

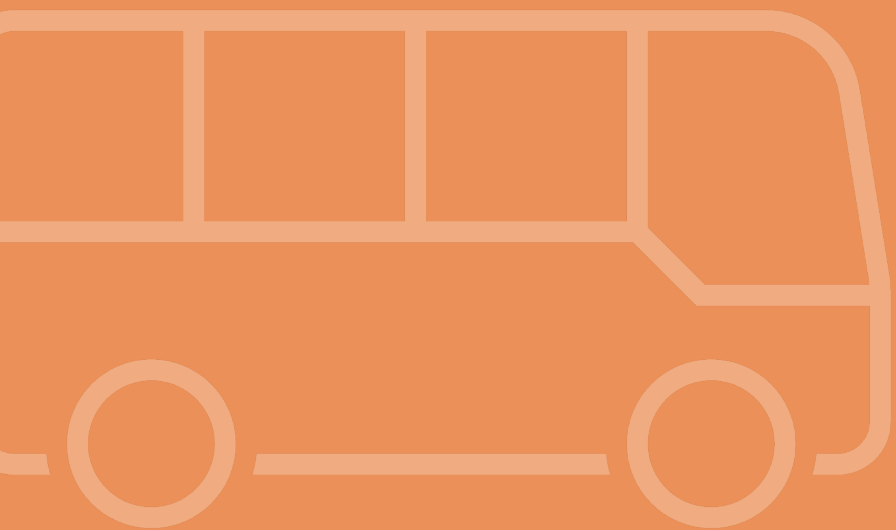
Colloque Bus de l'UTP

Les bus électriques, clé de la décarbonation des transports publics

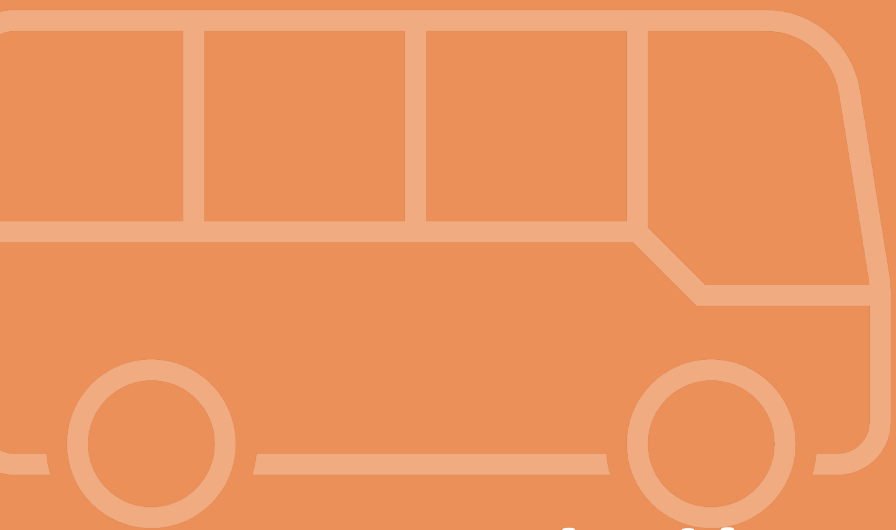
Roberto Bianchetti | chef de secteur, partenaire

9 juin 2026, Thoune





*Aujourd'hui, 80% des rotations
de bus peuvent être exploitées
avec des bus à batterie.*



*Faut-il d'autres modes
d'entraînement, p. ex. à
l'hydrogène, pour décarboner les
20 % restants?*

01 Évolutions technologiques

Évolutions du marché en Europe: l'électrification poursuit sa progression

Part de marché des bus électriques dans l'UE

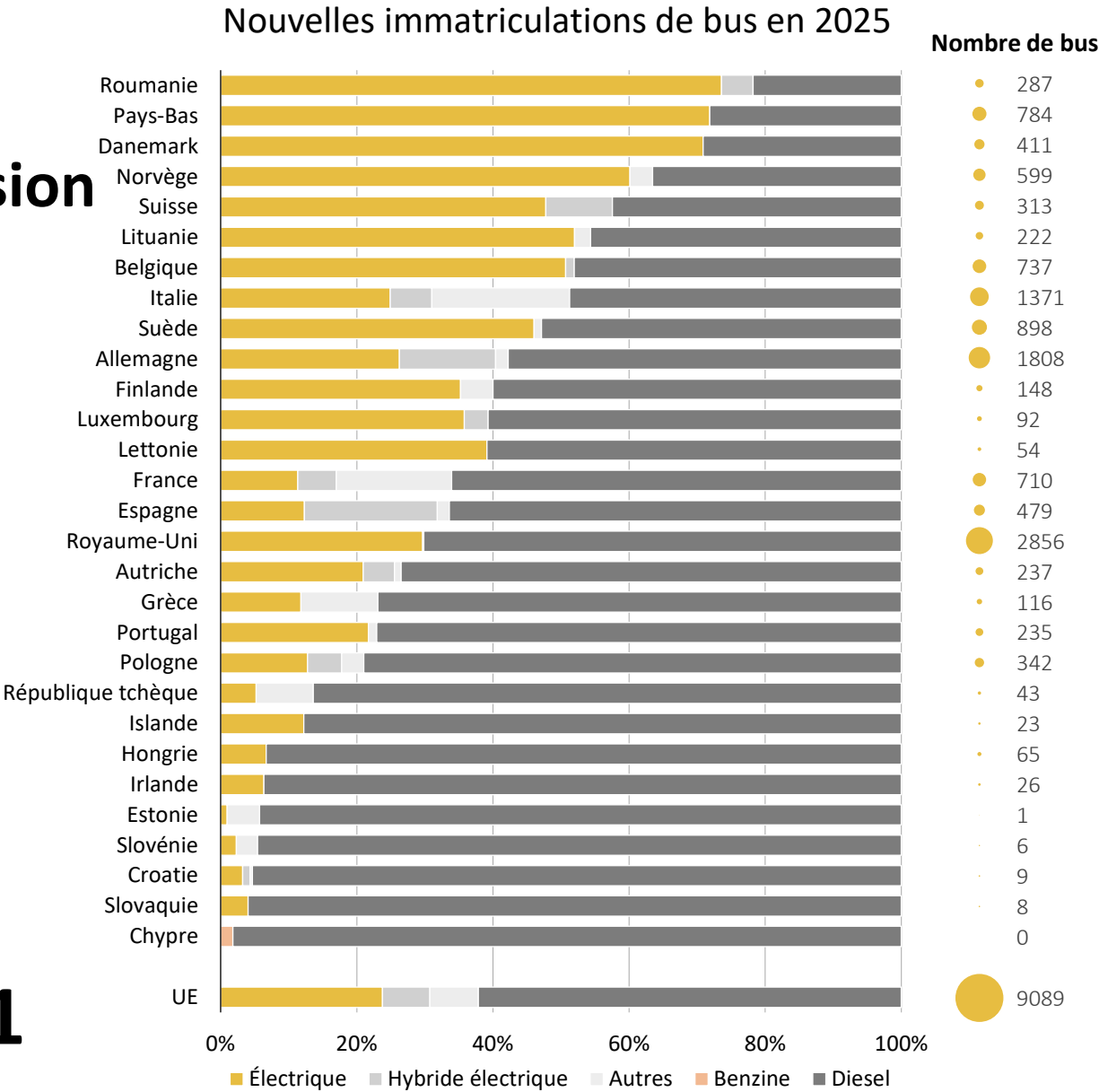
26%

Taux de nouvelles immatriculations de bus électriques de la Roumanie, des Pays-Bas, du Danemark et de la Norvège:

> 60 %

Plus grands marchés de bus électriques:

UK **2856**, Allemagne **1808**, Italie **1371**



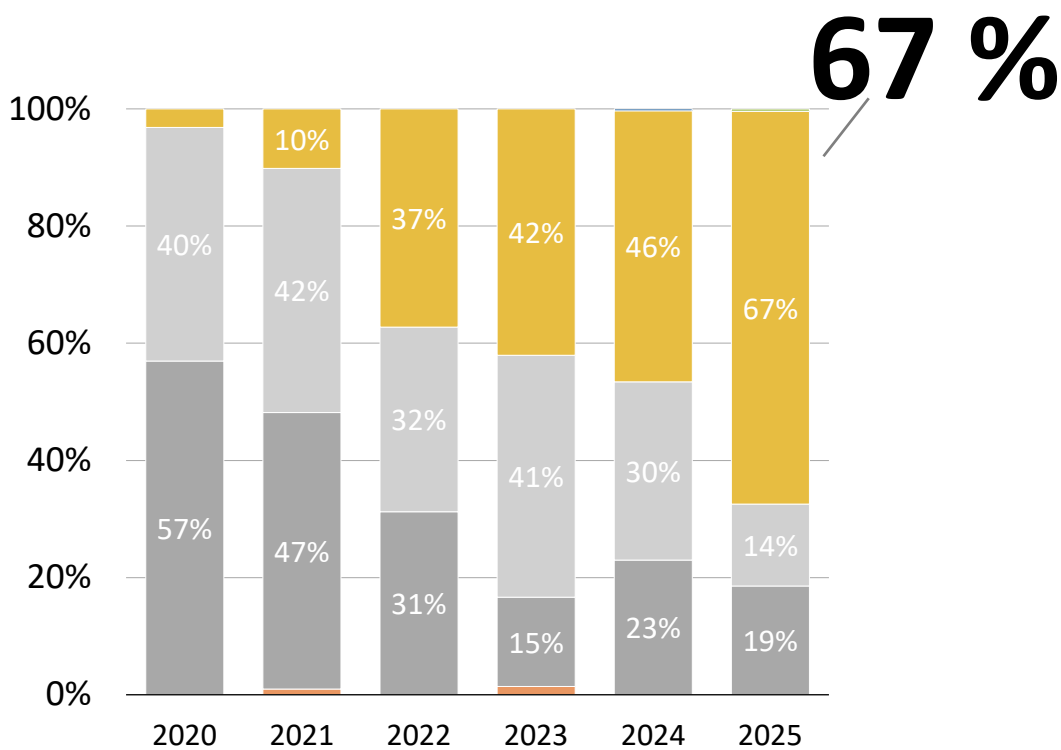
Graphique INFRAS Source: ACEA 2026. Données pour les bus de lignes et les autocars. La catégorie «Autres» comprend les bus fonctionnement à piles à combustible, au biogaz ou aux biocarburants.

4

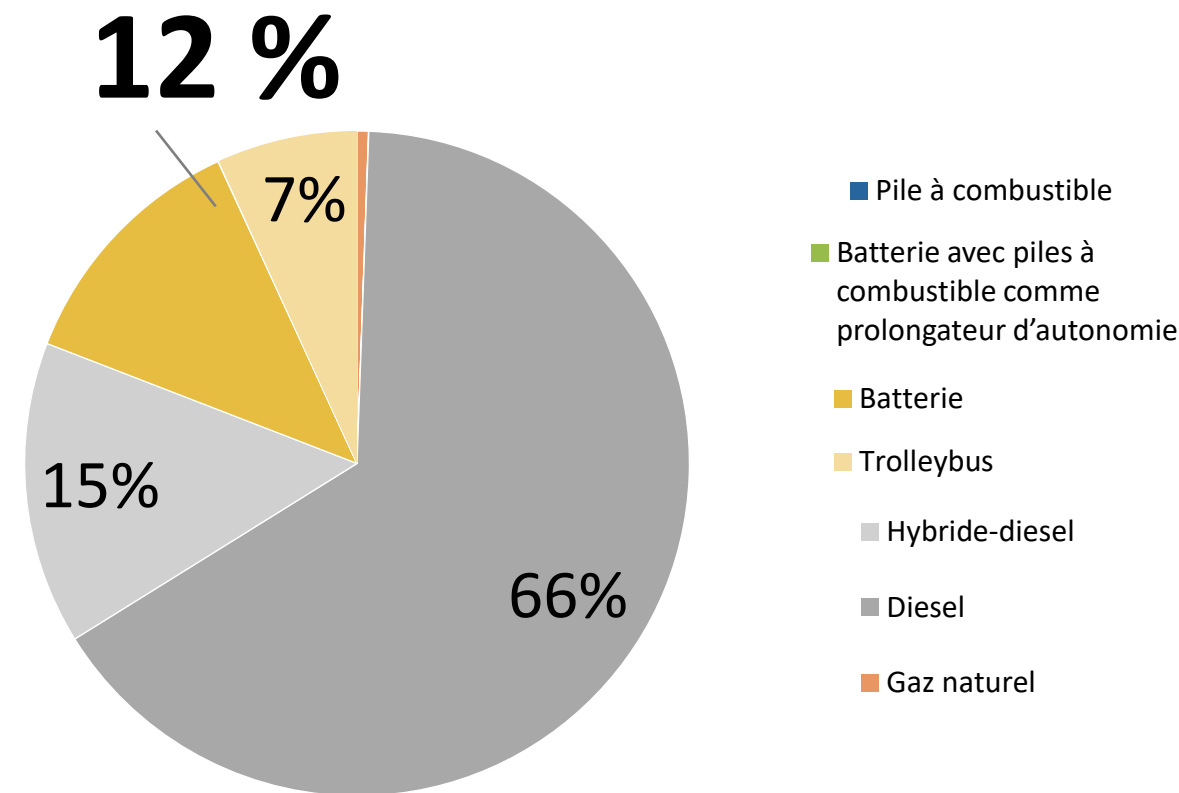
01 Évolutions technologiques

Évolutions du marché en Suisse: le rôle des bus à piles à combustible est toujours insignifiant

Part de marché des bus électriques dans les nouvelles immatriculations



Part de marché des bus électriques dans le parc de véhicules



01 Évolutions technologiques

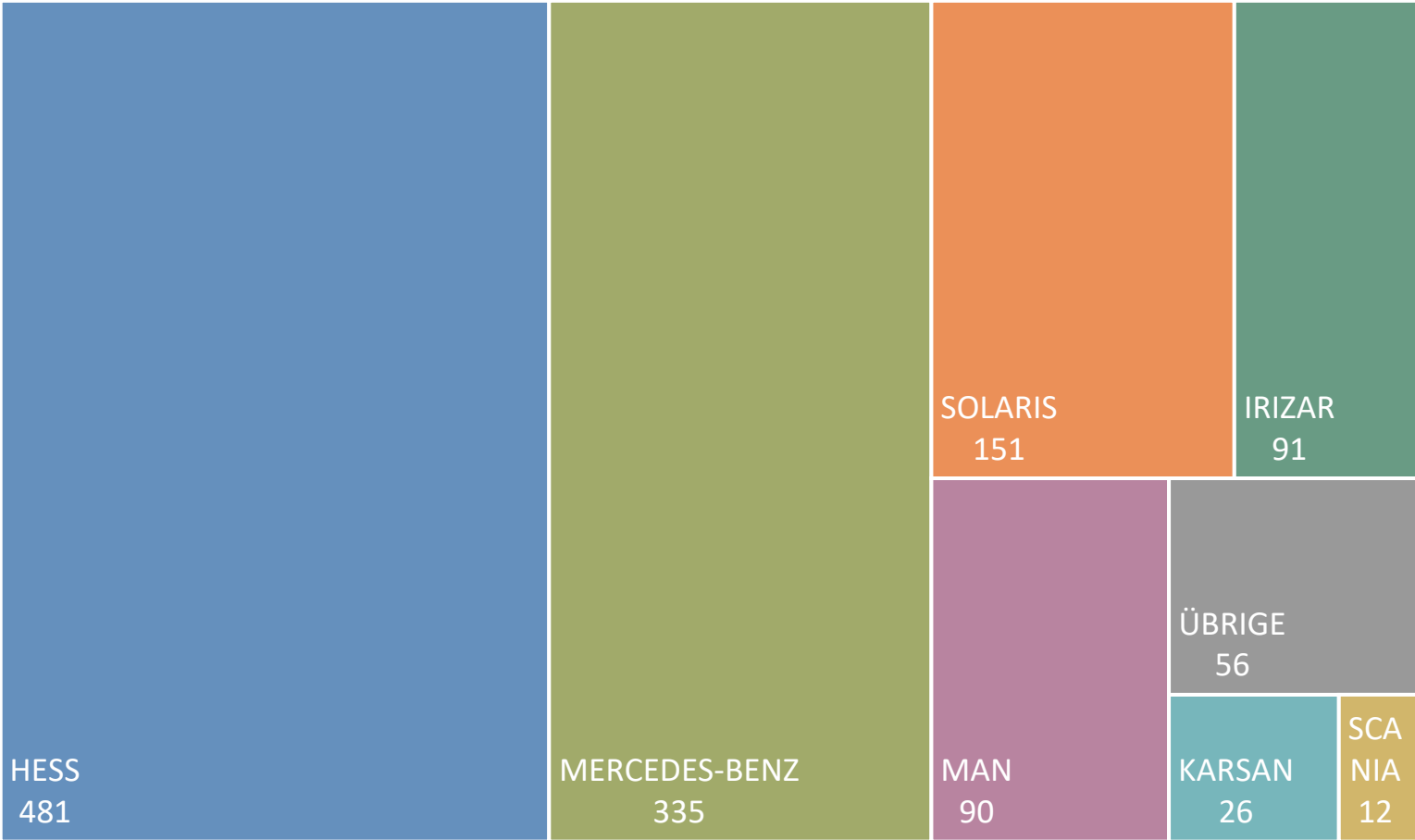
Évolutions actuelles du marché des bus électriques: jusqu'ici, les constructeurs chinois ne jouent pas (encore) de rôle en Suisse

HESS, Mercedes-Benz et Solaris

78 %

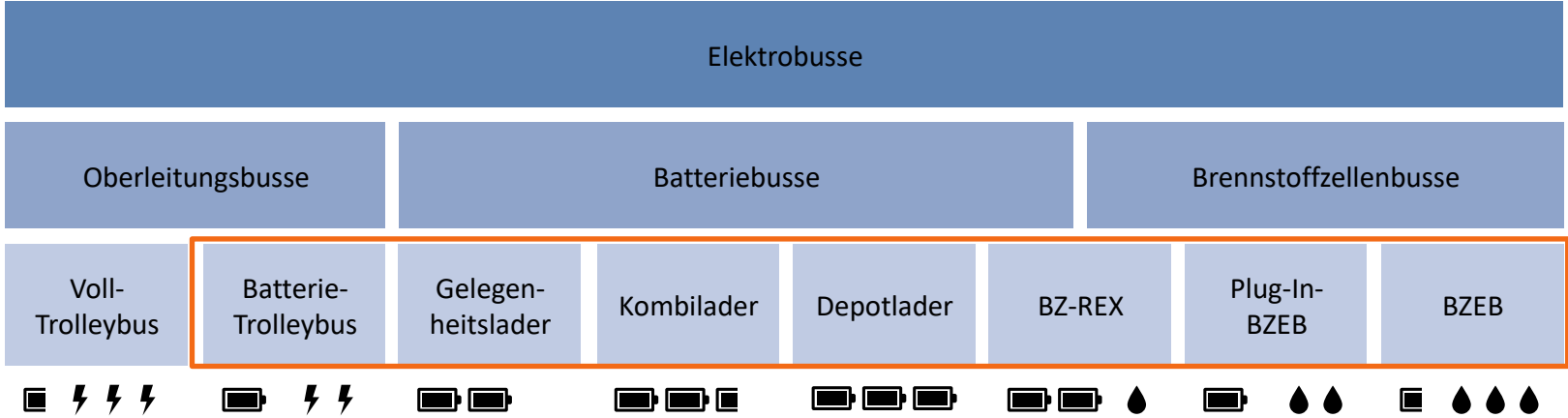
du parc de bus électriques en Suisse

Viennent ensuite Irizar (7 %), MAN (7 %), Karsan (2 %) et Scania (1 %).

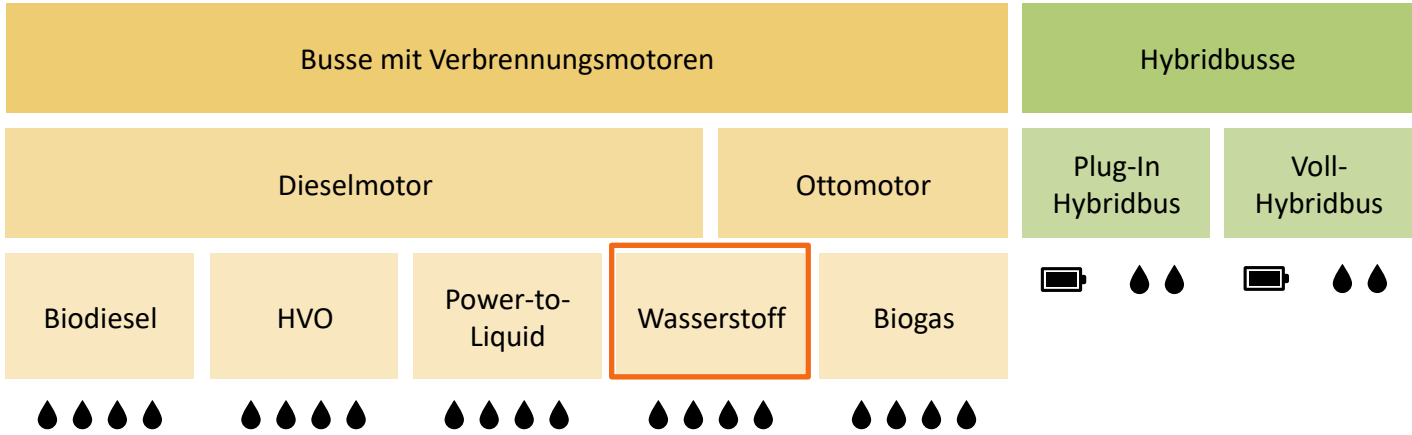


01 Évolutions technologiques

Aperçu des concepts d'entraînement sans énergie fossile



Ces dernières années, accent mis sur les bus à batterie, les trolleybus à batterie, les bus à piles à combustible (et les moteurs à hydrogène)



- Chemischer Energiespeicher
- Elektrischer Energiespeicher
- Dynamisches Laden

01 Évolutions technologiques

Concepts de recharge pour les bus à batterie

Depotlader

*Stationäres Laden/Nachladen
im Depot*

- Grosse, energieoptimierte Batterie (max. 3 – 3.5 t bei 12 m Bus)
- Reichweite 12 m-Bus pro Ladung: heute ca. 190 km, längerfristig bis 400 km
- Ladeleistung im Depot i.d.R. mit 150 kW
- Ladedauer 3-5 h nachts (je nach Einsatzlänge)

Kombilader

*Kombination der Konzept
Depot- und Gelegenheitslader*

- Grosse, energieoptimierte Batterie
- Stationäres Laden im Depot plus Nachladen an Endhaltestellen
- Grosse Reichweite bereits heute möglich (bei genügend Ladezeit an Endhaltestellen)

Gelegenheitslader statisch

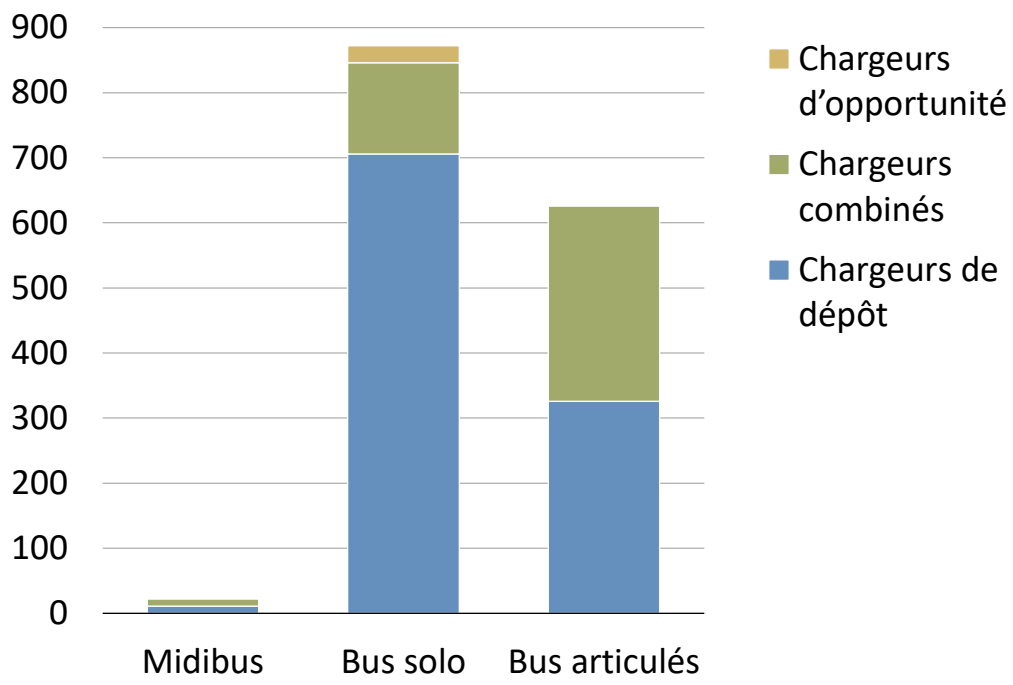
*Stationäres Laden an
End-/Zwischenstationen*

- Kleine, leistungsoptimierte Batterie (< 1 t)
- Reichweite pro Ladung ca. 30 km
- Ladeleistung 450/600 kW
- Ladedauer: i.d.R. 3-5 Min. (abhängig von Linienlänge)

01 Évolutions technologiques

Concepts de recharge pour les bus à batterie: la recharge d'opportunité perd de l'importance

Nombre de bus électriques subventionnés entre 2018 et 2023 en Allemagne, par concept de recharge



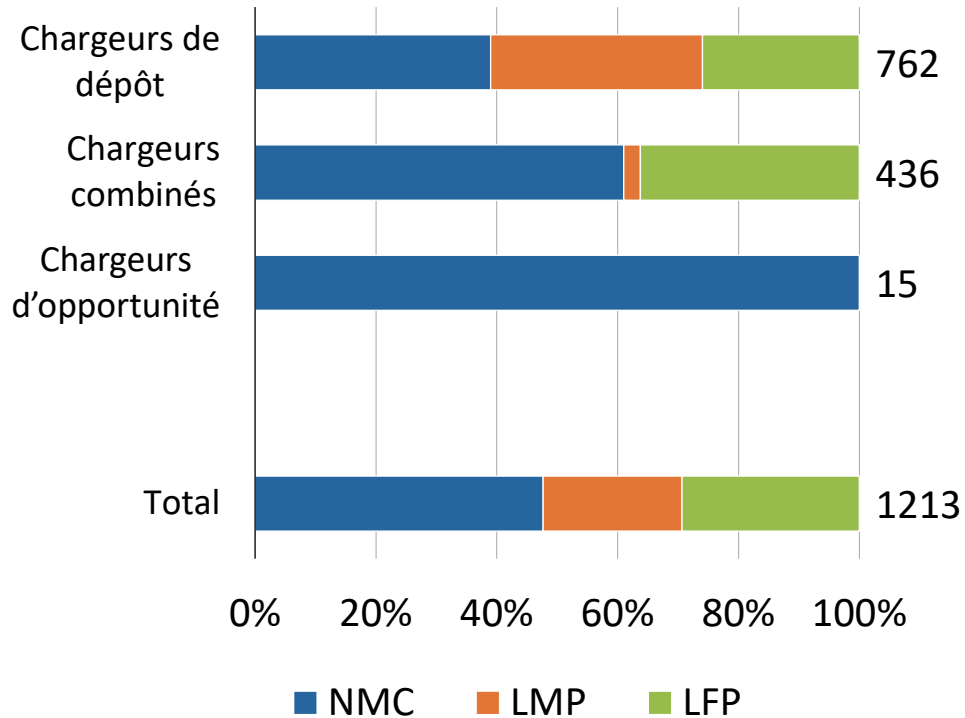
Source: PwC 2024

La recharge au dépôt et les chargeurs combinés sont très répandus en Suisse

Stand 2025		Depotlader	Kombilader	Gelegenheitslader (statisch)
Rein zentrale Ladeinfrastruktur	VBL			
	VBSG			
	VBZ			
	asm			
	sti			
Sowohl zentrale als auch dezentrale Ladeinfrastruktur	BVB			
	PostAuto AG			
	tl (Lausanne)			
	vbsh			
	VMCV			
	ZVB			
	Bernmobil			
Rein dezentral	TPG			

01 Évolutions technologiques

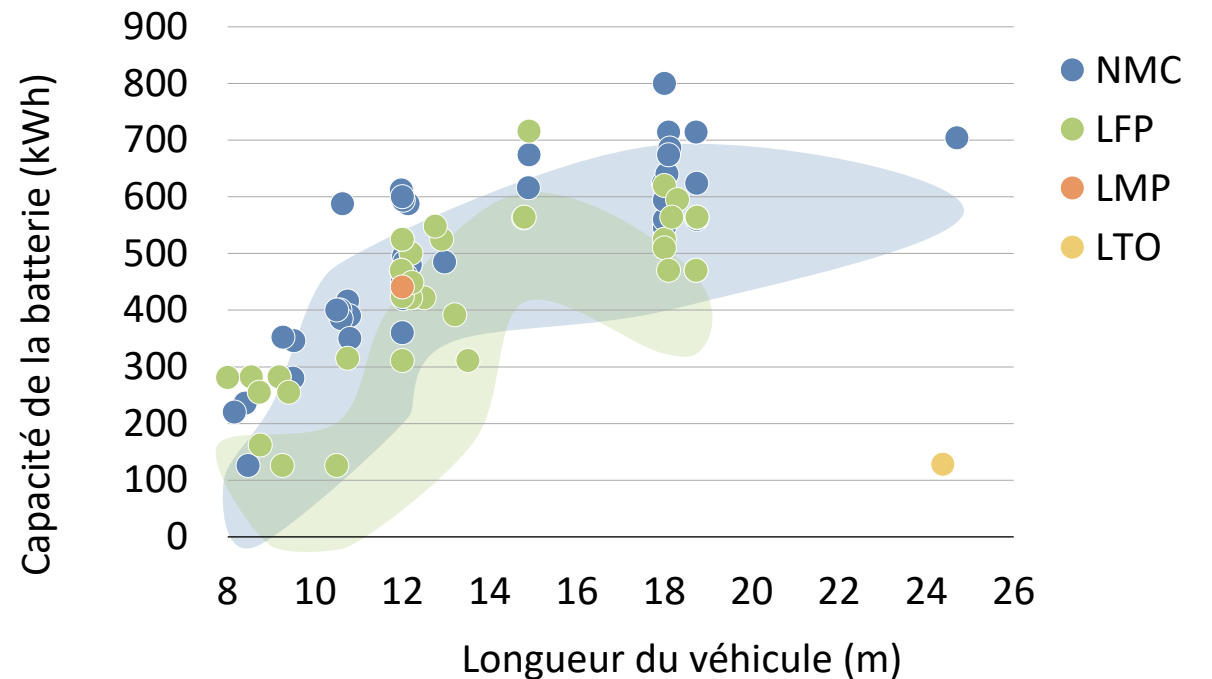
Batteries: situation actuelle sur le marché



Répartition et nombre de bus subventionnés entre 2018 et 2023 selon la chimie des cellules, en Allemagne.

Source: PwC 2024

Le NMC est pour l'instant la technologie chimique destinée aux batteries la plus répandue. Ces dernières années, le LFP a nettement gagné en importance.



Graphique INFRAS Source: Omnibusspiegel 2025.

Remarque: Lithium-nickel-manganèse-cobalt (NMC), lithium-fer-phosphate (LFP), lithium métal polymère (LMP), lithium-titanate (LTO)

01 Évolutions technologiques

Batteries: la part de marché des batteries LFP devrait se stabiliser en Europe d'ici à 2050

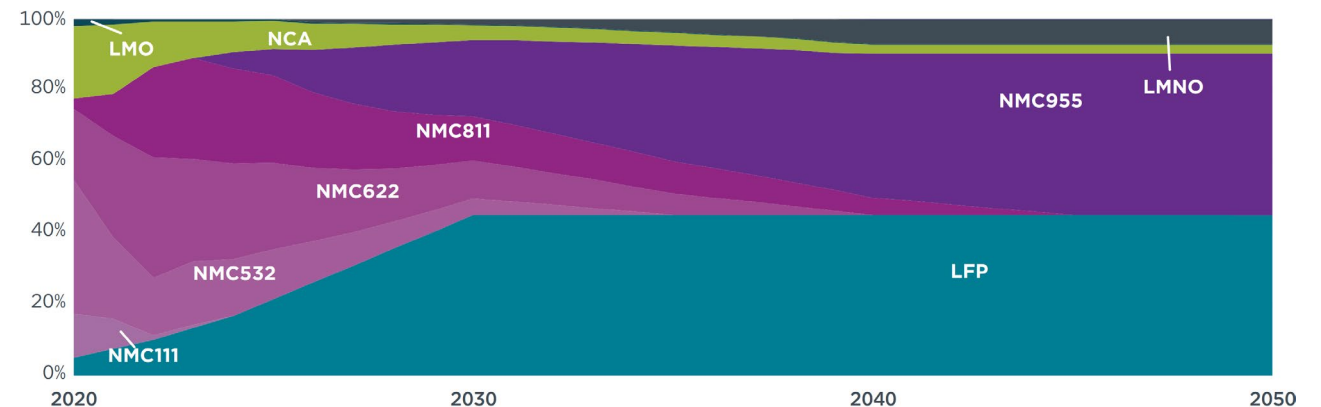
Part de marché mondiale des batteries LFP en 2024: **50 %**

95 % des camions, bus et véhicules utilitaires légers vendus en Chine sont équipés de batteries LFP

Hors de Chine, cette part s'élève à **30 %**

Capacités de production en Europe axées sur le NMC: **40 GWh** NMC et **2 GWh** LFP

Sites de production annoncés d'ici à 2030: environ 700 GWh pour le NMC et 100 GWh pour le LFP



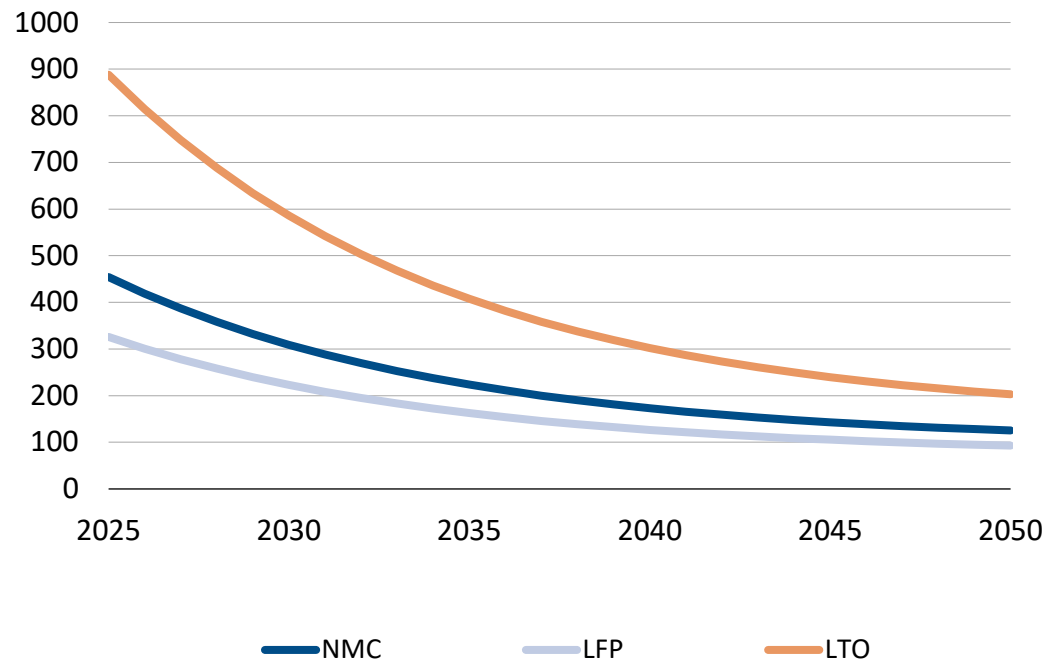
Prévisions des chimies de batteries pour les véhicules électriques de toutes tailles pour les pays où le NMC domine actuellement.

Source: ICCT 2024b

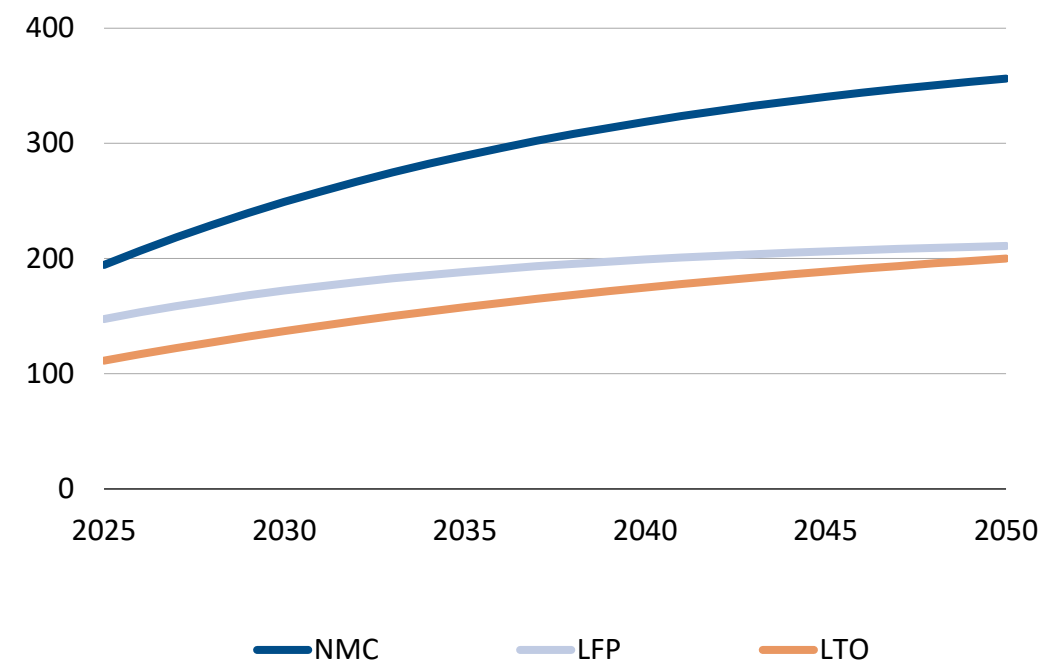
01 Évolutions technologiques

Évolutions futures des batteries: les coûts diminuent, les densités énergétiques continuent à augmenter

Coût des batteries (CHF / kWh)



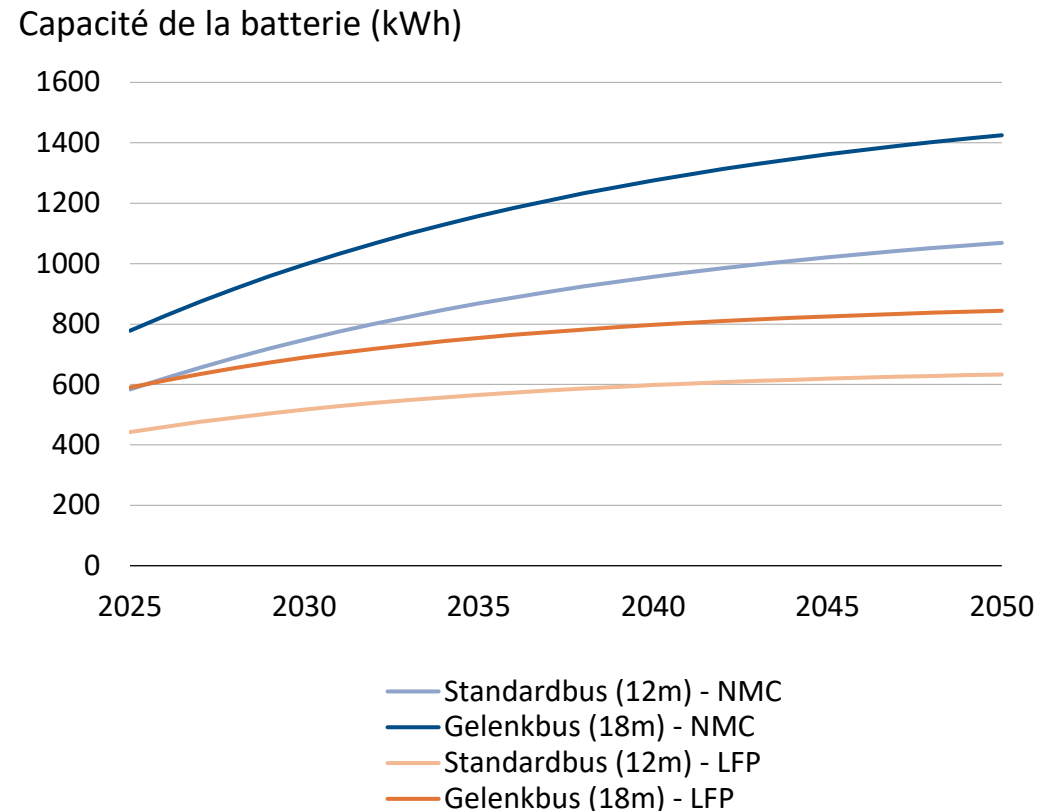
Densité énergétique (Wh / kg)



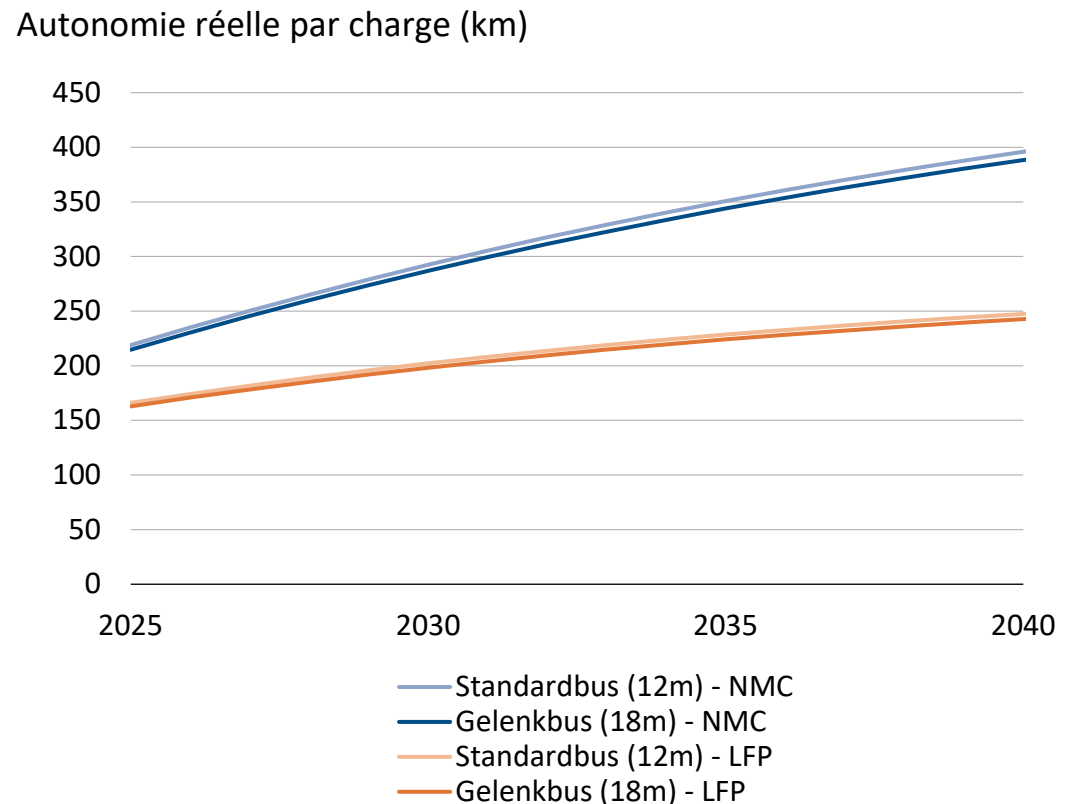
01 Évolutions technologiques

Évolutions des batteries: des autonomies (réelles) plus élevées attendues

Évolution escomptée de la capacité brute des batteries de bus standards et articulés

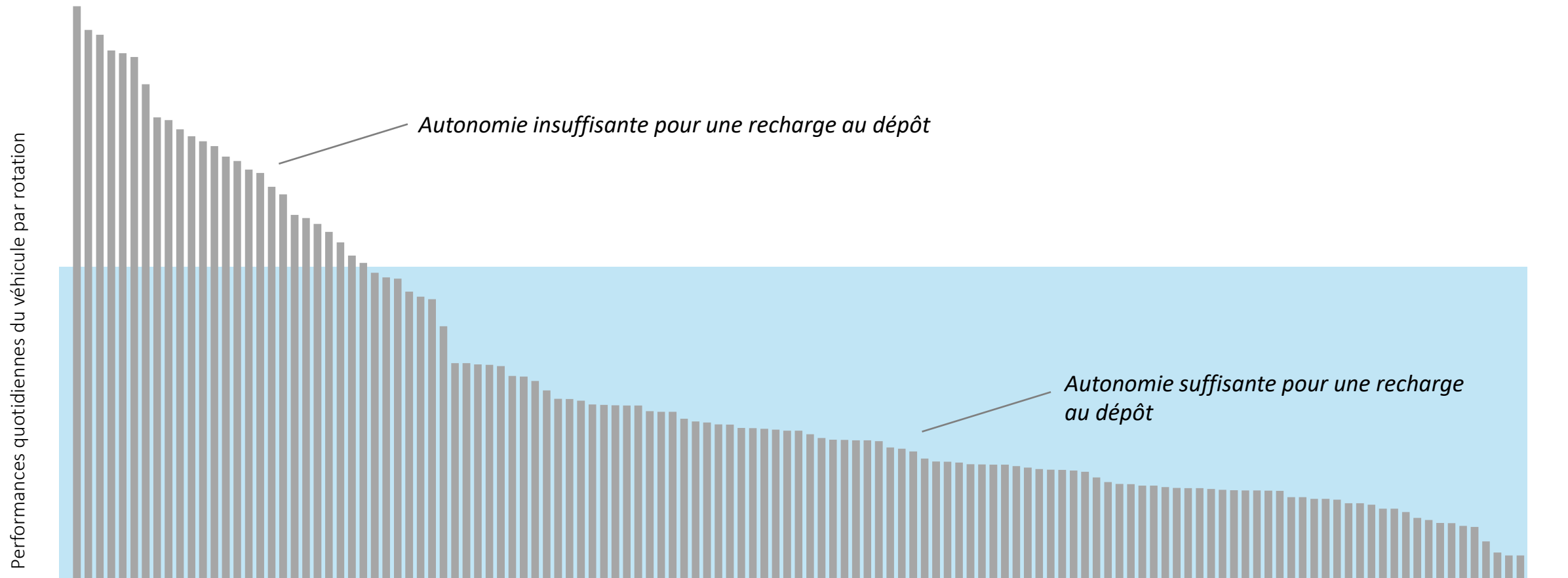


En tenant compte de la consommation maximale dans une situation de trafic moyenne en Suisse



01 Évolutions technologiques

Faut-il de l'hydrogène pour décarboner les 20 % restants?



Répartition des rotations (à titre d'exemple)

02 Comparaison des technologies d'entraînement sans énergie fossile

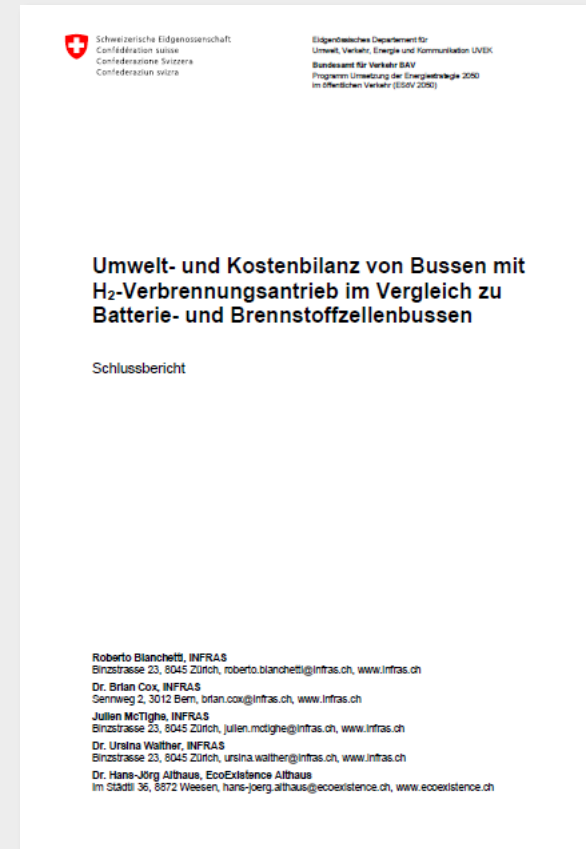
Bilan environnemental et en termes de coûts des bus avec moteur à hydrogène, des bus à piles à combustible et des bus à batterie

Base: profils de courses modélisés dans des scénarios d'utilisation en ville, en campagne et en montagne

Accent mis sur les **profils d'utilisation difficiles**, qui sont plus compliqués à électrifier:

- performances de conduite quotidiennes élevées
- besoin spécifique en énergie élevé (parcours avec vitesses élevées et fortes dénivellations)

Comparaison des variantes en termes d'**impact environnemental**, de **besoins en énergie** et de **coûts totaux** pour 2030



02 Comparaison des technologies d'entraînement sans énergie fossile

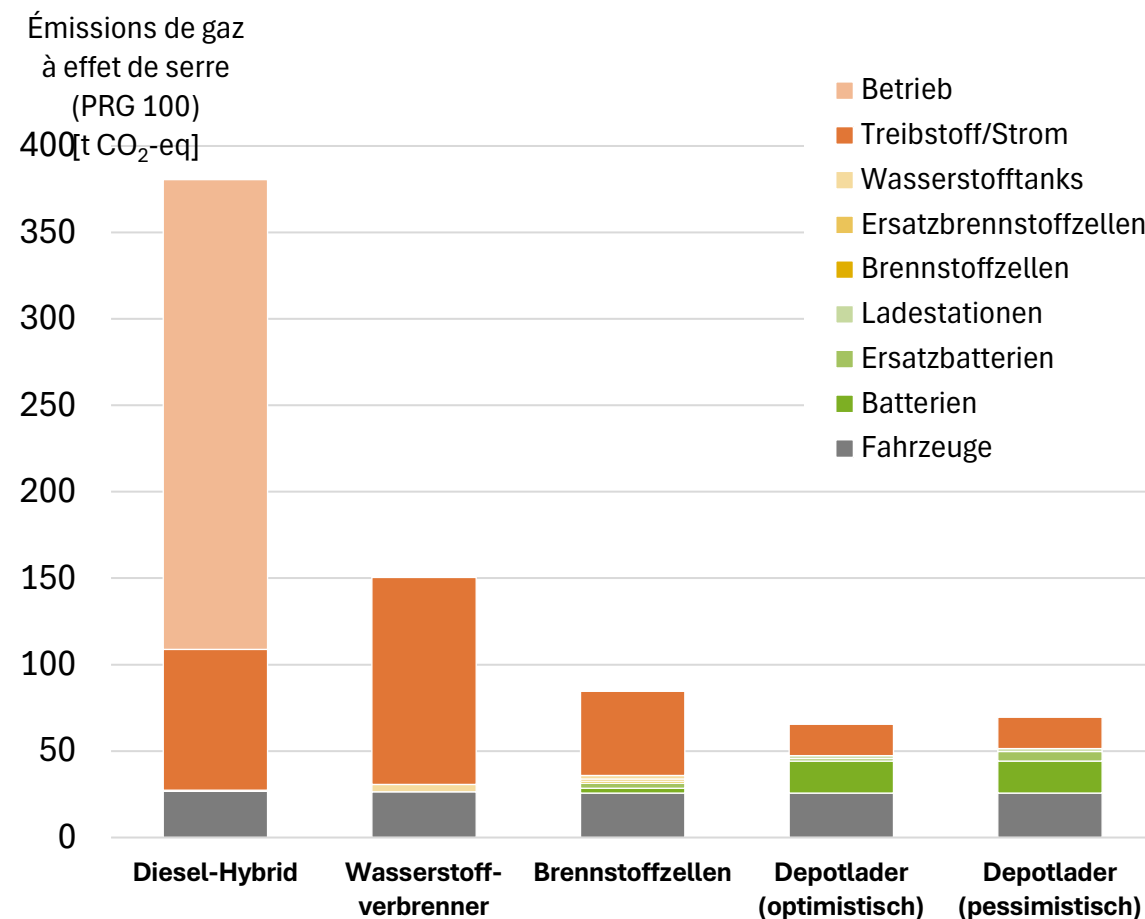
Résultats de l'étude

Avantage aux **bus à batterie** par rapport à l'hydrogène: environnement (gaz à effet de serre, énergie) et coûts totaux

Bus à batterie = la meilleure solution, malgré une autonomie moindre et éventuellement plus de bus nécessaires

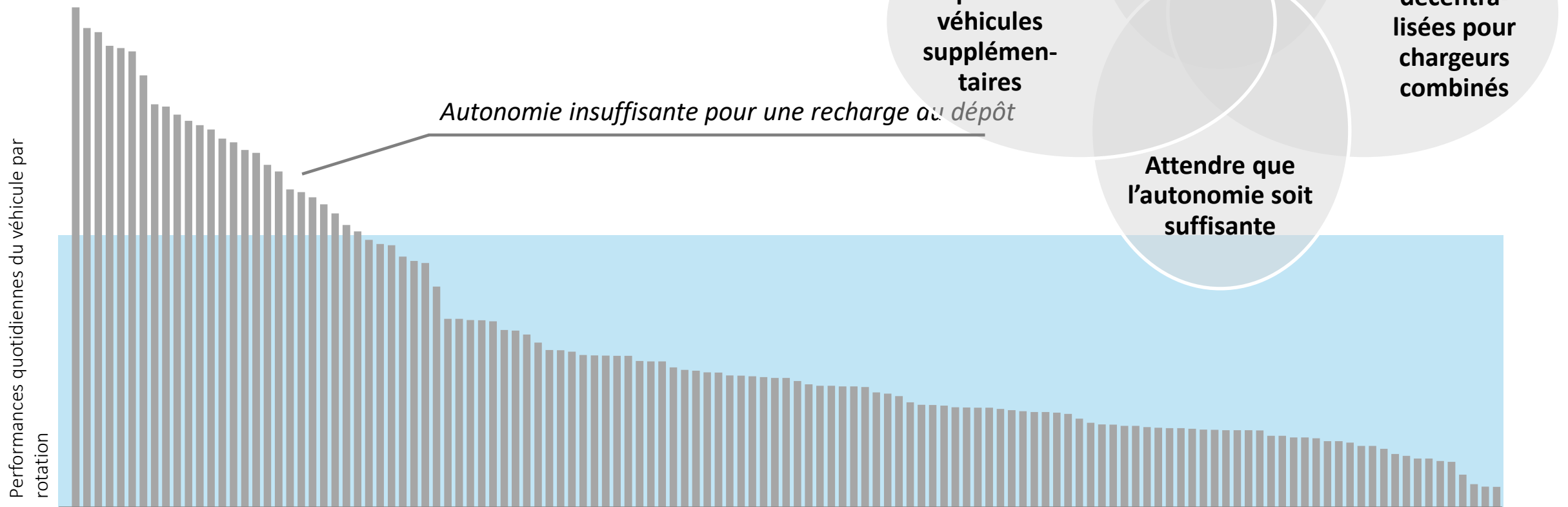
Bus à piles à combustible: bilan climatique similaire à celui des bus à batterie, mais besoins en énergie et impact environnemental plus élevés

Bus avec moteur à hydrogène: nettement moins bons, surtout en raison de leur efficacité moindre



03 Stratégie de transition avec des bus à batterie

Il existe 4 stratégies pour l'électrification des rotations plus compliquées. Ces stratégies peuvent aussi se combiner.



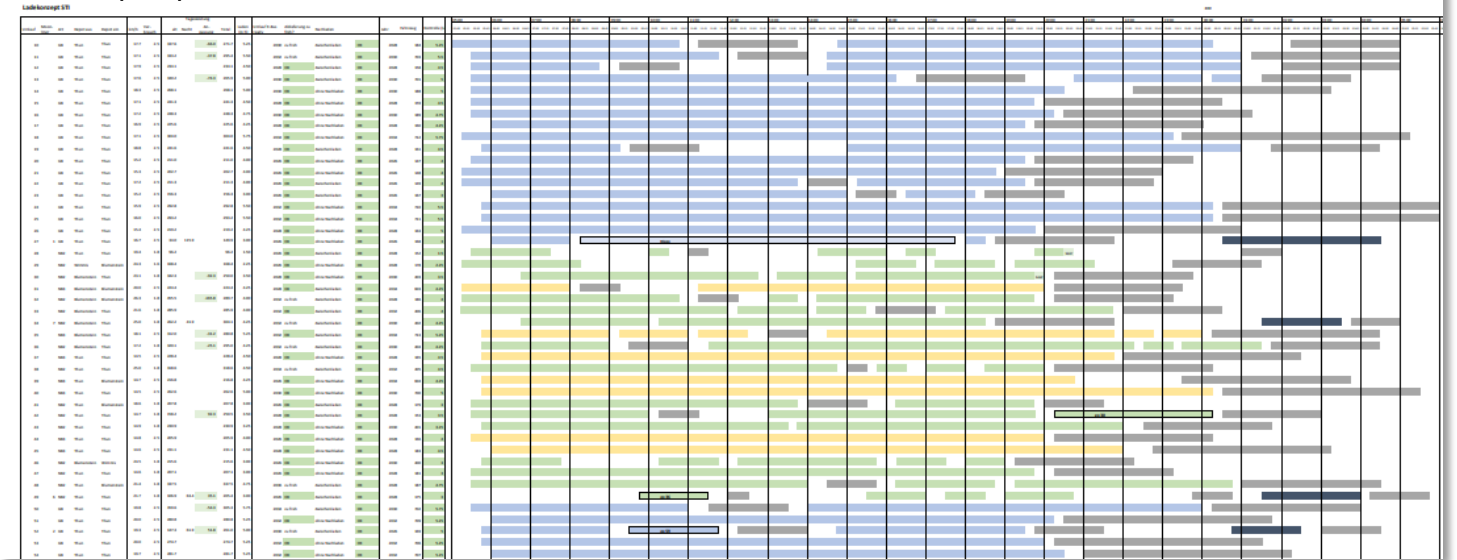
03 Stratégie de transition avec des bus à batterie

Adaptation et optimisation des rotations

1 Les rotations appliquées jusqu'ici, conçues pour des bus diesel, ont été adaptées pour **mieux convenir à l'utilisation de bus électriques**.

*Plus le **degré d'électrification** est élevé, plus la flexibilité pour optimiser les rotations ou mettre en place une redondance avec des bus diesel est faible.*

Exemple du concept de charge des Verkehrsbetriebe Thun (STI)



Graphique INFRAS

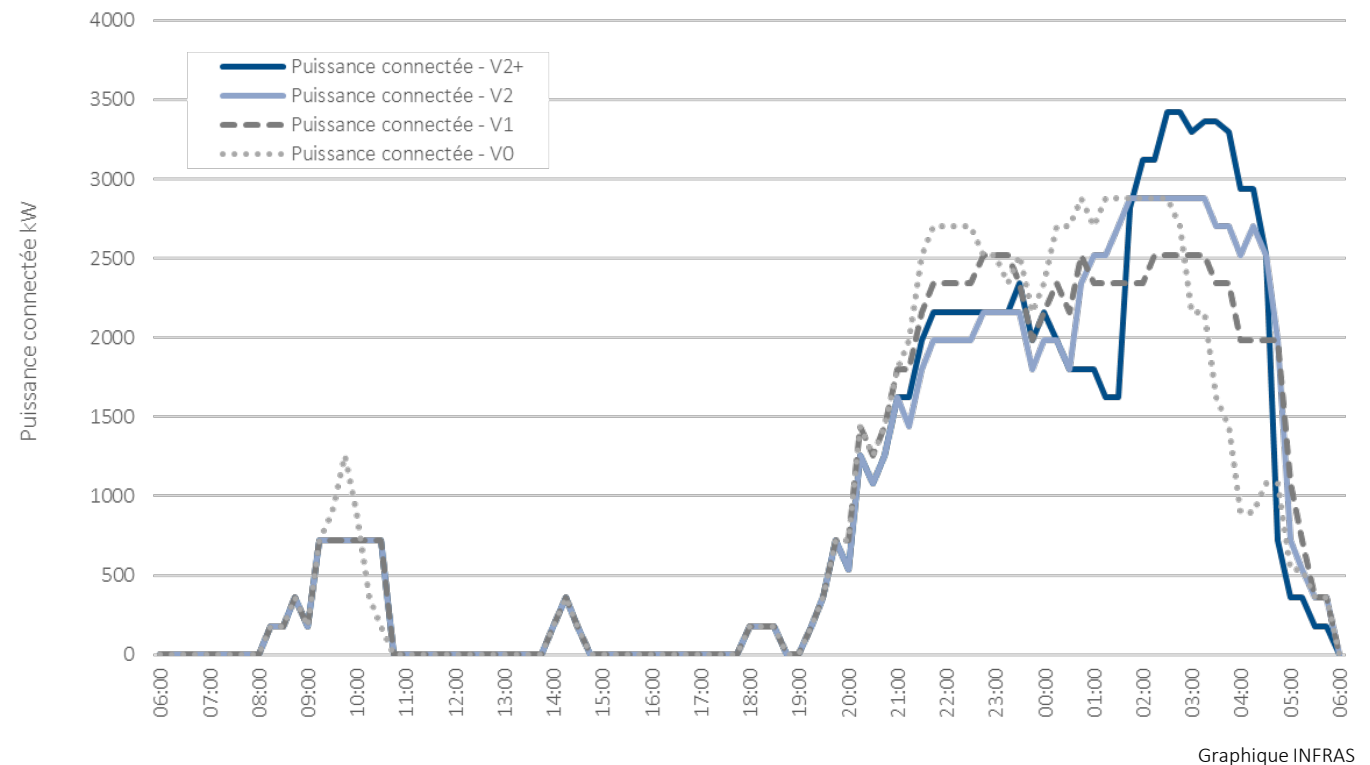
03 Stratégie de transition avec des bus à batterie

Adaptation et optimisation du créneau de charge → peak shaving

1 Adaptation et optimisation du créneau de charge pour lisser les pics de charge

→ Potentiel: jusqu'à **25 %** de moins de puissance connectée

Exemple: puissance connectée du dépôt des VMCV



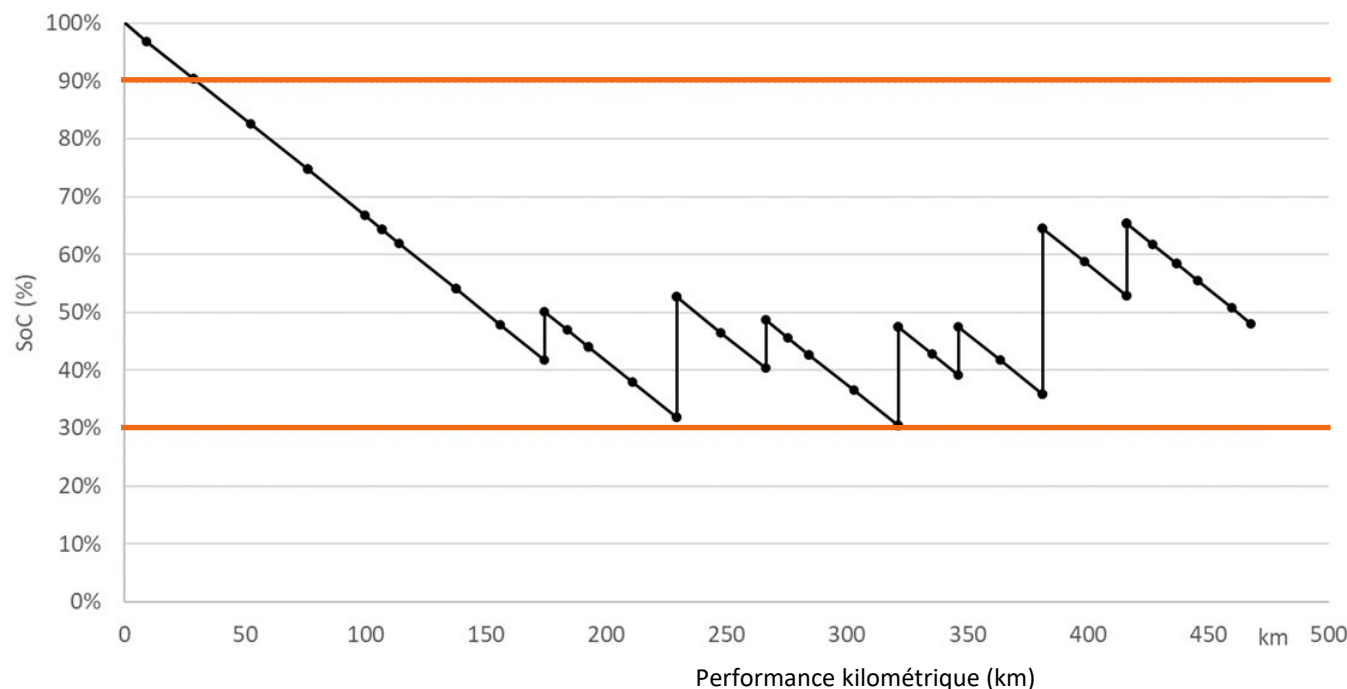
03 Stratégie de transition avec des bus à batterie

Utilisation de chargeurs combinés avec des stations de charge décentralisées

2 Le reste de l'énergie nécessaire est rechargée pendant le service à des stations de charge placées stratégiquement.

*Homogénéité de la flotte /
automatisation future au dépôt:
équiper tous les bus électriques de
pantographes.*

Exemple: dimensionnement de l'infrastructure de charge décentralisée des Verkehrsbetriebe Schaffhausen (vbsh)



Graphique INFRAS

03 Stratégie de transition avec des bus à batterie

Autres stratégies

3 Utilisation de véhicules supplémentaires comme chargeurs au dépôt: Véhicules permutés pendant la journée ou chargés au dépôt afin de remplir les exigences en matière d'autonomie.

Besoin accru de véhicules:

1 million de francs par bus électrique articulé supplémentaire vs

1 million de francs par station de charge (décentralisée)

1 million de francs par station de charge (décentralisée)

→ *plus de flexibilité p. ex. pour des services de remplacement de trains*

4 Attendre que l'autonomie soit suffisante: électrification des lignes difficiles dans une phase ultérieure de la stratégie de transition, afin d'attendre que la technologie des batteries évolue.

Perspectives: nouvelle étude de l'UTP sur l'électrification des services de remplacement de trains en Suisse

→ *Publication en automne 2026*

A stylized, light orange silhouette of a bus is positioned in the upper left corner of the slide. It features a rectangular body with several vertical lines representing windows and two large circular wheels.

Les 20 % restants peuvent être électrifiés avec des bus à batterie en combinant des stratégies de conversion.

L'hydrogène joue un rôle central pour atteindre les objectifs climatiques, mais il devrait être utilisé en priorité dans les secteurs difficiles à décarboniser.

Un grand merci pour votre attention!



Roberto Bianchetti | chef de secteur et partenaire

INFRAS AG, Binzstrasse 23, 8045 Zurich

Tél. +41 44 205 95 11

roberto.bianchetti@infras.ch

