery Electric Vehicles ou BEVs) (figure 1).

Les BEVs ont une batterie électrique de l'ordre de 20 kWh, suffisante pour donner à un véhicule de classe moyenne (classe C, 4 places, 1200 kg) un rayon d'action garanti d'environ 120 km en propulsion tout électrique. Les PHEVs ont pour leur part un kilométrage plus réduit en tout électrique, mais sont équipés d'un

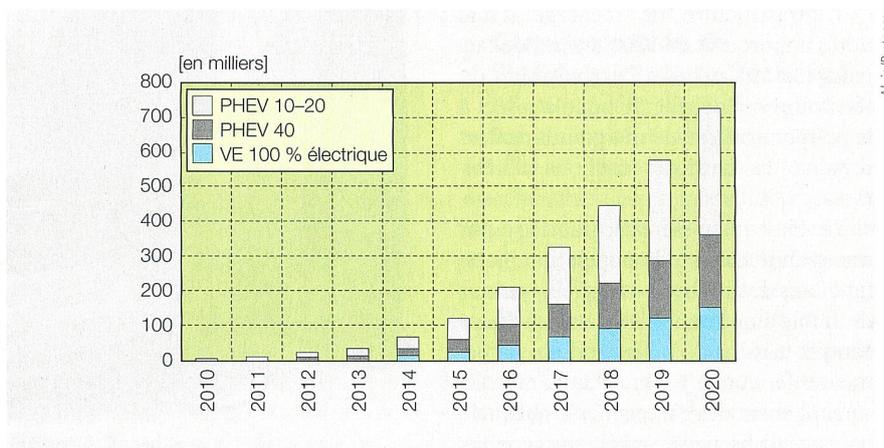


Figure 1 Véhicules électriques cumulés selon la Vision 2020.

générateur électrique d'appoint (range extender) pour augmenter leur rayon d'action. Les PHEVs 10-20 sont des hybrides rechargeables pouvant parcourir 10-20 miles en tout électrique (soit 15-30 km) avec une batterie de 2,5-5 kWh, respectivement 40 miles (soit 60 km) avec une batterie de 10 kWh pour les PHEVs 40. A titre de comparaison, le kilométrage moyen journalier des véhicules de tourisme est en Suisse de l'ordre de 13500 km/an [2] ou 37 km/jour. Les PHEVs roulent donc la plupart du temps en tout électrique.

La répartition entre PHEV et BEV résulte d'une enquête réalisée auprès des principaux constructeurs fin 2008 [3]. Il s'agit d'une estimation pour la Suisse susceptible d'être révisée en fonction des VE effectivement mis en vente en Suisse et de la réponse du marché.

Facteurs déterminant l'infrastructure de recharge

L'infrastructure de recharge dépend de trois groupes de facteurs déterminants. Il s'agit des types et caractéristiques des VE (BEVs ou PHEVs), de l'organisation du territoire (au sens large), et finalement du comportement socio-économique des conducteurs de VE.

Types de VE utilisés

Pour simplifier, il est admis dans ce qui suit que la totalité des VE sont des BEVs, dépendant à 100% de l'infrastructure de recharge. Les PHEVs ayant des batteries de moindre capacité, cette hypothèse simplificatrice permet de construire un scénario extrême, comportant une marge de sécurité significative pour la caractérisation de l'infrastructure de recharge.

Organisation du territoire et densité démographique

L'infrastructure de recharge d'une flotte importante de VE dépend de facteurs nationaux liés à l'organisation du territoire, à la densité de population et à la présence ou non de très grands centres urbains de plusieurs millions d'habitants.

Le Plateau suisse est caractérisé par une grande densité de population, habitant dans de nombreuses agglomérations de faible importance et dans quelques centres urbains de taille modeste (largement inférieurs à 1 mio. d'habitants). Ce « peuplement des campagnes », qui va de pair avec l'absence de très grands centres urbains, réduit les distances entre agglomérations.

C'est un facteur très favorable pour les VE, compte tenu de leur rayon d'action réduit.

Comportement des conducteurs de VE

Les habitudes socio-économiques du conducteur de VE sont le troisième facteur déterminant l'infrastructure de recharge. Selon les activités des propriétaires de VE, l'infrastructure comprend en effet trois types principaux de recharge :

■ **Sleep and Charge** : recharge lente domestique (16 A monophasé, 3,5 kW, environ 8 h de recharge pour 20 kWh), durant la nuit.

■ **Work/Shop and Charge** : recharge accélérée (32 A monophasé ou 16 A sur 2 ou 3 phases, 7-12 kW, moins de 4 h de recharge pour 20 kWh), sur des places de parc publiques en ville ou privées du lieu de travail (figure 2).

■ **Coffee and Charge** : stations de recharge rapide (15-20 min, 55 kW), implantées sur des emplacements stratégiques pour offrir aux conducteurs de VE une solution de recharge d'urgence en cas de nécessité.

Le comportement des conducteurs de VE ne peut pas être déterminé sans une observation empirique d'essais de flottes à grande échelle. En l'absence de tels essais (les premiers essais de flottes en Suisse auront lieu en 2010-2011), le seul recours possible est une approche pragmatique et qualitative basée sur le bon sens.

Pour les conducteurs de VE disposant à la maison d'une place de parc pri-

vée munie d'une prise électrique, le mode de recharge le plus économique et le plus confortable est sans aucun doute la recharge lente domestique durant la nuit (Sleep and Charge).

S'il dispose d'une place de parc à son lieu de travail munie d'une prise électrique, le conducteur d'un VE aura tendance à compléter la recharge en fonction d'une part, de la distance entre son domicile et son lieu de travail, et d'autre part, du coût de mise à disposition de l'électricité. Les besoins de mobilité étant en règle générale concentrés durant le jour, le conducteur de VE a moins de disponibilités pour recharger durant la journée : le temps de charge doit être logiquement réduit durant cette période (Work/Shop and Charge).

Il existe par ailleurs divers aspects émotionnels à prendre en compte. Le sentiment de privation de liberté en raison du rayon d'action limité des VE et le temps de recharge assez long (Sleep and Charge, Work/Shop and Charge) peuvent en effet constituer un frein à l'achat d'un VE. La certitude de pouvoir disposer en cas de nécessité d'une recharge en urgence (Coffee and Charge) contribue de manière déterminante à surmonter la barrière psychologique de la « panne sèche ». Les stations de recharge rapide nécessitant cependant des investissements sans commune mesure avec la recharge lente domestique, le coût de la recharge rapide est bien plus élevé, ce qui en fait plus une solution d'urgence que de confort.



Figure 2 Borne de recharge (Work/Shop and Charge).

Alpiq/Protoscar

Caractérisation des acheteurs de VE

L'étude de caractérisation se base sur plusieurs enquêtes par sondage, réalisées au niveau national sur un échantillon statistique de 31 950 ménages, soit approximativement 10% des 3 115 000 ménages de Suisse [4].

Un acheteur de VE est à l'évidence un acquéreur de véhicule neuf, compte tenu de l'absence de VEs d'occasion sur le marché dans les 5-10 ans à venir. Le profil socio-économique de l'acheteur typique d'une nouvelle voiture a été identifié pour la Suisse comme étant masculin 3 fois sur 4, âgé en moyenne de 50 ans, jouissant d'un revenu supérieur à la moyenne, et possédant en moyenne 1,47 voitures [5]. Les autres Suisses achètent des voitures d'occasion. Cette caractérisation permet de cibler en première approximation les acheteurs potentiels de VEs.

De plus, le mode Sleep and Charge nécessite de disposer d'une prise électrique à proximité de sa place de parc. Cette condition est généralement remplie pour les propriétaires ou locataires d'une maison individuelle.

Le marché cible des premiers adoptants de VEs est dès lors défini comme les ménages achetant une voiture neuve, disposant d'un revenu supérieur à 80 000 CHF/an, propriétaires de plus d'une voiture, et propriétaires ou locataires d'une maison individuelle.

Plusieurs hypothèses sont faites implicitement :

- Le propriétaire d'une maison individuelle dispose au moins d'un garage ou d'une place de parc privée où un point de recharge domestique peut être facilement installé.
- Les premiers adoptants de VEs sont des automobilistes qui peuvent disposer d'un point de recharge domestique.
- Dans un ménage disposant de plus de 2 voitures, la voiture de plus petite cylindrée est utilisée de manière préférentielle pour les déplacements urbains (lieu de travail, courses en ville).
- Dans un ménage disposant de plus de 2 voitures, la 2^e voiture peut être facilement substituée par un VE (Classe C), sans pertes de liberté ou de confort significatives en raison du rayon d'action limité du VE durant le week-end ou les vacances.

Le traitement statistique [6] des enquêtes [4] permet d'identifier le marché cible des premiers adoptants de VE et ses caractéristiques. L'extrapolation à la

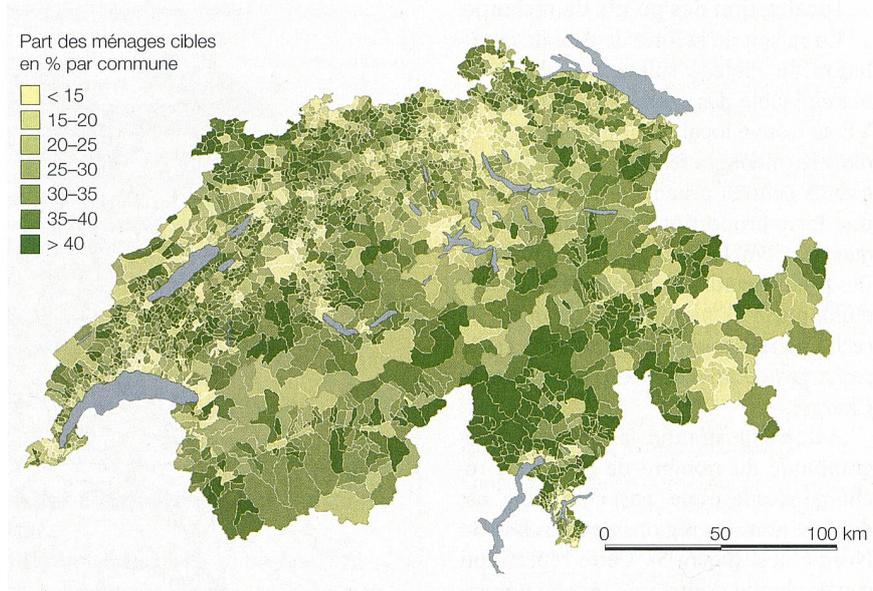


Figure 3 Répartition géographique de la densité du marché cible, par commune.

population totale conduit aux valeurs suisses.

En Suisse, le marché cible des premiers adoptants de VE comprend 650 000 ménages ou 21% du nombre total des ménages en Suisse.

Selon la Vision 2020 d'Alpiq [1], une pénétration de 15% de VEs en 2020 correspond à 720 000 VEs en Suisse, soit un peu plus que le nombre des premiers adoptants du marché cible. La différence peut facilement être comblée par la croissance de la population et par l'augmen-

tation du pouvoir d'achat des ménages sur une période de 10 ans. De plus, 18% des ménages (soit 560 000) possèdent une seule voiture d'une cylindrée de moins de 1660 cm³, qui pourrait aussi être facilement remplacée par un VE dans la période 2015-2020 lorsque le prix d'achat des VEs deviendra comparable à un véhicule standard de classe C.

La prise en compte des paramètres de localisation [7] fournit une répartition géographique de la densité du marché cible par commune, pour toute la Suisse (figure 3). Cette densité est plus faible dans les grands centres urbains (Zurich, Berne, Bâle, Genève, Lausanne) que sur le Plateau suisse, ce qui est normal compte tenu de la rareté des places de parc privées en ville. Par contre, les communes périurbaines montrent généralement une forte densité d'acquéreurs potentiels de VEs.

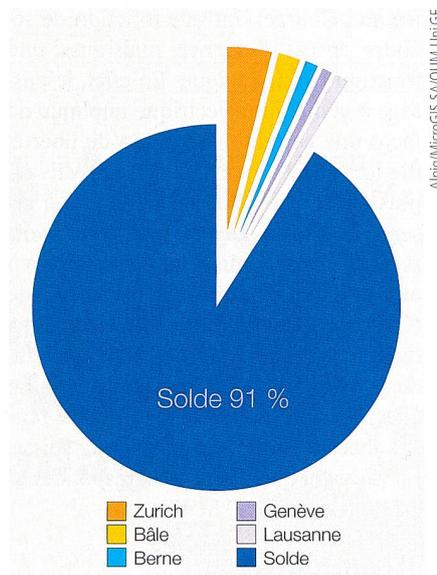


Figure 4 Répartition du marché cible des premiers adoptants de VEs.

Caractérisation de l'infrastructure de recharge

Afin de caractériser l'infrastructure de recharge nécessaire, deux hypothèses ont été émises. Dans un premier temps, le marché cible des premiers adoptants de VEs permet de chiffrer et de localiser géographiquement, au niveau des communes, le nombre de points de recharge domestique. D'autre part, le nombre de points de recharge domestique disponibles permet d'identifier dans un deuxième temps l'infrastructure de recharge complémentaire (Work/Shop and Charge et Coffee and Charge).

Localisation des points de recharge

En raison de la forte densité de population du Plateau suisse, le volume du marché cible des premiers adoptants de VE se trouve localisé en majorité (91%) dans les ménages résidant en dehors des grands centres urbains, avec cependant une forte proportion de pendulaires (figure 4). Compte tenu de nos hypothèses (les premiers adoptants de VE disposent d'une place de parc privée), le mode de recharge nettement prépondérant est la recharge nocturne domestique (Sleep and Charge).

A titre d'illustration, la répartition géographique du nombre de points de recharge domestique par commune est donnée pour les régions de la Suisse du Nord-Ouest (figure 5). Cette répartition géographique donne une excellente première approximation de la distribution spatiale des points de recharge domestique en 2020 sur le Plateau suisse.

Recharge domestique et infrastructure complémentaire

La recharge domestique (Sleep and Charge) est le mode le plus facile pour l'utilisateur, le plus économique en termes d'investissement sur la station de recharge et le plus flexible pour la société électrique de distribution en regard de l'équilibrage des charges sur le réseau. C'est le mode de recharge qui fournit le coût du kilomètre le meilleur marché.

Il en résulte que la réalisation de la Vision 2020 peut reposer avant tout sur le mode de recharge domestique Sleep and Charge. En Suisse, la recharge domestique durant la nuit est ainsi le mode de recharge des VE largement majoritaire, du moins jusqu'en 2020.

Le réseau de recharge domestique (Sleep and Charge) est complété par des stations de recharge sur les lieux de travail. En effet, 26% des employés à plein temps des ménages motorisés disposent d'une place de parc, gratuite ou payante, sur leur lieu de travail. Il est admis en première approximation, que d'une part 10% de ces places de parc (ou 80990) sont équipées d'une station de recharge (Work and Charge) à l'horizon 2020, et que d'autre part les VE correspondants sont inclus dans les flottes de véhicules des entreprises. Le mode de recharge privilégié est alors la recharge accélérée durant les heures de bureau.

L'infrastructure de recharge ainsi définie doit être complétée par des bornes publiques de recharge accélérée (Work/

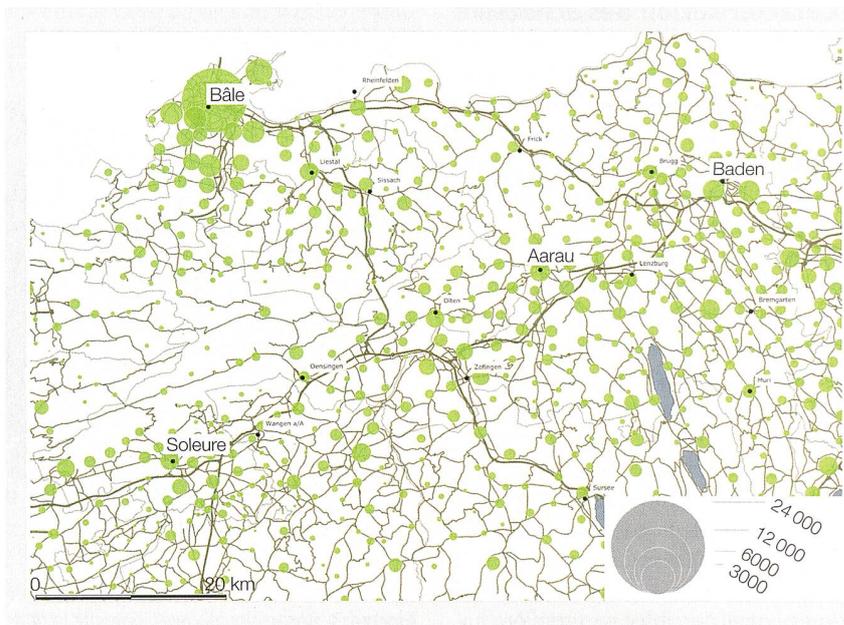


Figure 5 Nombre de ménages cibles par commune dans la région d'Olten.

Shop and Charge) dans les villes. En dehors des heures de bureau, ces bornes publiques peuvent également être utilisées pour la recharge nocturne des résidents ne disposant pas de place de parc privée. Selon le scénario 1 de [8], le nombre minimum de bornes publiques de recharge est évalué à $\frac{1}{30}$ des points de recharge privée. Cette densité est comparable à celle prévue dans les grandes cités européennes comme Londres ou Paris. Pour toute la Suisse, cela équivaut à 23000 bornes publiques de recharge.

Les stations de recharge rapide (Coffee and Charge) ont une fonction de secours, en cas d'urgence, mais aussi une fonction psychologique. En effet, le passage à la mobilité électrique implique de facto une certaine restriction de liberté, dès lors que le rayon d'action des VE est plus faible que celui des véhicules à essence ou diesel. La certitude de pouvoir recharger rapidement en cas d'imprévu auprès d'une station de recharge rapide (Coffee and Charge) permettra au conducteur d'un VE d'utiliser la pleine capacité de sa batterie. Il est admis par hypothèse que 150 stations de recharge, avec 6 bornes chacune, suffisent pour toute la Suisse. La puissance maximale correspondante est de l'ordre de 50 MW.

Conclusions

En résumé, l'infrastructure de recharge correspondant à la Vision 2020 comprend à l'horizon 2020 :

- 650 000 points de recharge lente domestique.
- 80 000 stations de recharge accélérée sur les lieux de travail.
- 23 000 bornes publiques de recharge accélérée dans les villes.
- 150 stations de recharge rapide, avec 6 bornes chacune, implantées sur des points stratégiques du réseau routier.

Bien qu'il ne s'agisse à ce stade que d'une évaluation préliminaire, cette caractérisation quantitative de l'infrastructure de recharge est une contribution fondamentale pour le déploiement massif de VE en Suisse, car elle fournit un cadre commun de réflexion stratégique à l'ensemble des acteurs impliqués.

L'analyse de marché [5-7] permet par ailleurs de démontrer la faisabilité de la Vision 2020 (sous réserve qu'un nombre suffisant de VE soit disponible sur le marché suisse) et valide la prédominance de l'infrastructure de recharge lente domestique (Sleep and Charge) en Suisse.

Grâce à la caractérisation de l'infrastructure de recharge ainsi effectuée, l'impact de la réalisation de la Vision 2020 sur le réseau électrique de transport et de distribution peut être évalué au moyen d'une analyse du réseau de type « flux de charge ». Cette analyse, dont on peut d'ores et déjà dire qu'elle ne met pas en évidence de problèmes significatifs pour le réseau, ceci en raison de la prédominance du mode de recharge Sleep and

Charge et de la robustesse du réseau de transport et de distribution en Suisse, fera l'objet d'un article détaillé à paraître en allemand dans une prochaine édition du Bulletin.

Références

- [1] Alpiq: Electric vehicle market penetration in Switzerland by 2020. Lausanne and Olten, July 2009. www.alpiq.ch/fr/images/alpiq-booklet-vehicules-electriques_tcm116-62306.pdf.
 [2] Office fédéral du développement territorial (2002): Distances parcourues par les véhicules

suisses. Résultats de l'enquête périodique sur les prestations kilométriques (PEFA). Berne, 2000.

- [3] Protoscar: BEV and PHEV market penetration in Switzerland by 2020. Rovio, December 2008.
 [4] Office fédéral de la Statistique: Recensement de la population 2000, Micro Recensement Transports 2005, Statistique suisse de la population 2000.
 [5] Peter de Haan: Shifting from local energy pollution to global energy issues: the possible role of incentives schemes promoting fuel efficient vehicles. Institute for Environmental decisions, natural and social interfaces, ETH, Zürich, August 29th 2008.
 [6] Observatoire Universitaire de la Mobilité (OUM UniGE) et MicroGIS SA: Evaluation de la part de

la population ayant accès à une prise électrique à sa place de parc. 4 août 2009.

- [7] MicroGIS SA et Observatoire Universitaire de la Mobilité (OUM UniGE): Voitures électriques et réseau de bornes, étude préliminaire. 4 août 2009.
 [8] Protoscar: Plug-in vehicle charging infrastructure for Switzerland 2020. Rovio, August 10th 2009.

Informations sur les auteurs

D' **Philippe Méan** est ingénieur civil diplômé de l'EPFL et titulaire d'un « PhD in Engineering of the University of California at Davis (USA) ». Actif dans le secteur de la production, du transport et de la commercialisation de l'électricité depuis 1982, il dirige actuellement la R&D au sein de l'unité « Business Development » d'Alpiq.

Alpiq, 1001 Lausanne, philippe.mean@alpiq.com

Christoph Studer est ingénieur en génie électrique. Il travaille depuis 2002 chez Atel Netz AG, devenu Alpiq Netz AG Gösigen. Il y est responsable de la planification et du dimensionnement du réseau dans le département « Asset Management ».

Alpiq Netz AG, 5013 Niedergösgen, christoph.studer@alpiq.com

D' **Stéphane Gerbex** est ingénieur électricien diplômé de l'EPFL. En juillet 2008, il a rejoint EOS Réseau SA, à présent Alpiq Réseau SA Lausanne. Il y est ingénieur réseau dans le département « System Operations ».

Alpiq, 1001 Lausanne, stephane.gerbex@alpiq.com

Zusammenfassung

Massive Zunahme der Elektrofahrzeuge bis 2020

Einschätzung der benötigten Ladeinfrastruktur

Der Ersatz von 15 % aller Schweizer Autos durch Elektrofahrzeuge bis zum Jahre 2020 könnte dazu beitragen, den CO₂-Ausstoss wirksam zu verringern. Um die Auswirkungen einer solchen Massnahme auf die Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie abzuschätzen, hat die Alpiq unter dem Titel « Vision 2020 » eine Studie in Auftrag gegeben. Aufgrund der Charakterisierung der Käufer elektrischer Fahrzeuge ermöglicht diese Studie Annahmen betreffend Anzahl, Art und Standorte der zu diesem Wandel notwendigen Ladeinfrastruktur.

Anzeige

HYDAC

- Gesamtanlagen
 - Lösungen nach Mass
- ...gerne beraten wir Sie!

Aggregate und Zylinder für Wasserkraftwerksanlagen

www.hydac.com



Hydac Engineering AG | Allmendstrasse 11 | 6312 Steinhausen | Telefon 041 747 03 20 | Telefax 041 747 03 29