

# Comment commander correctement des bus électriques ?

---

*Une série d'ateliers dans toute la Suisse*

# Table des matières

---

1. Qui est EBP ?
2. Tendances du marché, politiques et technologiques
3. Achat d'autobus électriques Stratégie d'achat : aspects techniques, organisationnels et opérationnels
4. Financement
5. Contribution juridique
6. « Erreurs fréquentes »
7. Interopérabilité
8. Outil SUPSI
9. Coordonnées

## EBP

### Présents en Suisse et dans le monde entier

Nous accompagnons nos clients dans un large éventail de domaines, de la stratégie à la mise en œuvre concrète en passant par la conception.



### Nos thèmes prioritaires

- Environnement, climat et énergie
- Ressources, économie circulaire et chaînes d'approvisionnement
- Immobilier, technique du bâtiment et infrastructures
- Développement territorial, développement local et développement de sites
- Mobilité et transports
- Risques et sécurité
- Économie et société
- Technologies de l'information
- Communication

# Équipe EBP Énergie + Mobilité

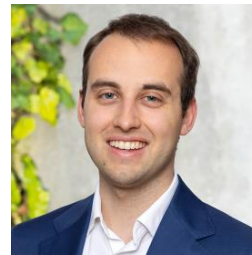
---



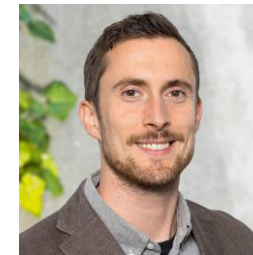
Silvan Rosser  
MSc. ETH Sciences environnementales  
Chef d'équipe Électromobilité



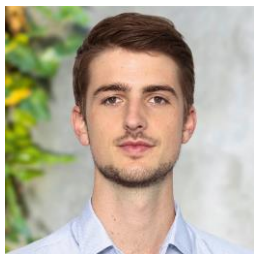
Peter de Haan  
Dr. sc ETH Physique  
Responsable du domaine Ressources,  
énergie + climat



Alessio Mina  
MSc. ETH Ingénieur en génie mécanique



Michele Chamberlin  
MSc. ETH Sciences et technologies  
énergétiques



Lukas Lanz  
MSc. ETH Sciences et technologies  
énergétiques



Tim Trachsel  
MSc. ETH Sciences environnementales  
énergétiques



Daniel Andersen  
MSc. ETH Sciences et technologies  
énergétiques



Janis Münchrath  
MSc ETH Energy Science and Technology  
énergétiques

# Dernières études de l'équipe EBP Électromobilité



[Lien](#)



[Lien](#)



[Lien](#)



[Lien](#)



[Lien](#)



[Lien](#)

# EBP – Équipe Énergie + Mobilité

## Nos prestations et références dans le domaine des bus électriques

Études pour la Confédération, les cantons et les entreprises :

- Étude sur l'utilisation commune d'une infrastructure de recharge pour les bus électriques
- CFF : chaînes d'approvisionnement climatiquement neutres – remplacement ferroviaire prévu/imprévu



Stratégies : conversion de flottes et accompagnement des processus, y compris accompagnement ou vérification des appels d'offres

- Exemple de projet Aargau Verkehr AG : électrification des lignes de bus et accompagnement de l'acquisition

Infrastructure de recharge dans les dépôts de bus et aux arrêts

- Exemple de projet VZB : proposition d'approche « Infrastructure de recharge dans les garages pour les Bus électriques »

Autres clients : Autobus AG Liestal, Bernmobil, BLT, Engadin Bus, Postauto, RBS, SZU, VZB, VZO, ZVB

---

# Tendances du marché, politiques et technologiques

# Objectifs stratégiques Politique



**UE :**

Uniquement des bus de ligne sans émissions à partir de 2035  
(vote final le 14 mai 2024)



**Suisse :**

Conseil fédéral 2023 : passer à un transport sans énergie fossile d'ici 2050, en principe au même rythme et de manière analogue aux mesures prises par l'UE

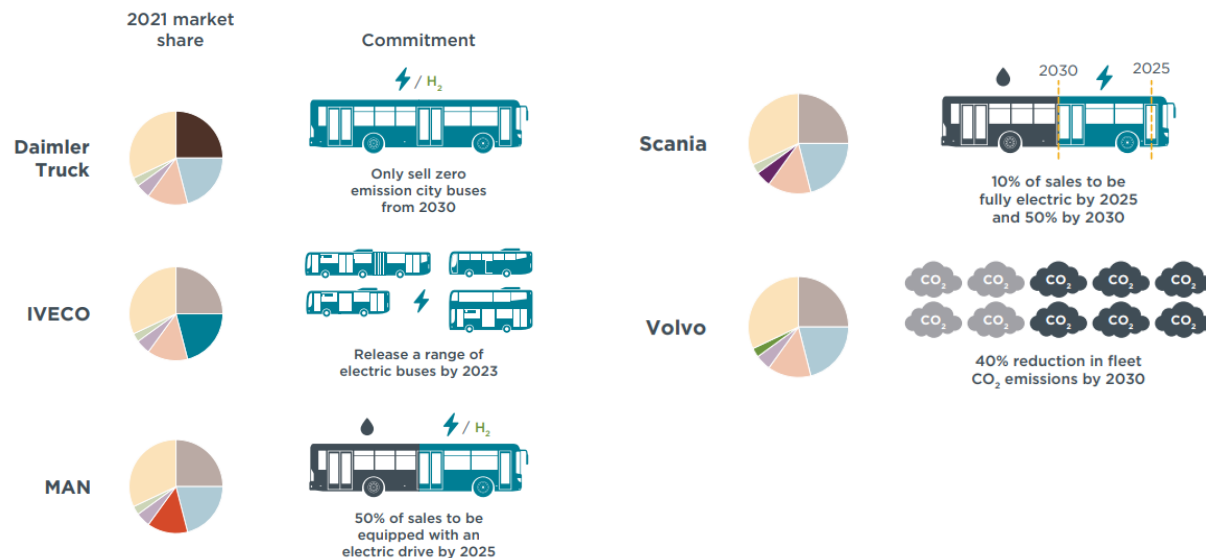
## Loi sur le CO<sub>2</sub> :

→ Suppression de la taxe sur les huiles minérales pour les bus de ligne concessionnaires : à partir de 2026 pour les transports locaux et à partir de 2030 pour le transport régional

## Loi sur le climat et l'innovation :

→ d'ici 2040 : de 57 %  
→ d'ici 2050 : de 100 %

# Engagements zéro émission des constructeurs d'autobus



Graphique : [Conseil international sur les transports propres, Le déploiement rapide des bus zéro émission en Europe, septembre 2022, p. 8](#)

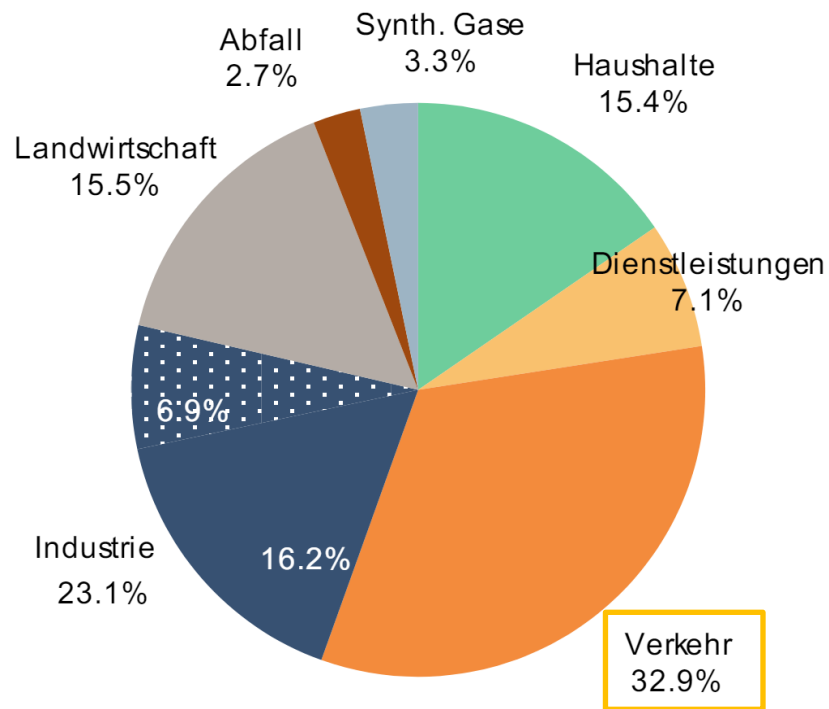
# Directives stratégiques Politique



- **L'Efficacité énergétique** sera augmentée de **30 % d'ici 2050** (par rapport à 2022) au niveau du secteur (prestations de transport, infrastructures, immobilier).
- **À partir de 2040**, les besoins énergétiques totaux du secteur des transports publics seront couverts **par des sources d'énergie renouvelables**.
- **Après 2040**, seules des technologies de propulsion respectueuses de l'environnement seront utilisées dans les transports publics ferroviaires et routiers.

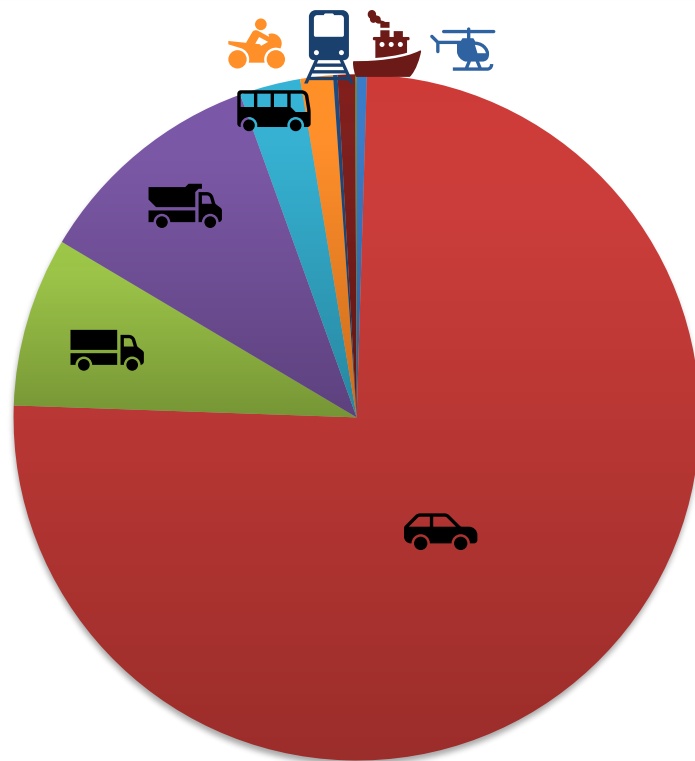
Source : Union des transports publics (UTP) (2023) : Stratégie énergétique de l'UTP

# Le trafic routier est responsable de la plupart des émissions de gaz à effet de serre



Source : OFEV (2024) Émissions selon la loi sur le CO<sub>2</sub> et le protocole de Kyoto

# Émissions de CO2 du transport par mode de transport , 2023



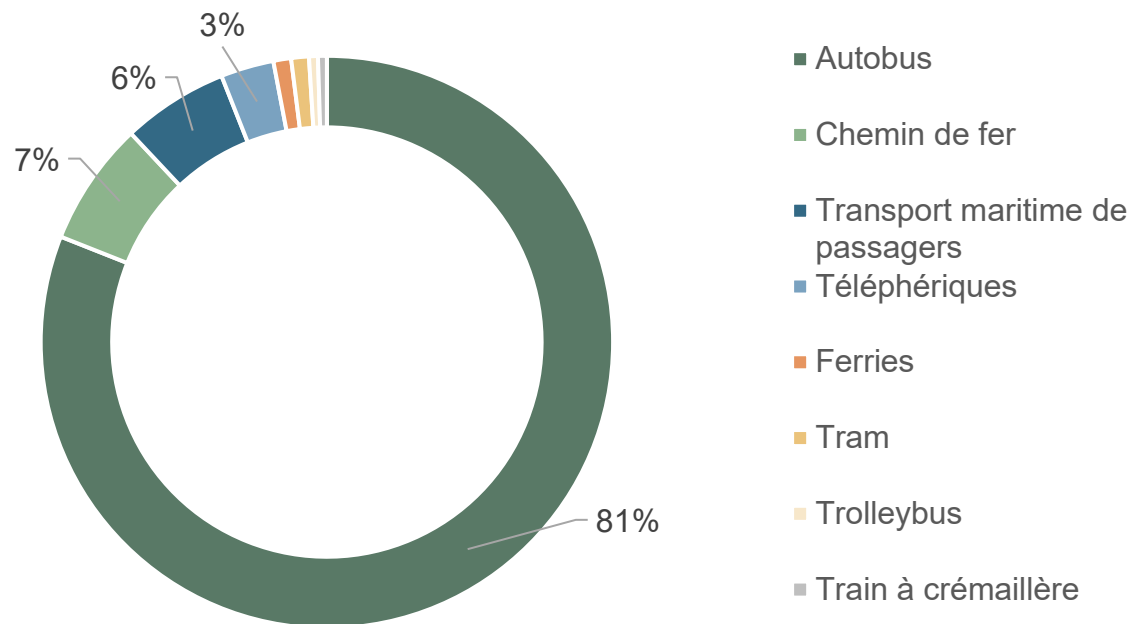
- Trafic aérien intérieur (0,5 %)
- Voitures particulières (75,1 %)
- Camionnettes (8 %)
- Camions (10,9 %)
- Bus (2,9 %)
- Motos (1,5 %)

97,1

Total : 13,6  
millions de tonnes  
d'équivalent CO2

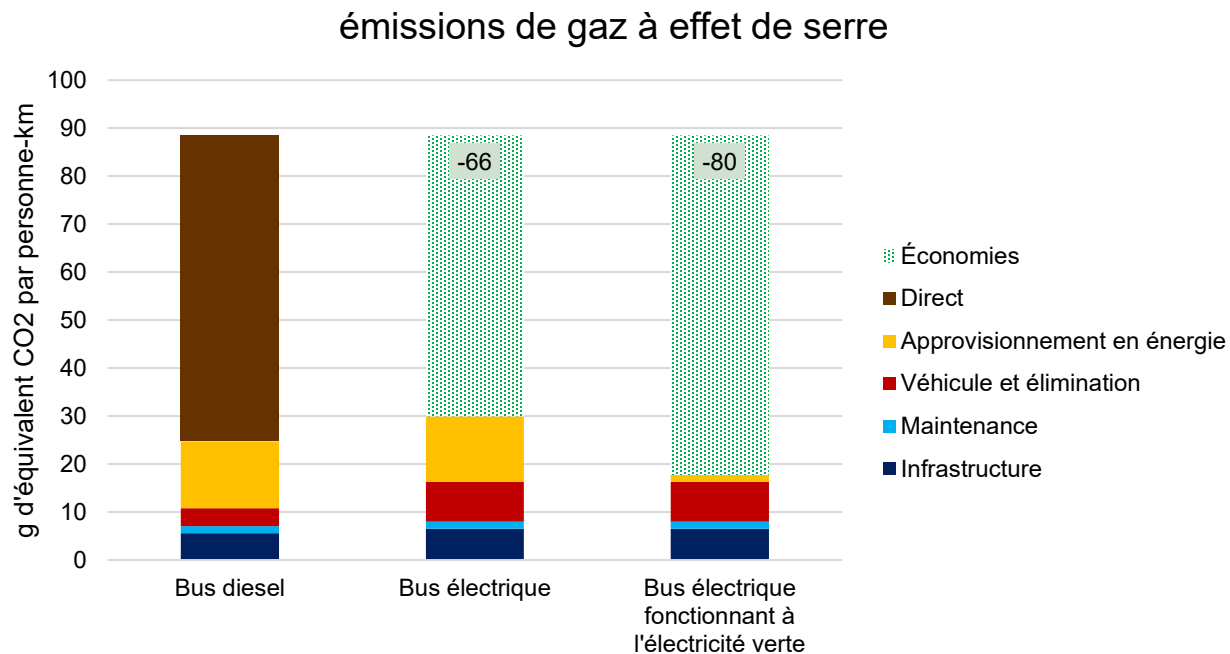
Source : Office fédéral de  
l'environnement, inventaire des gaz à  
effet de serre, 2025

# Émissions de gaz à effet de serre des transports publics suisses



Source des données : [Indicateurs énergétiques des transports publics 2022, Office fédéral des transports OFT](#)

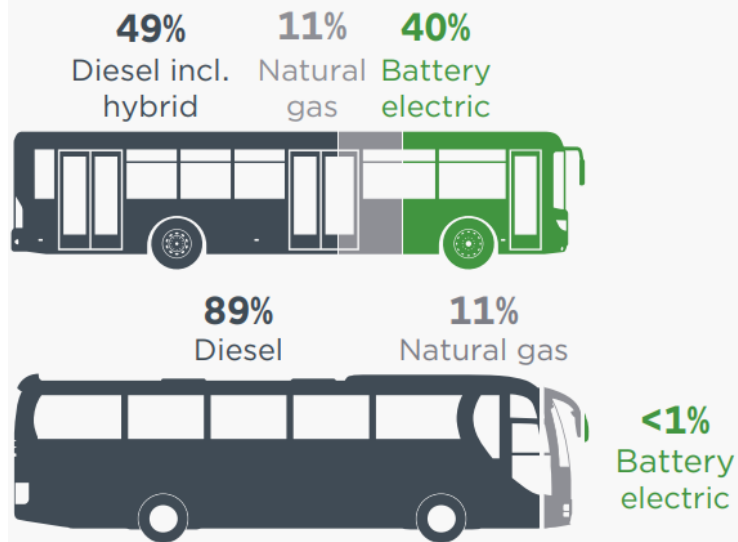
# Émissions de gaz à effet de serre des transports publics suisses : calculateur environnemental des transports



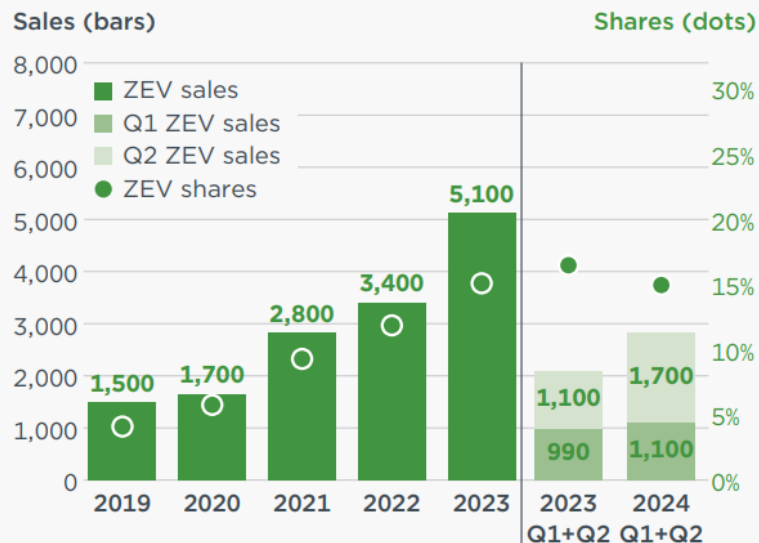
Source : [Calculateur environnemental pour les transports, SuisseEnergie](#)

# Évolution du marché européen

Sales of buses and coaches by powertrain



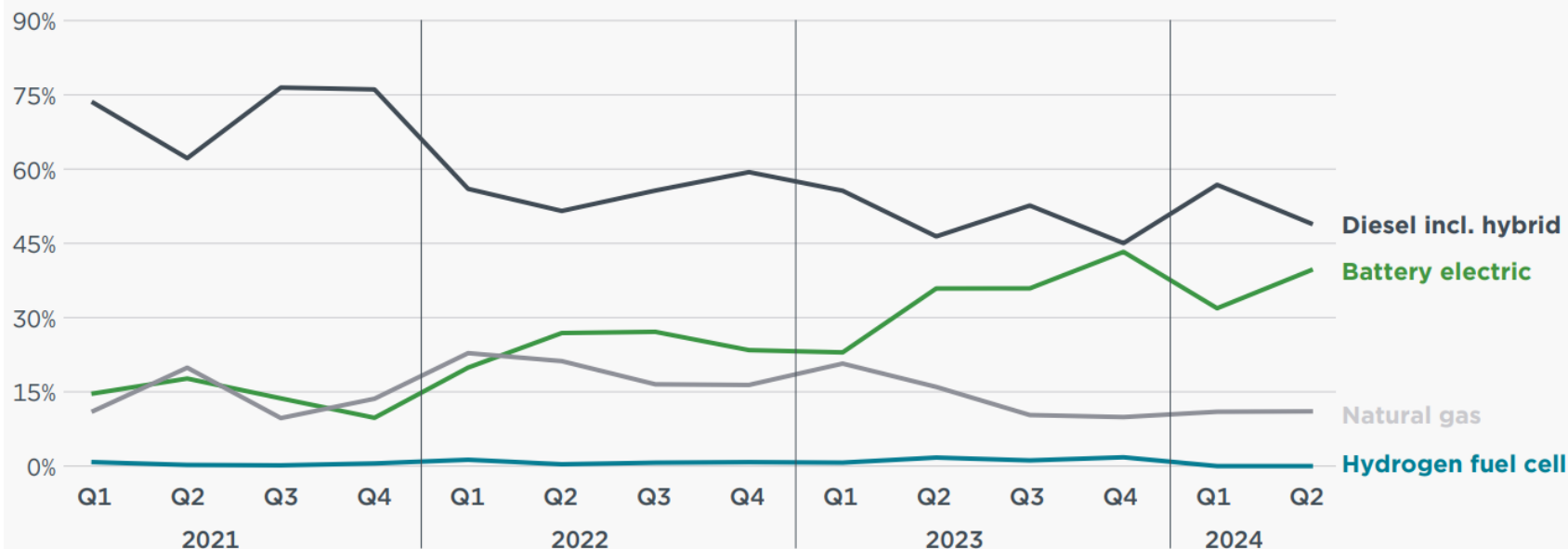
Historic sales of all zero-emission buses



Graphique : ICCT (2024), MARKET SPOTLIGHT RACE TO ZERO, p. 7

# Évolution du marché européen

## Historic sales shares of city buses by powertrain

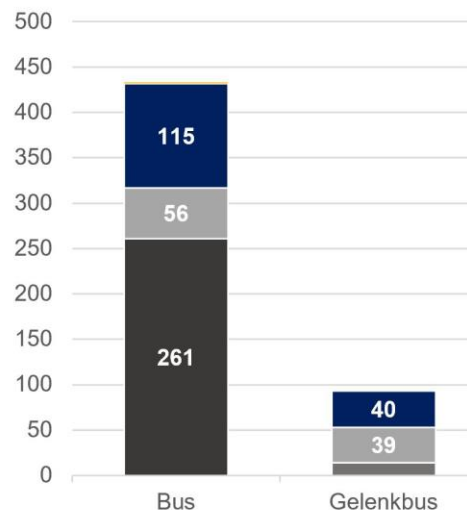


Graphique : [ICCT \(2024\), MARKET SPOTLIGHT RACE TO ZERO](#).

# Part de marché des motorisations alternatives en Suisse en 2024

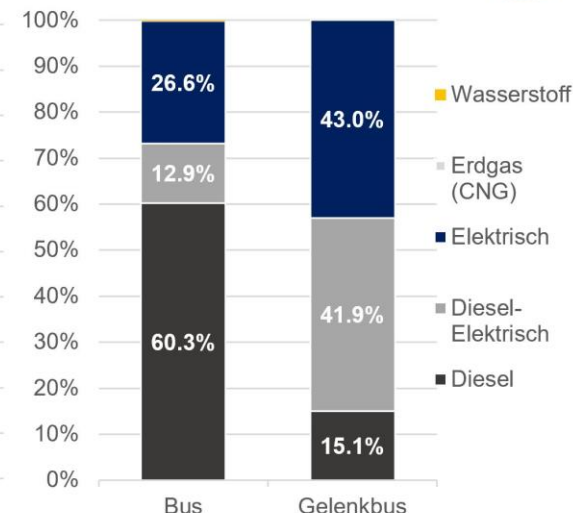
## Neuzulassungen Busse

Anzahl 2024



## Neuzulassungen Busse

Anteil 2024

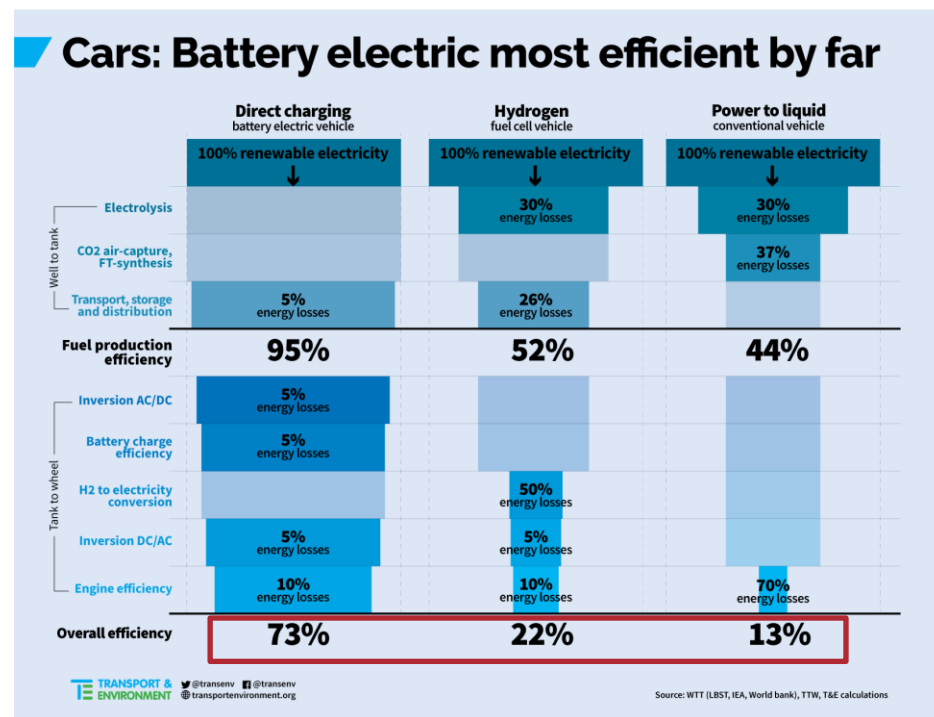


Cette catégorie comprend aussi bien les bus des transports publics (à l'exception des trolleybus) que les autocars.

- Part des bus articulés électriques supérieure à 40 %
- Part des bus électriques légèrement supérieure à 25 % pour les autres bus.
- Tous bus confondus, la part des motorisations électriques à batterie s'élève à 29,5 %.

Source : ASTRA-IVZ, présentation OFEN, état au 03.01.2025

# Les véhicules électriques à batterie sont clairement les plus efficaces



Source : Transport & Environnement, sur la base des données du WTT (LBST, AIE, Banque mondiale), du TTW et des calculs de T&E.

Graphique tiré de [La voiture électrique à batterie est la plus efficace – Acti-VE.org](#)

# Évolution du marché – Technologies de recharge

Alimentation en énergie					
Électrique					Chimique
Stationnaire				Dynamique	Stationnaire
Changement de batterie	Charge inductive	Charge conductive		Charge conductive	Ravitaillement
	Boucle d'induction	Système d'amarrage	Système enfichable	Caténaire	Diesel, gaz naturel, Hydrogène

## Chargeur de dépôt

- Principalement la nuit
- Temps de recharge plus longs
- Pour les bus, cela signifie : batterie à grande capacité avec une puissance requise réduite
- Puissance de charge de 50 à 150 kW CC (bientôt jusqu'à 350 kW)

## Chargeur occasionnel

- *Toujours en combinaison avec un chargeur de dépôt*
- Pendant la journée
- Temps de charge courts
- Pour les bus, cela signifie : batterie petite, axée sur la performance, avec une faible capacité
- Puissance de charge très élevée 450-600+ kW CC via pantographes

Source : Utilisation interrégionale de l'infrastructure de recharge pour les bus électriques, éditeur : OFT

# Quel type de batterie s'impose actuellement ?

Les batteries lithium-ion (batteries NMC, NCA et LFP) dominent aujourd'hui le secteur des batteries de traction.

	Type de batterie	Densité énergétique	Durée de vie	Coût	Impact environnemental	Sécurité	Sensibilité à la température
Chargeur de dépôt	NMC et NCA	Élevée – jusqu'à 200 Wh/kg (charge très rapide)	+	\$\$	Forte dépendance à des matières premières rares	Risque accru de surchauffe et d'incendie en cas d'endommagement de la batterie	Diminution du contenu énergétique utilisable et des performances lorsque la température baisse
	LFP	Moyen – jusqu'à 160 Wh/kg	+++	\$ (coût inférieur de 32 % à celui du NMC/NCA)	Impact environnemental réduit de 20 à 30 % par rapport au NMC et au NCA.	Plus stable thermiquement, exigences moindres en matière de gestion thermique	Légère diminution plus prononcée du contenu énergétique utilisable et de la puissance lorsque la température baisse
Opp.	LTO	Densité de puissance plus élevée (x2), mais densité énergétique plus faible (jusqu'à 100 Wh/kg)	+++ (15 à 20 ans)	\$\$\$	Faible, car longue durée de vie.	Extrêmement sûr	

Source : Batteries pour véhicules électriques, SuisseEnergie, OFEN

# Tendances technologiques – Aperçu de l'évolution des batteries

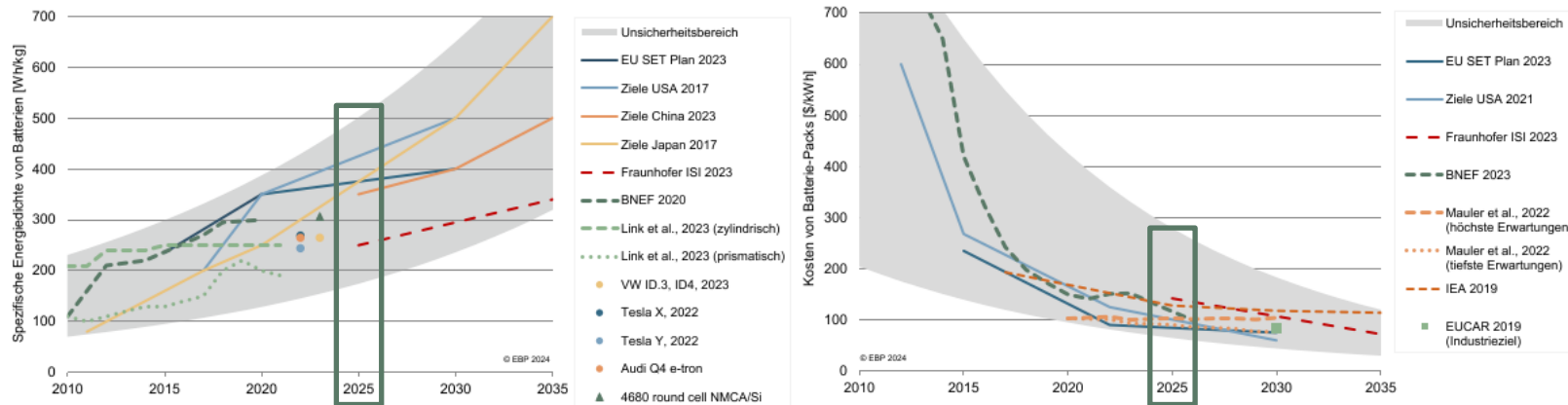


Abbildung 5 Entwicklung der gewichtsbezogenen Energiedichte (links) und der spezifischen Kosten (rechts) der Batterien bis 2035 (eigene Darstellung EBP).

- Les batteries deviennent de plus en plus abordables
- La densité énergétique et la durée de vie augmentent (**aujourd'hui : ~200-300 Wh/kg, 2030 : ~500 Wh/kg (+66 %)**)
- → batteries moins chères, plus légères et plus petites avec une plus grande autonomie pour les véhicules

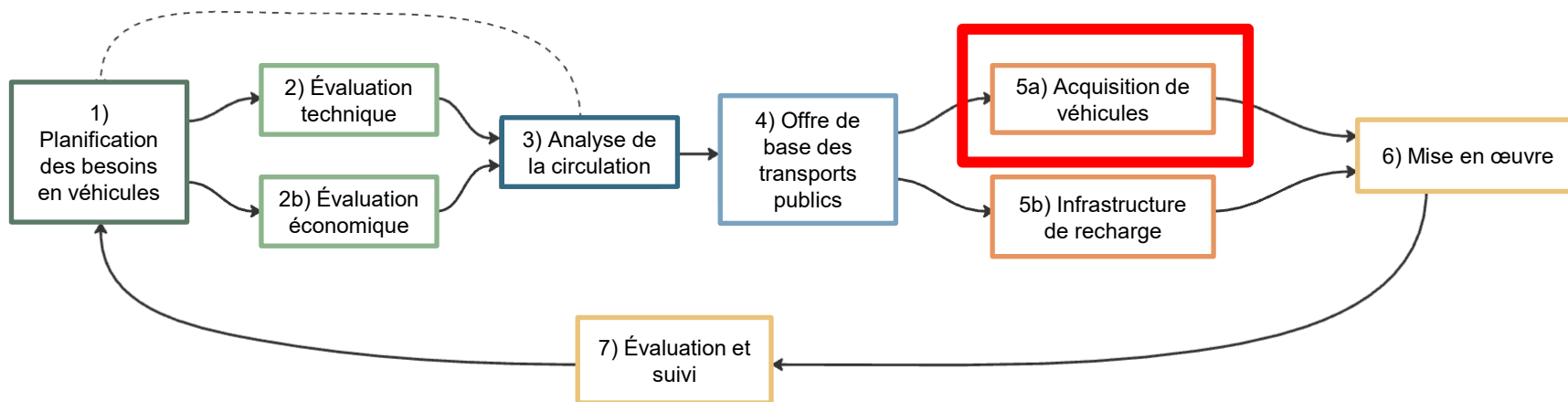
Source : [Scénarios de mobilité électrique et hydrogène en Suisse 2050, EBP](#)

---

# Achat d'autobus électriques

## Stratégie d'achat : aspects techniques, organisationnels et opérationnels

# Aperçu



**Stratégie**



**Planification**



**Mise en œuvre**

# Chargeur de dépôt vs chargeur occasionnel

---

**Quels sont les critères pertinents pour choisir entre un chargeur occasionnel et un chargeur de dépôt ?**

- La décision repose sur **l'analyse de la circulation et la rentabilité** des alternatives
- **En Suisse, la plupart des entreprises optent pour les chargeurs de dépôt**

# Concepts de recharge

Extrait de l'étude EBP « Shared Opportunity Charging : utilisation interrégionale de l'infrastructure de recharge pour les bus électriques ([lien](#))

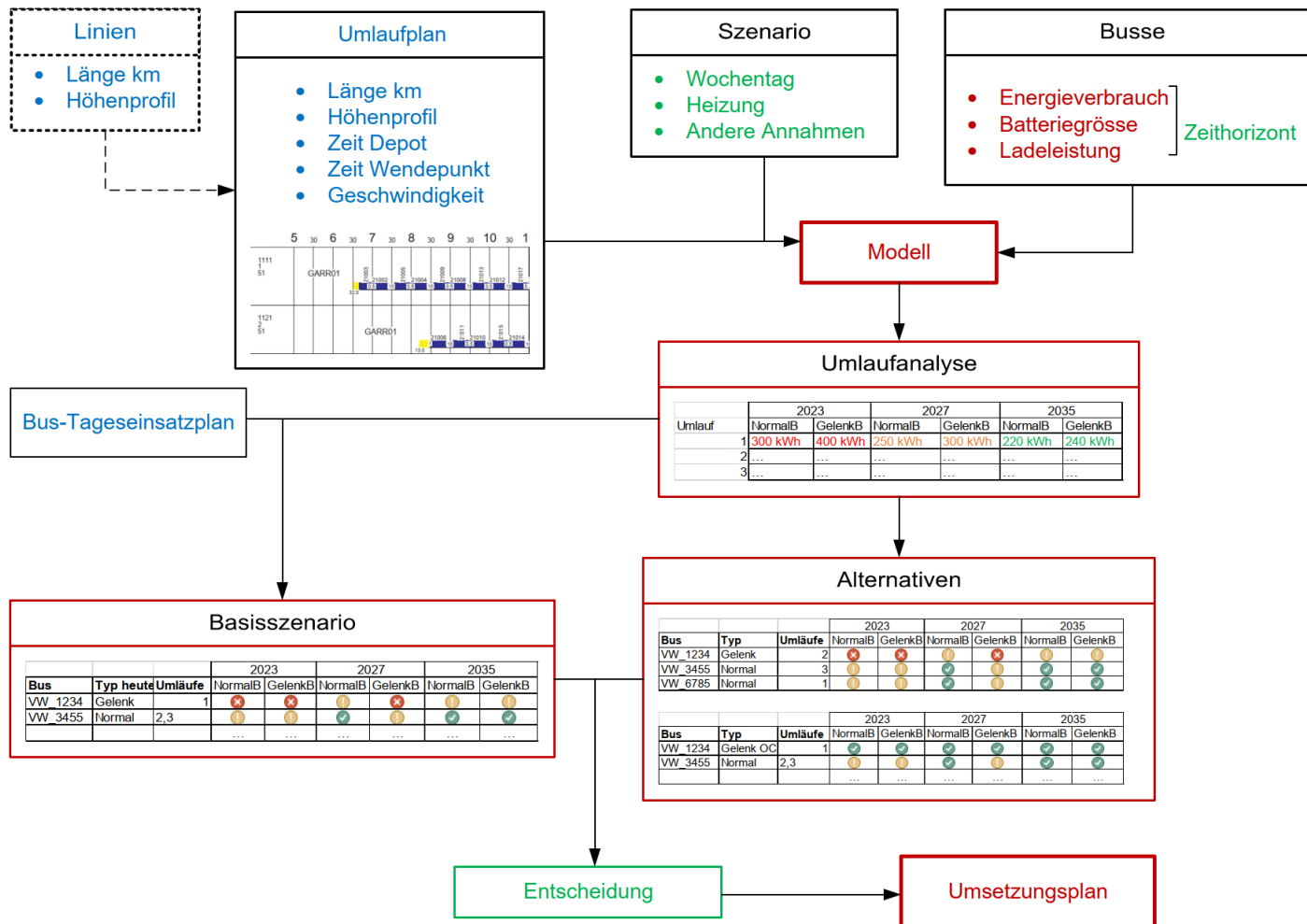
	Chargeur de dépôt	Chargeur occasionnel
Convient pour	<ul style="list-style-type: none"> <li>des véhicules parcourant <b>jusqu'à 300 km</b> (2030 à 400 km)</li> <li>Fréquence de cycle faible (rapport coût-bénéfice défavorable)</li> <li><b>Dépôt proche</b> de la ligne ou du lieu d'utilisation</li> <li>L'aménagement du territoire s'oppose à l'installation d'infrastructures de recharge sur le domaine public</li> <li>Longs intervalles pendant la journée, pouvant être utilisés pour recharger les véhicules au dépôt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rotation des véhicules <b>supérieure à 250 km</b></li> <li><b>Grande stabilité d'exploitation</b> (en cas de retard, il n'est pas possible de recharger pendant le temps tampon)</li> <li><b>Temps d'attente</b> suffisant <b>aux points de retournement</b></li> <li>Conditions architecturales défavorables dans les dépôts (emplacements éloignés, espaces restreints)</li> <li>Grands véhicules (bus articulés ou bus à double articulation)</li> </ul>
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Coûts d'infrastructure moins élevés</b></li> <li><b>Infrastructure de recharge centralisée</b></li> <li><b>Grande flexibilité</b> grâce à une faible dépendance aux lignes et aux horaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La capacité réduite des batteries entraîne une diminution du poids du véhicule et <b>des coûts d'acquisition</b></li> <li>La recharge pendant la journée permet d'éviter les pics de charge pendant la nuit</li> </ul>
Possible	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Véhicules supplémentaires nécessaires</b> pour couvrir les recharges intermédiaires pendant la journée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Bus de réserve nécessaire</b> en cas de panne de la station de recharge. Le bus de réserve doit être alimenté par un chargeur de dépôt ou au diesel</li> </ul>
Conséquences	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agrandissement ou construction de nouveaux garages en raison du besoin d'une hauteur plus importante ou d'un espacement latéral plus large dans le dépôt</li> <li>Augmentation du nombre de trajets entre le lieu d'intervention et le garage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temps de recharge à prendre en compte lors de l'établissement des horaires et détérioration conséquente de l'efficacité des horaires</li> </ul>

# Conception de la batterie et besoins en énergie

---

- La taille nécessaire de la batterie peut être estimée à l'aide d'une **analyse de circulation**.
- **Les paramètres importants** sont les suivants :
  - **Plan de circulation** (profil d'altitude, temps d'arrêt, longueur, etc.)
  - **Possibilité de recharges intermédiaires** ou uniquement pendant la nuit au dépôt ?
  - **Consommation d'énergie** : quels systèmes de climatisation/chauffage sont installés ?  
Quelle est la consommation d'électricité supplémentaire ? Température extérieure ?
- La puissance nécessaire de la batterie dépend du **concept de charge**
  - Les chargeurs occasionnels ont besoin de puissances de charge élevées pendant de courtes périodes et s'appuient donc en partie sur d'autres compositions chimiques de cellules (LTO – oxyde de titanate de lithium)

Indiquer l'autonomie dans le cahier des charges : voir les diapositives « Frequent Mistakes »



# Modèles de garantie pour les batteries

---

- **La location** de la batterie réduit les coûts d'acquisition en les répartissant sur toute la durée de vie.
  - Cela tend à augmenter le coût total sur la durée de vie.
- Les progrès technologiques ont déjà considérablement augmenté la **durée de vie des batteries**.
- Les fabricants partent aujourd'hui du principe qu'une batterie surdimensionnée **ne** nécessite **aucun remplacement**.
  - Capacité d'environ 75 à 80 % après 14 ans / 1 million de km
- De nombreuses entreprises de transport (ET) prévoient de remplacer la batterie après 7 ans
- Envisager un contrat LCC pour la batterie

## Modèles de garantie pour les batteries

---

- Différents fabricants proposent **une garantie standard** de 5 à 10 ans sur les batteries, en fonction de la technologie utilisée et du fabricant.
  - Les extensions de garantie et les packs de services doivent être examinés au cas par cas.
- Cela permet d'éviter le remplacement de la batterie en raison de sa dégradation.
- En **surdimensionnant** la batterie, son utilisation peut toujours être garantie en cas de dégradation.
- Chargeur occasionnel : **les batteries LTO** ne présentent qu'une faible dégradation, leur remplacement n'est généralement pas nécessaire.
  - Selon Toshiba, aucun incident de sécurité et aucun remplacement lié à l'âge n'ont été signalés à ce jour sur plus de 3 000 bus en Europe, dont certains sont en service depuis déjà 10 ans.

## Le marché évolue rapidement...

### CATL kündigt besonders langlebige Batterie für E-Busse an

Der chinesische Batteriehersteller CATL hat eine Batterie mit besonders langer Lebensdauer speziell für Elektrobusse vorgestellt. Sie soll bis zu 15 Jahren oder 1,5 Millionen Kilometern durchhalten.



1,5 million de km et 15 ans de durée de vie

[Electrive.net](https://www.electrive.net),  
septembre 2024

# Le vieillissement des voitures est plus lent que prévu

## Elektroautos: Stanford-Studie sagt 40% längere Batterie-Lebensdauer voraus

US-Wissenschaftler der Stanford University haben herausgefunden, dass die Batterien von Elektrofahrzeugen bis zu 40 Prozent länger halten könnten als bisher angenommen. Der Grund: Das Fahr- und Ladegewohnheiten in der realen Welt sollen die Batterien weniger stark belasten als es Labortests nahelegen.

[Electrive.net](https://www.electrive.net),  
novembre 2024

## Neue P3-Studie zeigt: Elektroauto-Batterien halten deutlich länger als gedacht

Während der Diesel läuft und läuft und läuft, gehen Elektroauto-Batterien schnell kaputt und verwandeln den teuren Neuwagen in einen wirtschaftlichen Totalschaden – so etwas ist immer wieder in Sozialen Medien zu lesen. P3 hat Daten von über 7.000 E-Autos analysiert und liefert Erkenntnisse zur realen Batteriealterung in der Praxis. Und diese Felddaten zeichnen ein anderes Bild als die Social-Media-Posts.

[Electrive.net](https://www.electrive.net),  
novembre 2024

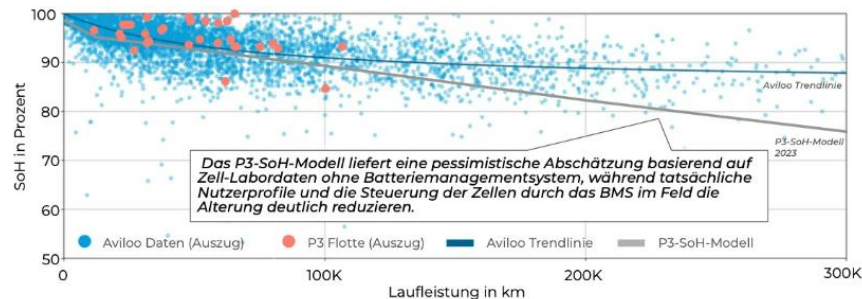
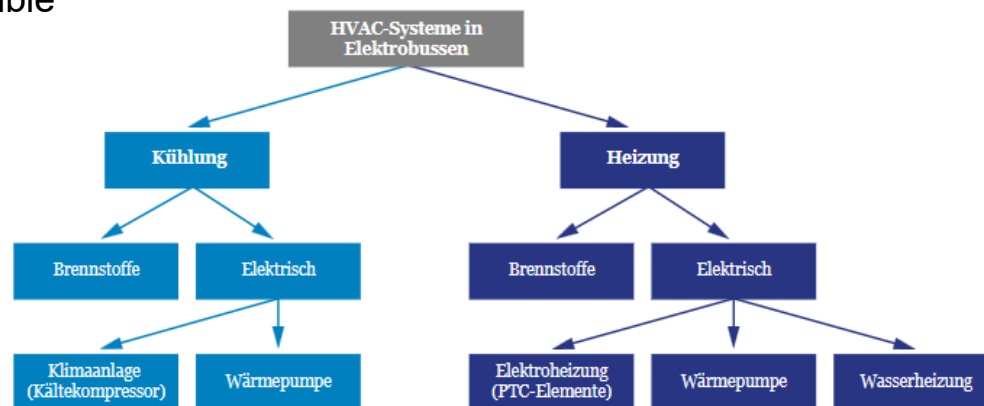


Abb. 1: SoH vs Fahrleistung für EVs mit Batterien >30 kWh.

# Confort climatique et systèmes de chauffage

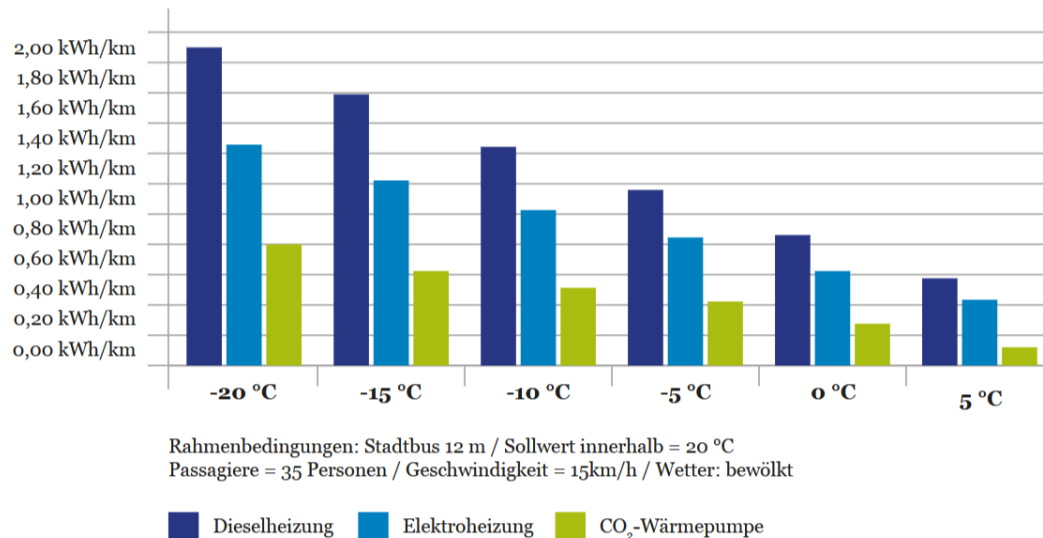
- L'électrification du système de climatisation/chauffage est nécessaire pour **la neutralité climatique** Scope 1
- Selon les données de subvention du BMWK (DE)<sup>1</sup> :
  - 99 % des 1 200 bus sont équipés de pompes à chaleur
  - dont 47 % sont entièrement électriques et 53 % sont également équipés d'un chauffage d'appoint à combustible



(1) [Étude d'accompagnement sur la promotion des bus électriques dans les transports publics \(BMWK, 2024\)](#).  
[Graphique de la page 162](#)

# Confort climatique et systèmes de chauffage

- Les pompes à chaleur affichent la **meilleure efficacité énergétique**
  - Le passage au CO<sub>2</sub> comme réfrigérant promet une efficacité encore améliorée à des températures extérieures froides (<5 °C) et un potentiel de réchauffement global réduit



[Étude complémentaire sur la promotion des Bus électriques dans les transports publics \(BMWK, 2024\). Graphique de la page 167](#)

# Spécifications de performance des moteurs électriques

---

- Un moteur électrique fournit le **couple maximal dès le démarrage** (à une vitesse de rotation = 0) et le maintient à un niveau quasi constant sur une large plage de vitesses.
- Moteur électrique : large plage de vitesses → généralement pas de rapports
- Les moteurs électriques permettent une **accélération puissante et sans à-coups**.
- Pour les moteurs électriques, on distingue la puissance maximale et la puissance continue.
  - L'appel d'offres doit donc préciser de quelle puissance il s'agit.
- **La puissance de pointe** peut être utilisée brièvement lors des accélérations ou des démarrages en côte. Une utilisation prolongée de la puissance de pointe peut entraîner une surchauffe.
- **La puissance continue** peut être utilisée pendant une période prolongée sans causer de dommages ni de perte d'efficacité.

# Spécifications de puissance des moteurs électriques

---

- La puissance continue des bus électriques est supérieure à celle des voitures particulières en comparaison avec la puissance maximale.
- Puissances moteurs typiques pour les bus articulés :
  - Puissance continue : 250-380 kW
  - Puissance maximale : 400-550 kW

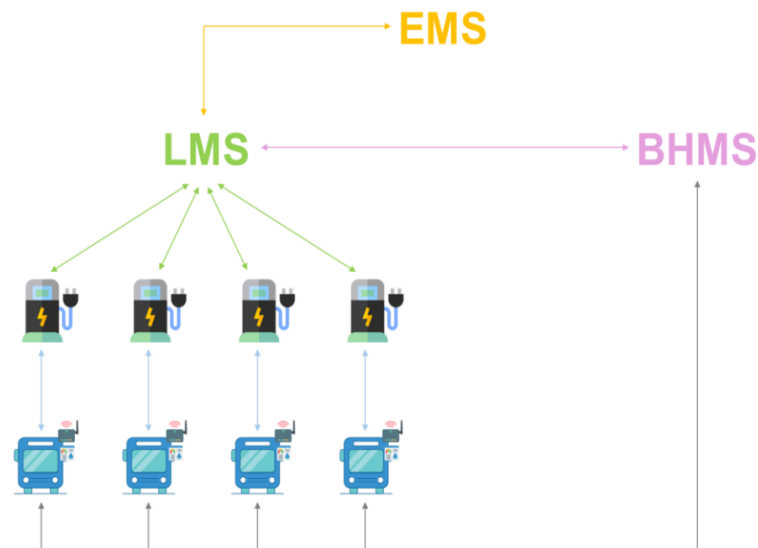
# Interfaces informatiques (numérisation de l'infrastructure de recharge)

---

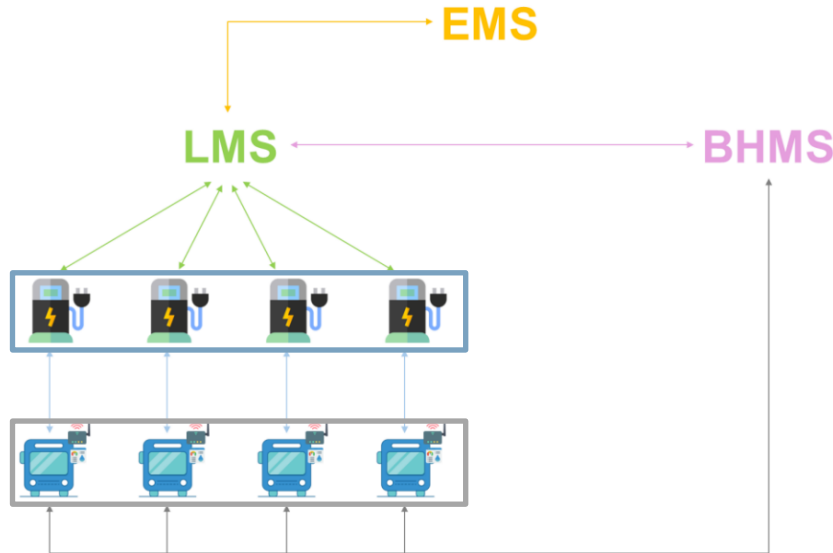
- Le passage aux bus électriques nécessite la **numérisation de divers processus commerciaux**
- **Une communication fluide** entre tous les systèmes concernés (internes et externes) est essentielle pour un fonctionnement efficace
- **Les protocoles de communication open source ou standard** sont à privilégier afin de garantir la longévité et capacité d'évolution du système.
- **La cybersécurité** est un sujet important
  - Les **interfaces** doivent notamment être vérifiées afin de détecter d'éventuelles failles de sécurité.
  - **L'accès à distance et l'architecture VPN** constituent également souvent **des points faibles** à cet égard.

# Interfaces informatiques (numérisation de l'infrastructure de recharge)

- **Gestion des dépôts (BHMS)** : planification de l'utilisation des bus
- **Système de gestion de la charge (LMS)** : gestion des processus de recharge en fonction du plan d'utilisation, de la puissance disponible et du prix de l'électricité
- **Système de gestion de l'énergie (EMS)** : surveillance de l'électricité consommée (et éventuellement produite), surveillance des prix de l'électricité
- **Stations de recharge** : contrôle des processus de recharge
- **Téléométrie** : échange des données d'exploitation entre les bus et les systèmes de gestion



# Interfaces informatiques (numérisisation de l'infrastructure de recharge)



System A	System B	Kommunikationsprotokoll
BHMS	LMS	MQTT, OPC UA, JSON
EMS	LMS	MQTT, OPC UA, JSON
LMS	Ladestationen	OCPP
LMS	Telemetrie	CAN-Bus

von	zu	Daten
BHMS	LMS	Für jedes Fahrzeug: + Zeiten in der Garage (inkl. verbleibende Zeit bis zur nächsten Abfahrt) + Batteriezustand
EMS	LMS	Verfügbare Stromleistung/Kapazität Strompreis: IST und Vorhersagen

von	zu	Daten
LMS	Ladestationen	Freigabe Ladevorgang Leistungsvorgabe Unterbruch Ladevorgang (Pause) Ende Ladevorgang
Telemetrie	BHMS	Gefahrene Kilometer Zustand des Fahrzeuges Diagnose Havarie-/Problemmeldung Batteriezustand des Fahrzeuges

---

# Financement



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports,  
de l'énergie et de la communication DETEC  
**Office fédéral des transports OFT**  
Division Sécurité

# **Soutien financier fédéral pour la transition vers des bus électriques**

24 novembre 2025

## Soutien selon la loi sur le CO2

- Selon la loi sur le CO2 ([art. 41a](#)), la Confédération soutient la transition vers des bus et bateaux **électriques** jusqu'en 2030 (2025 : 36 millions / budget provisoire 2026 : 30 millions).
  - Sont soutenus : les **véhicules routiers** du
  - transport **régional** (commandé conjointement par la Confédération et les cantons) : **75 %** des surcoûts
  - trafic **local** + reste du trafic concessionnaire : **30 %** des surcoûts
- Après déductions des autres moyens d'encouragement
- **Forfaits** par année en fonction du type de bus / type de transport

## Forfaits 2025+2026 (loi CO2)

Type de véhicule	Transport régional de voyageurs	Autres transports concessionnaires
Minibus (>9 places)	CHF 70'000	CHF 30'000
Minibus (≤23 places)	CHF 90'000	CHF 40'000
Midibus	CHF 120'000	CHF 40'000
Bus standard	CHF 140'000	CHF 50'000
Bus 15 m / à deux niveaux	CHF 170'000	CHF 70'000
Bus articulé	CHF 210'000	CHF 80'000
Bus bi-articulé	CHF 290'000	CHF 110'000

À partir de **2027** :  
probablement TRV uniquement

## Procédure (loi CO2)

- Les **entreprises de transport** et les **chargés d'exploitation** propriétaires des véhicules peuvent déposer une demande
- Lien vers la **plateforme de demande** sur la page OFT  
[Encouragement des propulsions électriques dans les transports publics](#)
- Procédure décrite dans la **directive**
- **Demandes** pour **2026** jusqu'au 31.12.2025
- **Paiement** lors de la mise en service

## Limites de financement (loi CO2)

- Ne sont **pas subventionnés** :
- Les infrastructures (de recharge)
- Le remplacement des bus électriques actuels (trolleybus compris)
- Le remplacement de bus mis hors service prématurément
- Les transformations de bus (uniquement les nouvelles acquisitions)

## Autres possibilités de financement

- Offres / indemnisation TRV
- KLiK (info via [myclimate](#))
- Programmes d'agglomération ([ARE](#))
- Cantons
- Services industriels

## Liens utiles



- **Informations** actuelles + lien pour **soumettre une demande** :  
[Page internet \*Encouragement des propulsions électriques\*](#)
- [Directive](#) : encouragement financier des technologies de propulsion électrique (Directive OFT du 1.5.2025)
- [Loi fédérale sur la réduction des émissions de CO2](#) (état au 1.1.2025)
- [Programmes d'incitation et d'encouragement - voev.ch](#)

# Contacts OFT



**Stany Rochat**

Responsable SETP2050 (*recherche et innovation*)

[stany.rochat@bav.admin.ch](mailto:stany.rochat@bav.admin.ch)



**Jonas Baumgartner**

Responsable des subventions selon la loi CO2 (*acquisition et exploitation*)

[personenverkehr@bav.admin.ch](mailto:personenverkehr@bav.admin.ch)

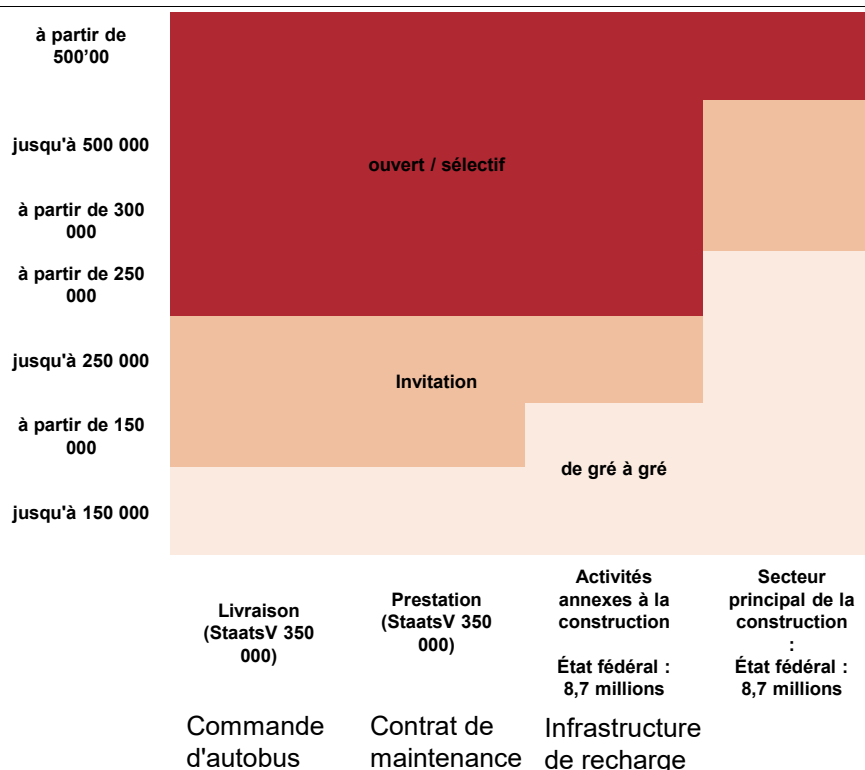


---

# Contribution juridique

# procédure d'approvisionnement

- Déterminer le type de procédure
  - Procédure de gré à gré
  - Procédure sur invitation
  - **Procédure ouverte**
  - Procédure sélective (en deux étapes)
  
- Si le seuil est dépassé : domaine des traités internationaux
  - Délais minimaux plus longs
  - Offre traduction en liaison avec l'appel d'offres
  - Pas de discrimination des soumissionnaires étrangers, etc.



# Préparation de la procédure d'acquisition

---

- Détermination de l'objet de l'acquisition
  - Commandes partielles ou commandes globales (infrastructure de recharge, construction du réseau, livraison de bus électriques) juridiquement possibles → Attention au calcul du seuil et au type de commande
  - La maintenance doit-elle par exemple être incluse dans l'offre ?
- Approvisionnement commun ?
  - Effort de coordination/réglementation des relations internes vs gain d'efficacité et remises
  - Droit applicable (art. 5 AIMP, éventuellement choix du droit applicable)
  - Limite : restrictions en matière de droit des cartels (ne doit pas devenir le seul contractant)

# Préparation de l'appel d'offres

---

- Important lors de la préparation de l'appel d'offres et de l'évaluation :
  - Principe de transparence
  - Principe d'égalité de traitement des soumissionnaires
- Recommandation : publier le projet de contrat en annexe du dossier d'appel d'offres
- Détermination des critères et spécifications pertinents :
  - Spécifications techniques : quelles sont les caractéristiques obligatoires de l'objet de la livraison, quelles sont les exigences qui doivent impérativement être remplies
  - EK (obligatoire) : quelles sont les caractéristiques que le soumissionnaire doit impérativement présenter pour pouvoir être pris en considération comme fournisseur pour le marché (par exemple, chiffre d'affaires, expérience, marchés desservis, délai de livraison, etc.) ?
  - ZK (facultatif) : selon quels critères évaluons-nous l'offre la plus avantageuse ?

# Les coûts comme critères d'attribution

---

- Coûts du cycle de vie comme critères d'attribution :  
maintenance, remplacement des batteries, etc.
  - Aucune spécification pour l'extrapolation, par exemple clause d'indexation
  - Communication des méthodes de calcul / coûts pris en compte (batterie, maintenance, etc.)
  - Description claire de la méthode de calcul et de l'évaluation (la comparabilité des offres doit être garantie)
- Prix ZK
  - Pondération minimale de 20 % en fonction de la complexité de l'acquisition, conformément à l'arrêt du Tribunal fédéral 143 II 553 (le cas échéant, réglementation cantonale pour la limite supérieure)

## Questions spécifiques : critères d'aptitude et d'attribution

---

Détermination du périmètre/de la disponibilité temporelle pour la maintenance/le service ?

- Trajet/localisation non autorisés, sauf justification objective
- Recommandation : documenter en interne

Effectuer un essai routier

- Conditions uniformes, informations claires sur la manière dont cela est pris en compte dans l'évaluation (définir précisément les critères)

## Questions spécifiques : spécifications techniques

---

- Certains critères peuvent apparaître plusieurs fois :
  - Par exemple, le délai de livraison ne doit pas dépasser 2 ans en tant que spécification technique obligatoire et des points sont attribués aux ZK pour les livraisons plus rapides (mais double vérification interdite par critères d'aptitude & critères d'adjudication).
  
- Exigences relatives à la marque : spécifications techniques
  - Aucune spécification relative à la marque, aussi ouvert que possible
  - Descriptions fonctionnelles
  - Composants (par exemple, appareil Sesam) : rester ouvert si possible. Toutefois, pour des raisons de compatibilité, il est possible d'imposer un produit spécifique.

# Rédaction de contrats et pénalités contractuelles

---

- Toutes les prestations doivent être mentionnées dans le contrat (par exemple, maintenance, fourniture de données, etc.).
- Toutes les dispositions pertinentes pour le calcul doivent être incluses dans le projet de contrat
  - en particulier les dispositions relatives à la responsabilité, aux pénalités contractuelles, par exemple en cas de retard dans la prestation
- Pas de règle stricte concernant le montant des pénalités contractuelles
  - Proportionnées par rapport à la rémunération totale du contrat, à l'étendue de la violation du contrat, à la faute, aux pertes subies par entreprise de transport (ET), etc.

---

# Erreurs fréquentes

- Expériences tirées d'entretiens avec des entreprises de transport et des constructeurs automobiles

# À quoi faut-il faire attention lors de l'acquisition d'un bus électrique ?

---

1. En tant que première **stratégie à long terme** pour les deux prochaines générations de véhicules
    - Entrer en contact avec des entreprises de transport qui ont déjà acquis de l'expérience : que puis-je faire et où ai-je besoin d'aide et de qui ?
    - Développer un savoir-faire en interne : autonomie vs efficacité
  2. **Planification de l'infrastructure de recharge du dépôt** : jusqu'à 10 ans de délai, tout en évitant le surdimensionnement : calculer les besoins futurs en électricité
  3. **Financement** : il est important de respecter les délais fixes du programme de transport urbain, car tout changement ultérieur entraînerait une exclusion du programme. Le financement via la loi sur le CO2 devrait être plus simple
- Anticiper : qu'est-ce qui pourrait ne pas fonctionner dans les prochaines étapes et comment pourrions-nous réagir (plan B) ?
  - **Coordination avec d'autres ET** : ne pas lancer les appels d'offres exactement au même moment

# Documents d'appel d'offres



## Réduire le dossier au minimum

Réduire le dossier au minimum et, dans la mesure du possible, se référer aux normes / standards / directives (plutôt qu'aux directives internes)

- Moins cher et plus d'offres
- Critères moins nombreux, mais concrets et clairs, si possible standardisés entre les ET
- Les appels d'offres portant sur plusieurs types de véhicules présentent souvent une séparation peu claire
- Ne pas imposer de spécifications technologiques particulières, mais plutôt des exigences relatives au produit (profil de la ligne plutôt que nombre d'essieux moteurs)



## Détaillé

Appel d'offres complexe et détaillé

- Différents types de bus (12 m, 18 m, transport local, transport régional...) inclus dans l'appel d'offres
- ET s'engage à commander au moins X véhicules, le type de véhicule peut être choisi, option de commander environ 6 fois plus de véhicules
- Flexibilité de l'entreprise de transport (ET), prix éventuellement plus élevés

# Critères d'aptitude et d'attribution

---

**Critères obligatoires / d'aptitude** : critères d'aptitude aussi peu nombreux et simples que possible (min. 250 km), mais pondération importante des critères d'attribution (>250 km)

- **Délais de livraison** parfois **irréalistes**
- Des critères stricts favorisent certains fabricants
- Centre de service à moins d'une heure de route (justifier par écrit en interne)

## Options pour les commandes suivantes

- Acquérir de l'expérience pratique
- Fluctuation des prix des batteries et des véhicules

## Critères facultatifs / supplémentaires

- Prix : 30-50 % (par exemple, 25 % pour le prix du véhicule, 25 % pour les coûts d'entretien) > Estimation irréaliste des coûts de remplacement de la batterie dans 8 ans
- 25-35 % critères techniques
- ~10 % concept du véhicule / aspects liés aux passagers
- ~10 % projets de référence et capacité de production (pondération parfois très forte)
- 5-10 % critères environnementaux (teneur en cobalt de la batterie, recyclage, labels et collaborateurs tout au long de la chaîne d'approvisionnement) : exigences souvent difficiles à satisfaire (par exemple, extraction des matières premières ou recyclage futur)
- Appels d'offres en partie sans essai routier !

## Pénalités contractuelles

---

- Pour les livraisons tardives (par 24 heures, 250-1 000 CHF par jour avec plafond)
- En cas de non-respect des autonomies minimales sur la durée de vie
- Si les véhicules restent plus longtemps que prévu à l'atelier et ne peuvent pas être utilisés VS. en cas de livraison tardive de pièces de rechange
- En cas de dépassement de la consommation proposée (différence entre la consommation proposée et la consommation réelle à titre de pénalité)

## Infrastructure de recharge et bus : appel d'offres commun ?

---

### Appel d'offres **séparé**

- La meilleure infrastructure de recharge (LIS) et le meilleur bus : aucun compromis n'est nécessaire
- Une exploitation mixte est de toute façon inévitable en cas d'appels d'offres multiples
- Préciser dans l'appel d'offres : « s'engagent à collaborer de manière constructive avec le fabricant de bus / LIS ».
- Les fournisseurs de véhicules ne veulent pas être responsables de l'infrastructure de recharge

### Appel d'offres **commun**

- Les constructeurs doivent assurer la communication entre la station de recharge et les véhicules
- ET n'a qu'un seul interlocuteur, la responsabilité du bon fonctionnement incombe à celui-ci

# Résilience de l'infrastructure de recharge

---



Chargeur rapide pour dépôt pas encore nécessaire, mais déjà acheté à titre de solution de secours



Accord avec une autre entreprise de transport de la même région concernant l'acquisition du même système de recharge



Commencer par le plus grand dépôt > plus d'espace pour corriger les erreurs

# Interfaces de données et système de gestion d'exploitation BMS

---

## Interface de données

Interface de données complexe pour les données du véhicule telles que la capacité de la batterie vers le centre de contrôle, le préconditionnement, la consommation d'énergie, les temps de charge, l'historique de maintenance, etc.

- À prendre en compte lors de l'appel d'offres, car certains fournisseurs facturent des abonnements coûteux pour ce service.
- Définir clairement quelles données doivent être transmises, dans quel format et à quelle fréquence.
- Nécessite une base contractuelle, ne pas se contenter d'indiquer « libre accès » dans l'appel d'offres.

- Planification des rotations, gestion des chargements, places de stationnement : **tout planifier dans le même outil** (BMS) afin d'éviter d'autres interfaces.
- Gestionnaire de chargement séparé si nécessaire
- Prévoir **suffisamment de temps** pour tester les interfaces informatiques : il y a toujours des erreurs
- **Description** aussi **précise** que possible **des protocoles de communication**, ne pas se fier aux normes
- Ajouter dans l'appel d'offres : « ne sera acheté que **lorsque le processus de chargement sera en cours** ».

## Capacités des batteries

---

- La ligne la plus difficile comme référence ou différentes lignes de référence, profil du trajet avec température min./max. et nombre de passagers > il manque souvent une description complète de la ligne pour la simulation de la batterie
- Sur les trajets difficiles avec de nombreuses recharges intermédiaires, la dégradation est accrue : surdimensionnement et utilisation limitée de la capacité de la batterie, ce qui signifie que vous ne pouvez remplacer cette batterie qu'après 7 à 8 ans. Sinon, le remplacement de la batterie après cette période est habituel.
- Conclure un contrat de service pour la batterie > risque technologique chez le fabricant.
- En termes de garantie, les données en kWh sont préférables, tandis que les données en km sont plus simples pour les offres. Indiquer clairement à quoi se rapporte la capacité de la batterie (capacité installée ou capacité utile !)
- L'avantage des données en km est qu'elles tiennent également compte de la consommation du véhicule > meilleure comparaison entre différents véhicules

## Déroulement de l'appel d'offres

---

- Période prolongée pour poser des questions
- Débriefing honnête et détaillé : avantage pour l'ensemble du secteur et pour vos propres appels d'offres futurs
- Les fabricants souhaitent davantage conseiller et ne pas se contenter de livrer (expériences d'autres ET)
- Rencontre avec les fabricants pendant l'appel d'offres :
- **Principe d'égalité de traitement** : l'annoncer à l'avance dans l'appel d'offres, le documenter et mettre les informations à la disposition de tous les soumissionnaires

# Nouvelle entreprise : emmener les employés avec soi

---

## L'entreprise devient plus complexe

- Protection incendie
- Surveillance à l'aide de logiciels de gestion des incidents
- Adapter l'organisation interne, par exemple pour le service de piquet de nuit
- Le mécanicien devient électricien = nouvelles formations
  - Impliquer les collaborateurs et les accompagner de près.
  - Expliquer les aspects environnementaux et financiers, ne pas présenter cela comme une décision de gestion imposée
  - Les personnes en première ligne (supérieurs hiérarchiques) doivent soutenir le changement

Une équipe compétente, motivée, créative et orientée vers les solutions **est essentielle** pour réussir la transition, « les employés doivent être impliqués dans cette aventure » !

---

# Interopérabilité

# Qu'est-ce que l'interopérabilité ?

---

« La capacité de différents systèmes, technologies et acteurs à fonctionner ensemble de manière transparente. »

## Situation initiale

---

- Grande **hétérogénéité** des **stratégies** et des plans de mise en œuvre concernant l'utilisation des bus électriques
- **Différentes technologies** provenant de différents fabricants et présentant des spécifications différentes
- Une uniformisation complète n'est plus possible à l'échelle nationale, mais des bases peuvent être créées pour y parvenir au niveau **(inter)régional**

## Pertinence et motivation

---

- **Chargement facile** des bus de différentes entreprises de transport à partir des mêmes arrêts
- **Réduction des coûts** grâce à des achats coordonnés, des formations initiales et continues communes, une coopération en matière d'entretien et de réparation, de pièces de rechange et de véhicules de réserve, ainsi qu'au partage des infrastructures de recharge
- **Accès facilité au marché** pour les fournisseurs d'énergie > plus d'offres
- **Utilisation facilitée des bus électriques** dans des cas particuliers (transport de remplacement prévu ou imprévu, transfert de bus à une autre entreprise de transport public)

## Quels aspects doivent être interopérables ?

Afin de garantir l'interopérabilité, il faut également prendre en compte les interfaces physiques et communicatives.

Technologie	Compatibilité de l'infrastructure de dépôt	Interfaces de communication	Planification et coopération interrégionales
Système de station d'accueil : Concepts de pantographes (descendant, ascendant)	Exigences différentes en fonction de la taille et du type des véhicules	Systèmes de guidage et leur communication : <ul style="list-style-type: none"> <li>• BHMS</li> <li>• EMS</li> <li>• Stations de recharge</li> <li>• Télémétrie</li> </ul>	Garantie de l'absence de discrimination (à qui revient la flexibilité horaire, coordination lors de l'élaboration des horaires)
Système enfichable : types de connecteurs			Définition claire de l'attribution des bornes et des créneaux horaires pour la recharge
			Développement du savoir-faire chez les fournisseurs d'énergie, les gestionnaires de réseaux de distribution, les acheteurs et les autorités organisatrices

# Nécessité d'un concept global

---

Pour parvenir à l'interopérabilité, il faut d'une part **des directives axées sur l'efficacité des systèmes et des coûts** et, d'autre part, un **organisme responsable institutionnalisé**.

## Questions à débattre

---

- Comment évaluez-vous l'interopérabilité dans votre domaine d'activité / votre canton ?
- Que faudrait-il améliorer en premier lieu pour accroître l'interopérabilité ?
- Qui devrait être responsable de l'interopérabilité en tant qu'organisme institutionnel ?

---

# Outil SUPSI

Lien vers l'outil : <https://pvxte.isaac.supsi.ch/>

# Outil SUPSI

---

Gratuit et open source, développement soutenu par le programme SETP2050.

[Documentation détaillée disponible en anglais](#)

## Entrée

- Informations sur le bus
- Infrastructure de recharge
- Profil du trajet et circulation

## Sortie

- Cette rotation peut-elle être effectuée avec une batterie électrique (quelle taille de batterie) ?
- Coûts d'investissement supplémentaires et économies grâce au bus électrique, durée d'amortissement

L'outil continue d'être développé > commentaires souhaités à l'équipe de développement

# Contact pour toute question

---

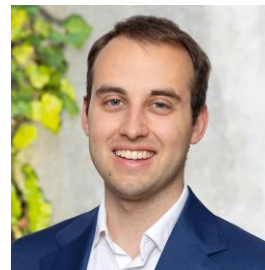


**Daniel Andersen**

[daniel.andersen@ebp.ch](mailto:daniel.andersen@ebp.ch)

+41 44 395 14 95

<https://www.linkedin.com/in/danieltandersen/>



**Alessio Mina**

[alessio.mina@ebp.ch](mailto:alessio.mina@ebp.ch)

+41 44 395 13 30

<https://www.linkedin.com/in/alessiomina/>

Site web : <https://www.ebp.ch/de/thema/energie/elektromobilitaet>