

# 11<sup>e</sup> Forum Énergie durable

Mercredi 20 novembre 2024, 9h – 17h  
Centre Paul Klee, Berne

# 11<sup>e</sup> Forum Énergie durable

Mercredi 20 novembre 2024, 9h – 17h

Centre Paul Klee, Berne

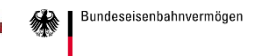
# **Ouverture du 11<sup>e</sup> Forum Énergie durable**

Ueli Stückelberger et Matthias Rücker

**Ueli Stückelberger**  
**directeur de l'UTP**



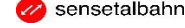
autobus.ag..liestal...



Gratulation

Bravo

Félicitations





# «Des innovations comme s'il en pleuvait!»



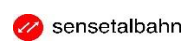


# Passage à des bus à entraînement propre: les choses avancent à toute vitesse





autobus.ag..liestal...



«Nous sommes tous mis à contribution»

## Points forts de l'UTP

~~GG2~~

MODALSPLIT

# CO<sub>2</sub>, climat et énergie: les TP font partie de la solution!

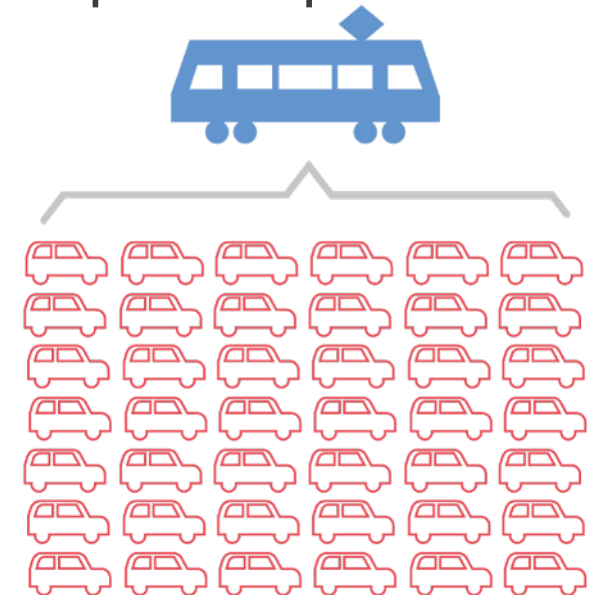
propres



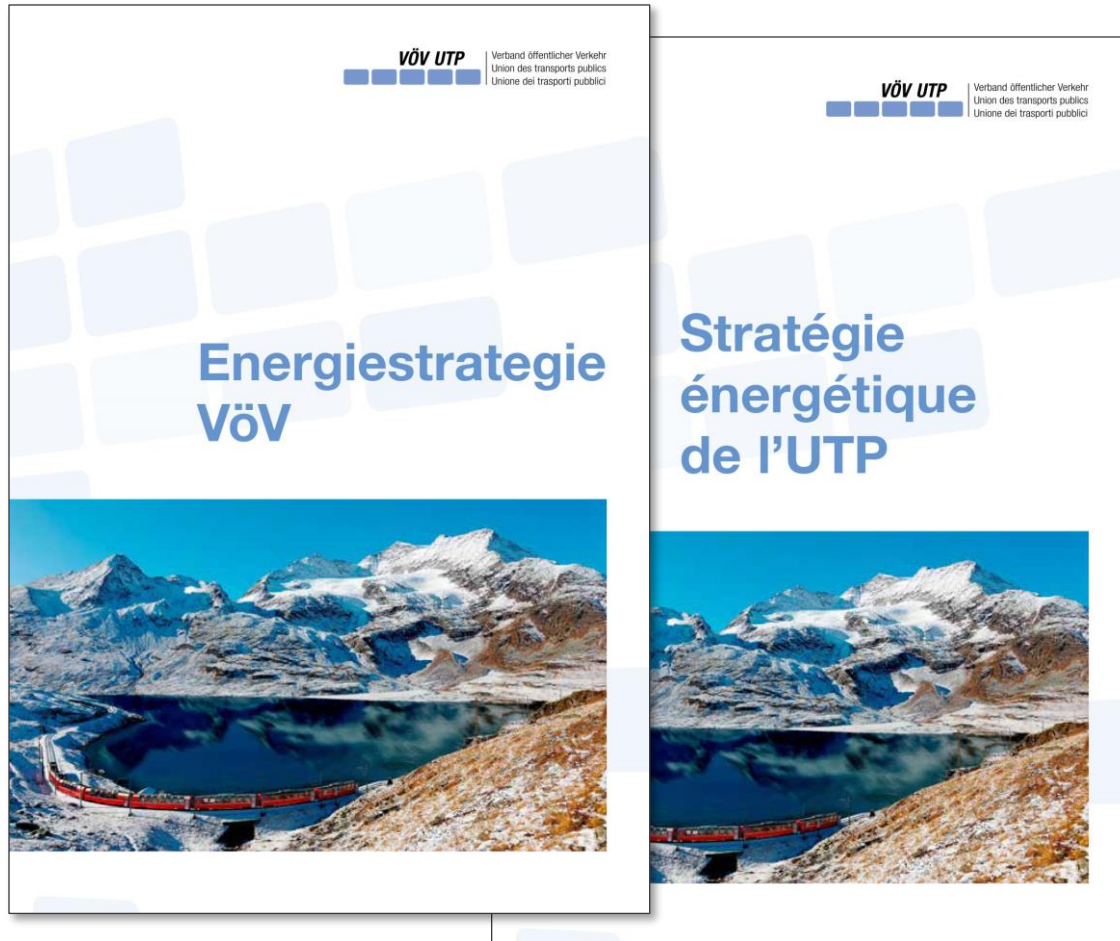
énergétiquement  
efficaces



nécessitent  
peu de place



# La branche des transports publics fournit sa contribution au tournant énergétique



## La nouvelle stratégie énergétique de l'UTP

Ambition: TP neutres en CO<sub>2</sub> dès 2040

# Ambitions qui nous mettent à contribution

- 1 Augmentation de l'**efficacité énergétique de 30 %**
- 2 Couverture des **besoins énergétiques par des énergies renouvelables** à partir de 2040
- 3 Forte croissance de la production d'énergie interne à la branche des TP
- 4 Exploitation d'**entraînements uniquement propres** dès 2040
- 5 Amélioration de la répartition modale en faveur des TP (trafic voyageurs et marchandises)





Verband öffentlicher Verkehr  
Union des transports publics  
Unione dei trasporti pubblici

merch

# grazie





**Matthias Rücker**

**responsable du groupe de  
travail Énergie durable (UTP) et  
responsable Efficacité énergétique,  
(CFF)**

# Programme de la matinée

- 9h00** Début de la manifestation et mot de bienvenue  
**Matthias Rücker (CFF) et Ueli Stückelberger (UTP)**
- 9h15** Discours d'ouverture  
**Christoph Schreyer (OFEN)**
- 9h45** Bonnes pratiques: Mélange HVO: technologie de transition ou solution durable?  
**Philipp Haudenschild (CFF)**
- Bonnes pratiques: Projet pilote de bus à hydrogène chez les TPF  
**Laura Amaudruz-Andres et Thomas Hans (TPF)**

# Programme de la matinée

11h15

**Bonnes pratiques: La production d'énergie solaire sur les infrastructures de l'OFROU**

**Alain Cuche (OFROU)**

**Bonnes pratiques: BIENE – essaim de batteries sur les véhicules ferroviaires pour stocker l'énergie dans le réseau de courant de traction**

**Markus Halder (CFF)**

**Bonnes pratiques: Est-il possible d'économiser de l'énergie grâce aux données?**

**Robert Strietzel (CFF)**

12h30

**Récapitulation de la matinée et informations concernant l'après-midi**

# Programme de l'après-midi

**14h00**

## **Ateliers**

- 1 Le photovoltaïque sur les toits des arrêts et des quais
- 2 Approvisionnement énergétique du train de chantier du futur
- 3 Désactivation complète de matériel roulant ancien avec saisie d'une heure de réveil
- 4 Service de coordination relatif aux entraînements de bus propres
- 5 Économiser l'énergie grâce aux données: cas d'utilisation et synergies dans la branche

**15h30**

## **Récapitulation des ateliers**

**Responsables des ateliers**

**16h00**

## **Bilan de la manifestation et perspectives**

**Matthias Rücker (CFF)**

**16h15**

## **Apéritif**



**Christoph Schreyer**

**Responsable de la section Efficacité  
énergétique des transports,  
Office fédéral de l'énergie (OFEN)**





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE  
Office fédéral de l'énergie OFEN  
Ufficio federale dell'energia UFE  
Swiss Federal Office of Energy SFOE



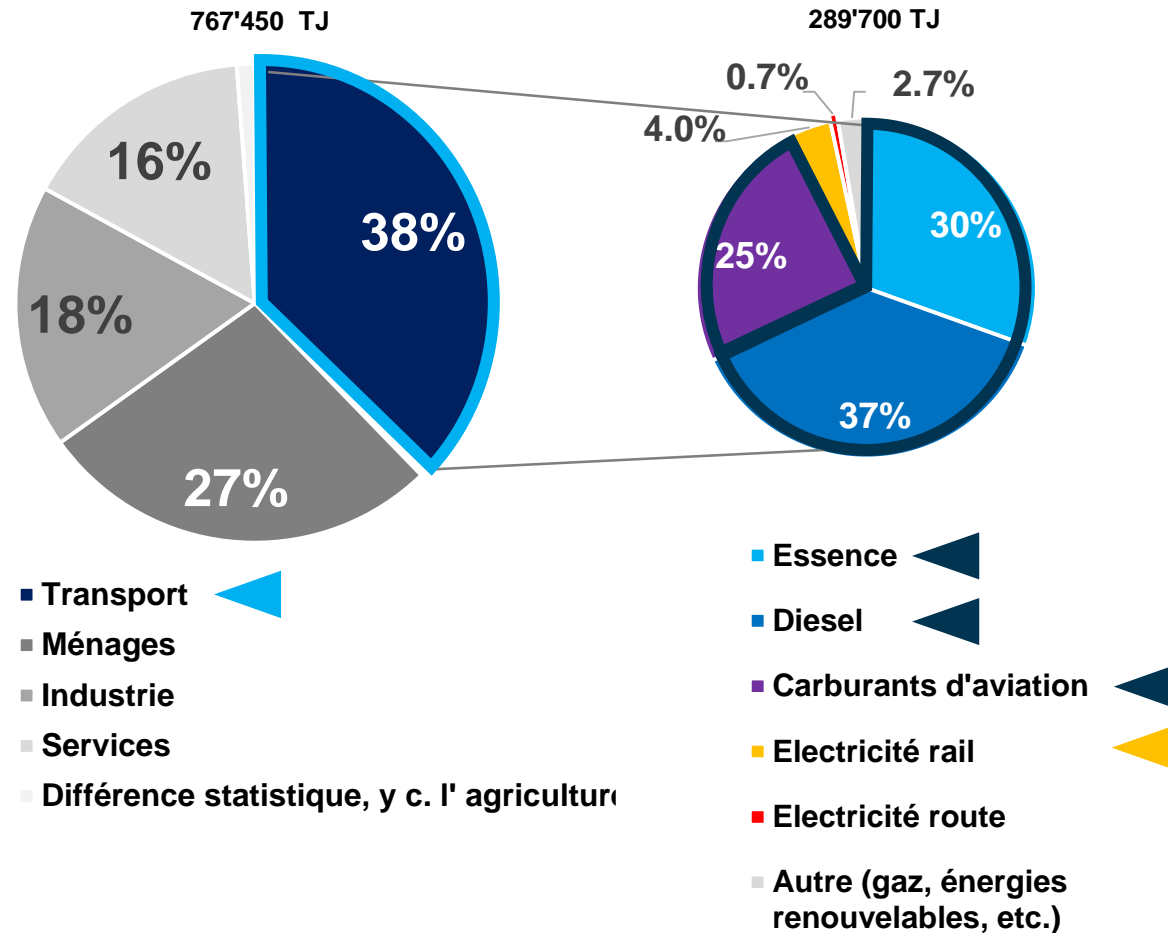
# L'IMPORTANCE DES TP POUR LES OBJECTIFS CLIMATIQUES DE LA SUISSE - CHANCES ET DÉFIS



# CONSOMMATION FINALE D'ÉNERGIE EN SUISSE

## TRANSPORTS EN 2023: SECTEUR PRINCIPAL

### Consommation finale en 2023



- **Principal consommateur d'énergie: 38 %** de la consommation énergétique totale (2022 : 36 %)
- **Fossile: fondé à plus de 90 %** sur des sources d'énergie fossiles
- **Cher: nous dépensons en 2023 12 milliards de francs\*** pour l'essence et le diesel et dépendons entièrement de l'étranger (2022: 13 milliards).

Source: OFEN Statistique globale de l'énergie 2024. erl. \*: sans les carburants d'aviation

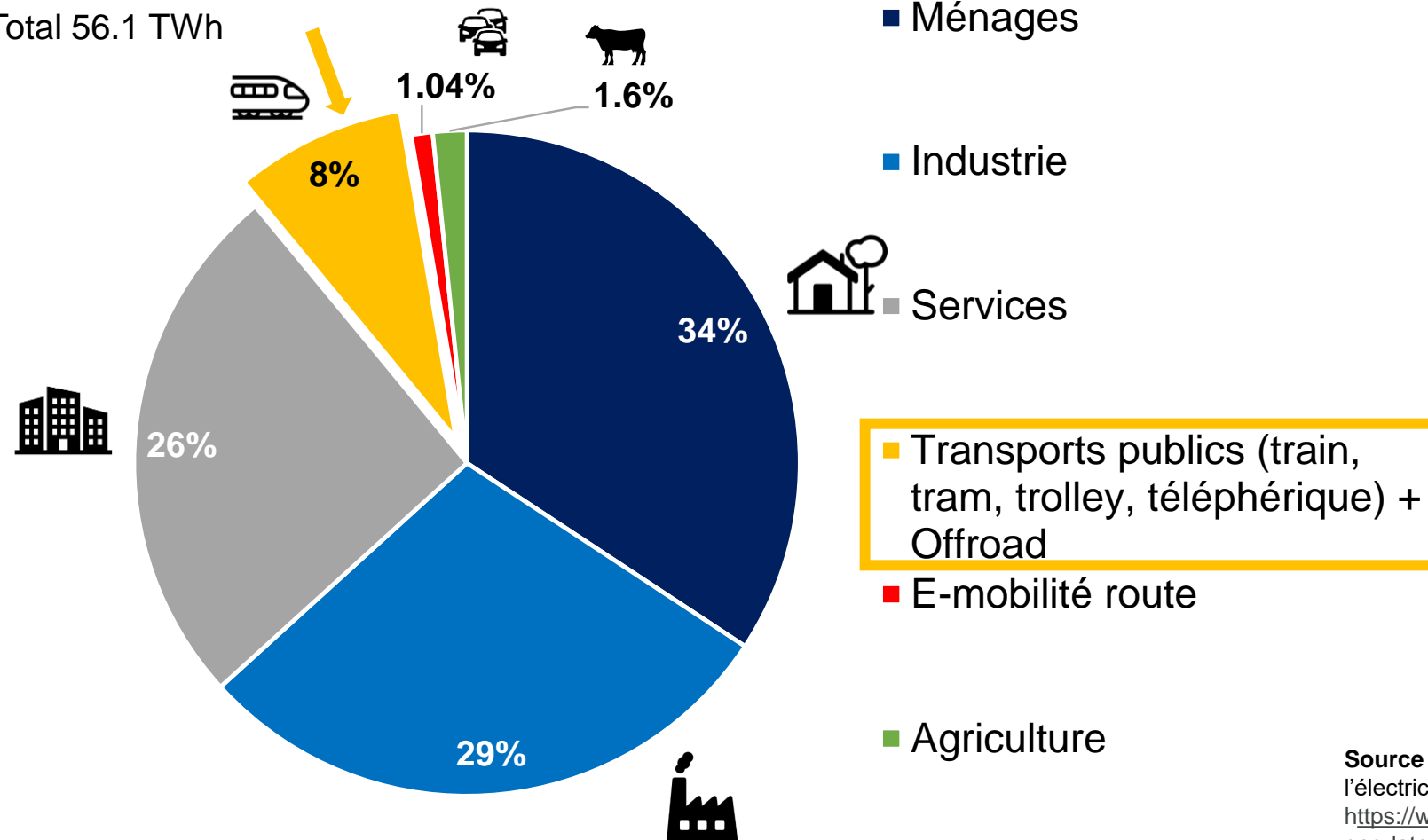


# CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ SUISSE 2023

## IMPORTANCE DE LA MOBILITÉ ÉLECTRIQUE

### Consommation d'électricité en Suisse en 2023

Total 56.1 TWh



**Source :** Office fédéral de l'énergie OFEN, Statistique de l'électricité 2023, lien: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html>

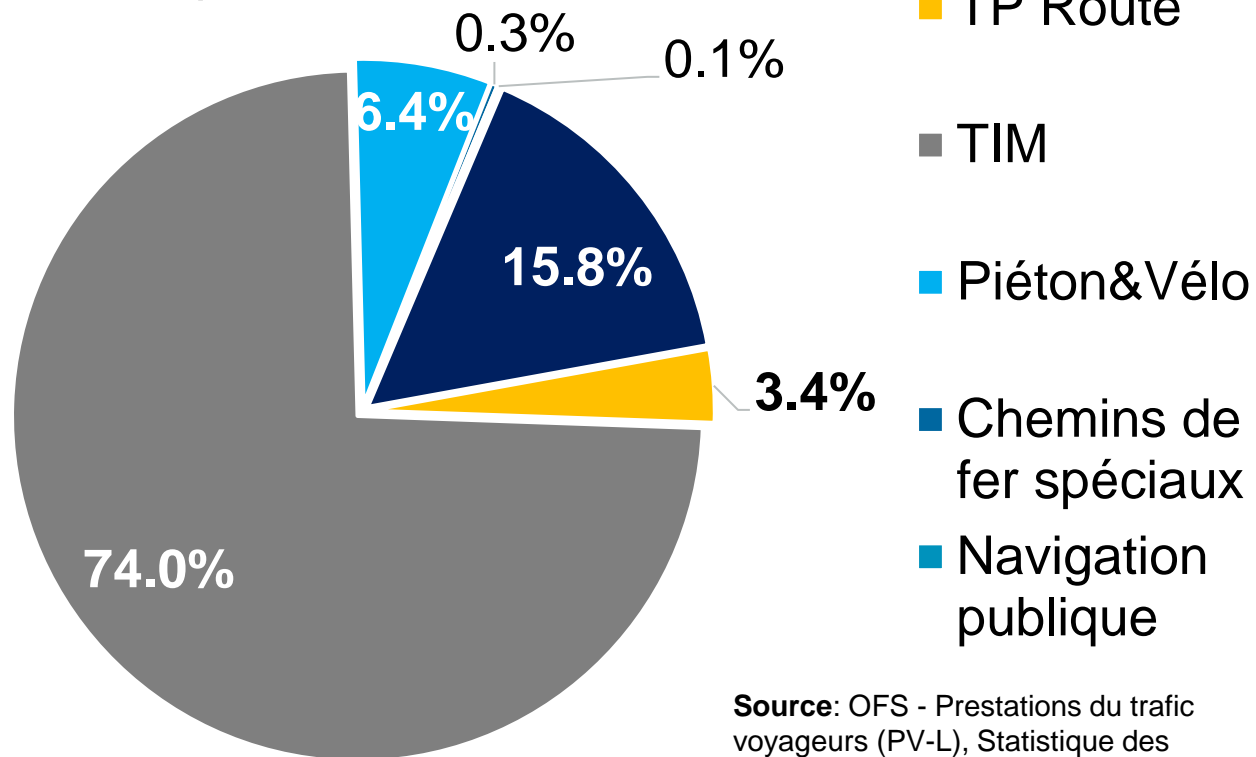


# RÉPARTITION MODALE ET CONSOMMATION D'ÉNERGIE

## TRANSPORTS PUBLICS DE PERSONNES 2022/2023

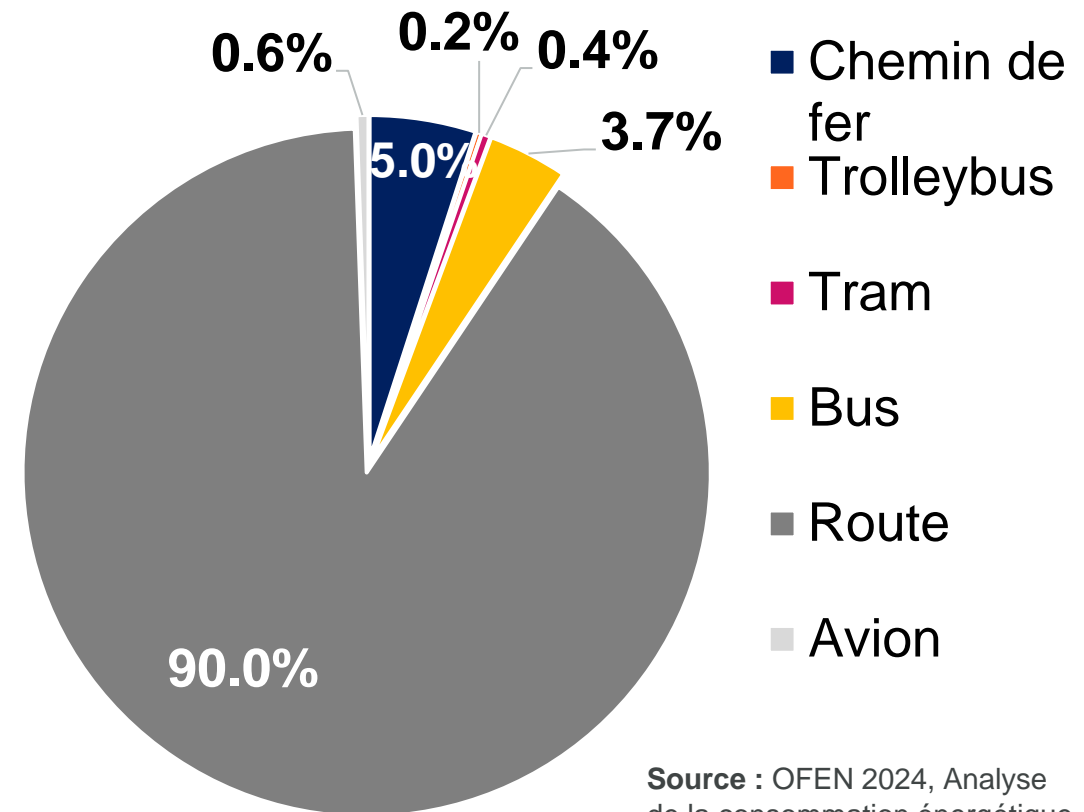
### Répartition modale du transport de personnes en 2022

Part des personnes-km



Source: OFS - Prestations du trafic voyageurs (PV-L), Statistique des transports publics (TP) septembre 2024

### Consommation d'énergie du transport de personnes 2023



Source : OFEN 2024, Analyse de la consommation énergétique suisse 2000 - 2023 par utilisation

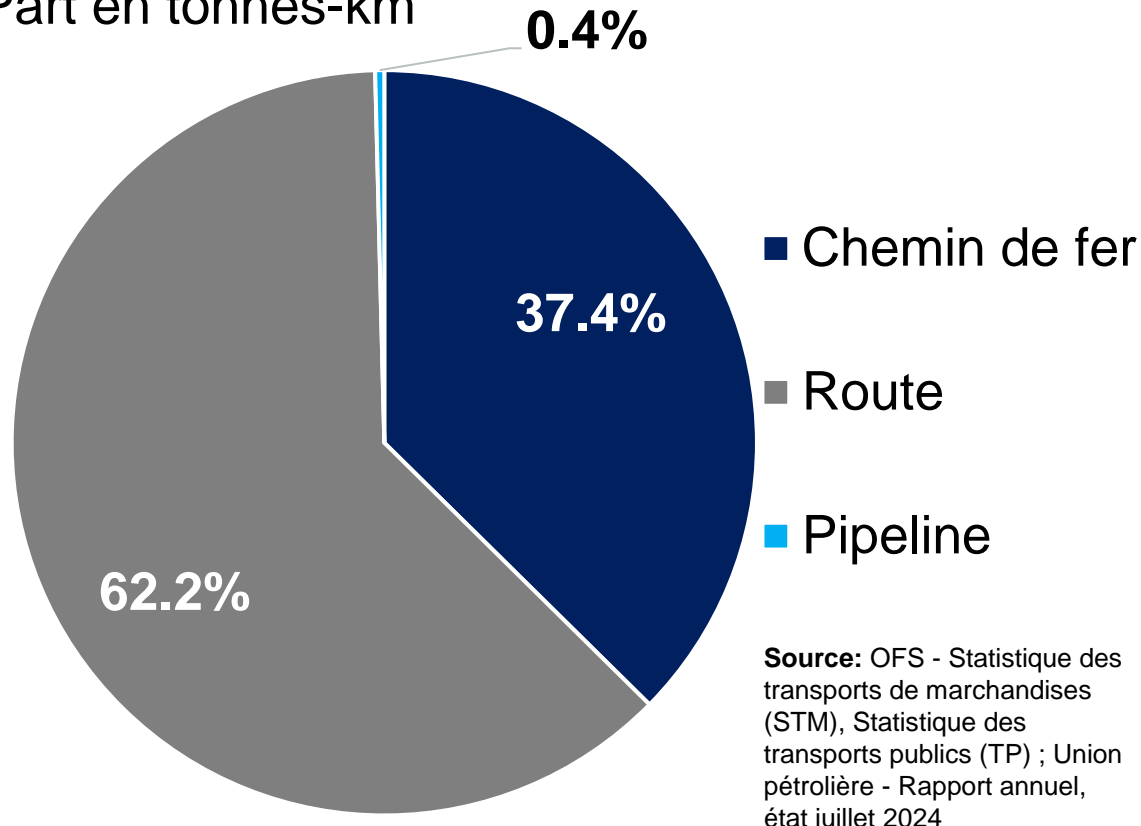


# RÉPARTITION MODALE ET CONSOMMATION D'ÉNERGIE

## TRANSPORTS PUBLICS DE MARCHANDISES 2022/2023

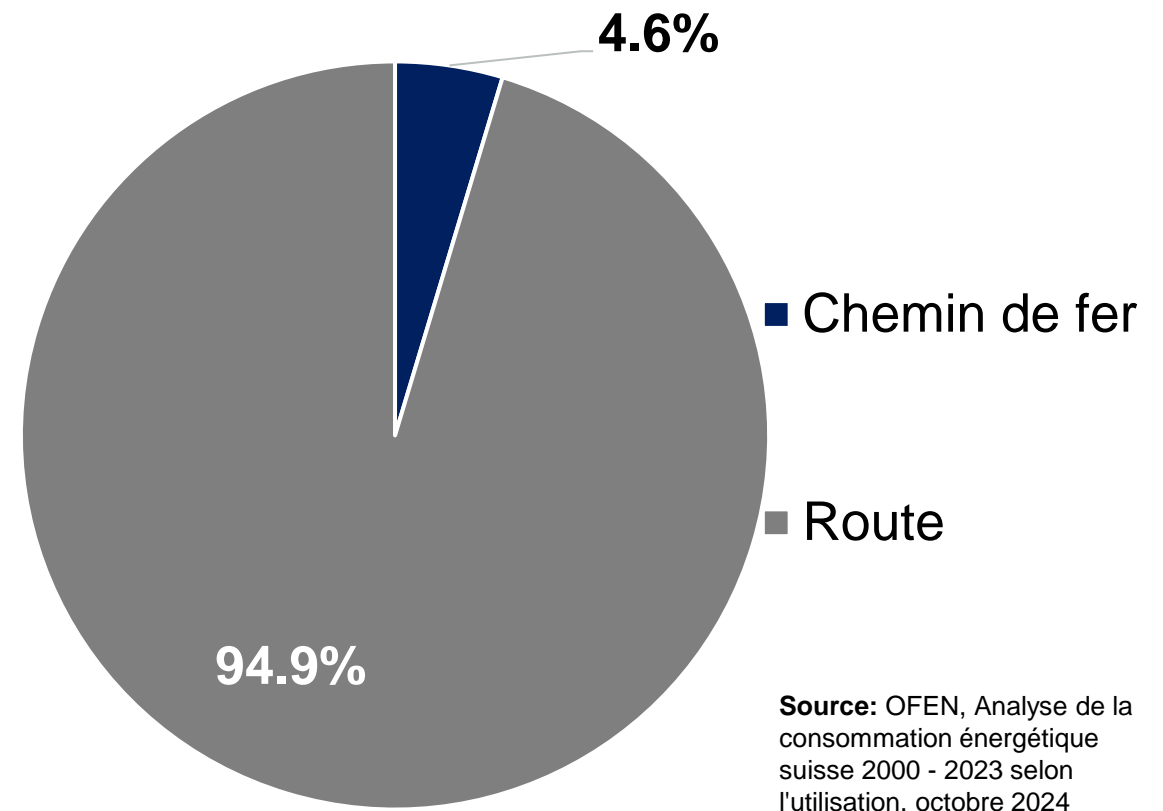
### Répartition modale du transport de marchandises en 2022

Part en tonnes-km



**Source:** OFS - Statistique des transports de marchandises (STM), Statistique des transports publics (TP) ; Union pétrolière - Rapport annuel, état juillet 2024

### Consommation d'énergie du transport de marchandises en 2023



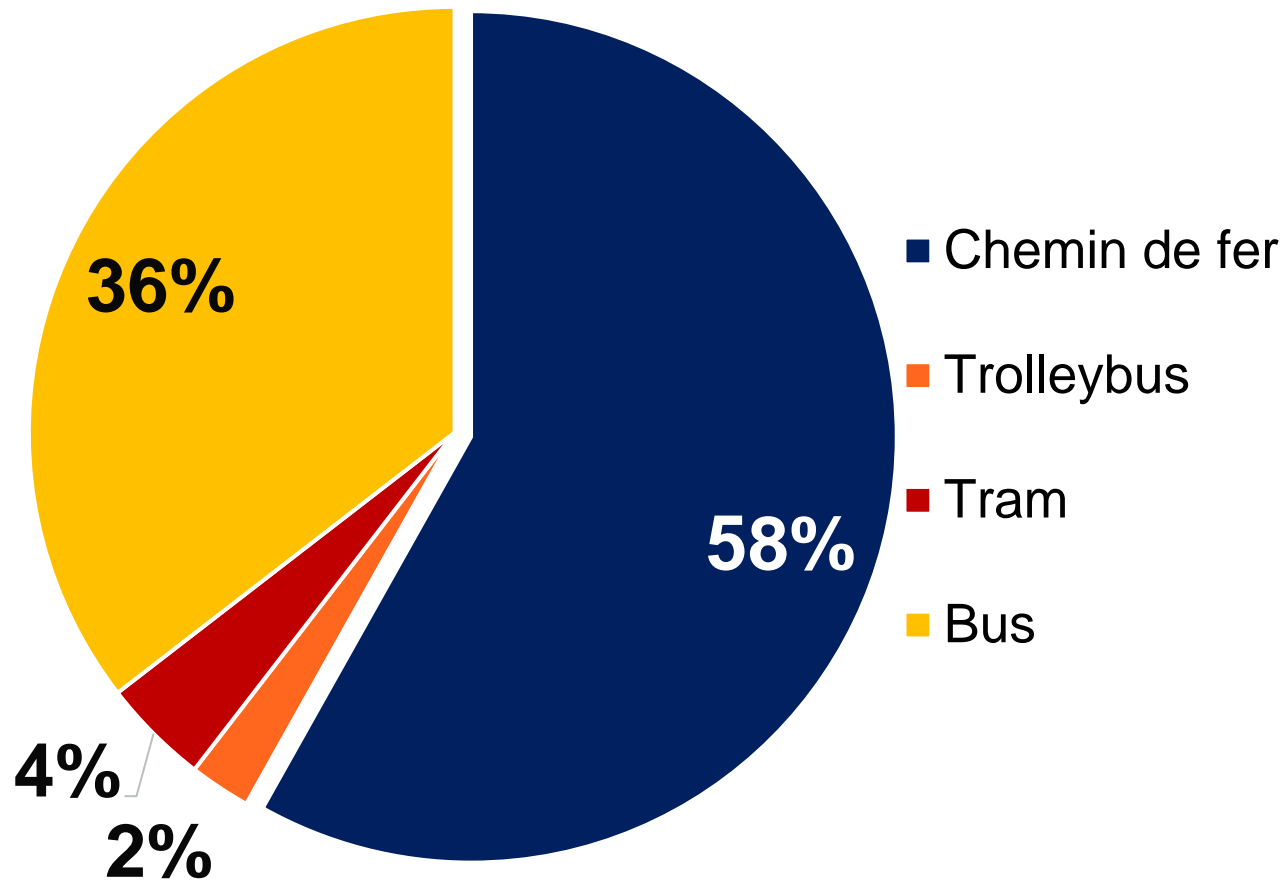
**Source:** OFEN, Analyse de la consommation énergétique suisse 2000 - 2023 selon l'utilisation, octobre 2024





# CONSOMMATION D'ÉNERGIE DANS LES TP EN SUISSE

## TRAFIC VOYAGEURS ET MARCHANDISES 2023

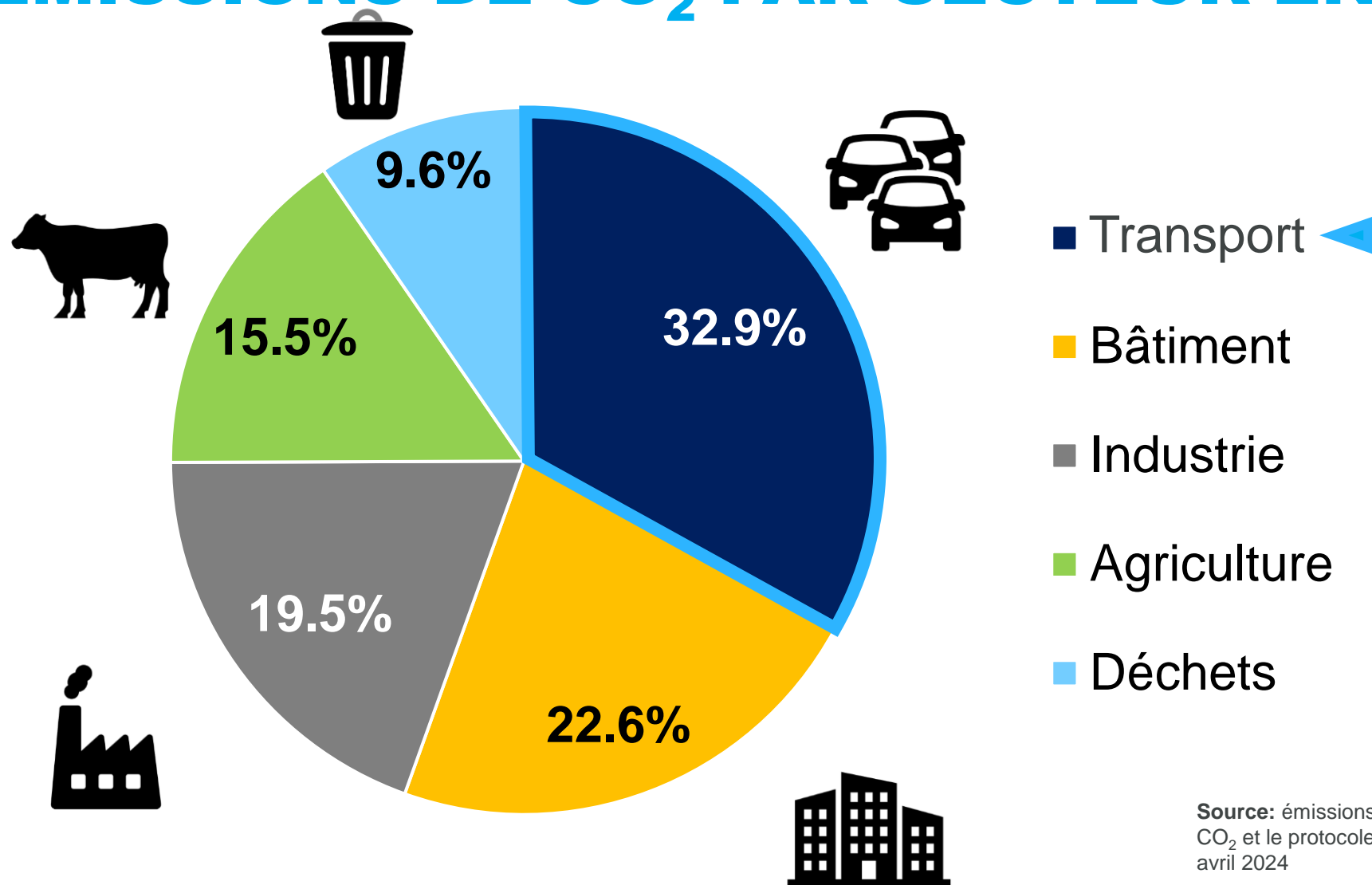


Source : OFEN 2024, Analyse de la consommation d'énergie suisse 2000 - 2023  
selon les utilisations

- Les TP représentent à peine 8 % de la consommation d'énergie dans les transports, mais fournissent environ 20 % des prestations de transport dans le trafic voyageurs et environ 37 % dans le trafic marchandises.
- Le **train** consomme **environ 58 %** de l'énergie des TP.
- **Les bus diesel** consomment environ **36 %** de l'énergie des TP.

# IMPORTANCE DES TRANSPORTS

## ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> PAR SECTEUR EN 2022

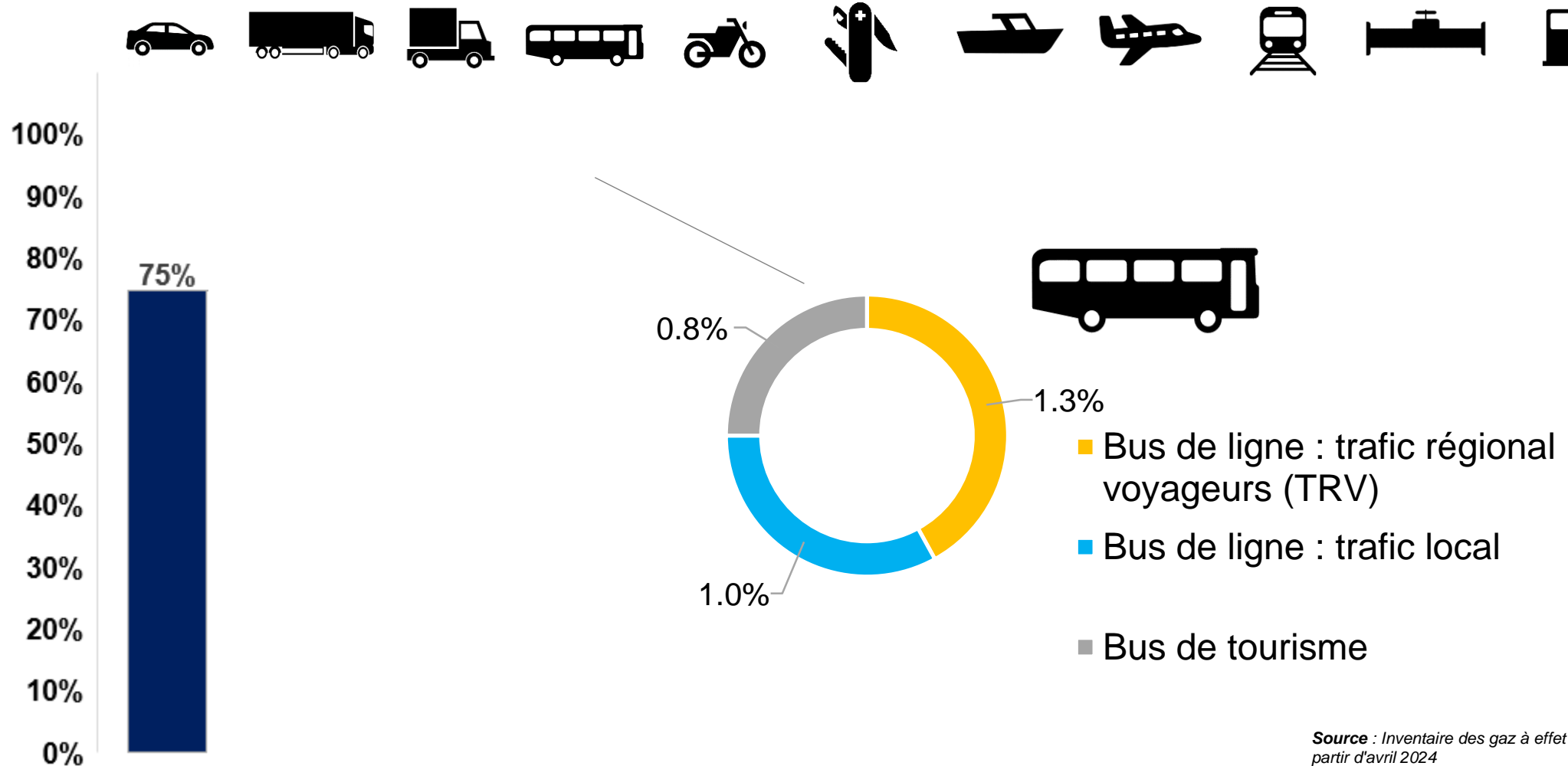


Source: émissions de gaz à effet de serre selon la loi sur le CO<sub>2</sub> et le protocole de Kyoto, réparties par secteur, état: avril 2024



# ÉMISSIONS DE CO<sub>2e</sub> DES TRANSPORTS EN 2022

## PAR MODE ET MOYEN DE TRANSPORT



Source : Inventaire des gaz à effet de serre FOEN, à partir d'avril 2024



# ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> DES TRANSPORTS 1990-2022

## PAR MODE ET MOYEN DE TRANSPORT

Émissions de CO<sub>2</sub> dues aux transports  
1990-2022

Millions de tonnes  
Équivalents CO<sub>2</sub>

18

16

14

12

10

8

6

4

2

0

-2

1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022

■ Transport par pipeline

■ Trafic aérien national

■ Navigation

■ Chemin de fer

■ Tourisme à la pompe et  
différence statistique

■ Motos

■ Bus

■ Camion

■ Fourgonnettes

■ Voiture de tourisme

Objectif sectoriel  
Transports 2020:  
10% de réduction par  
rapport à 1990

Quelle: BAFU - Treibhausgasinventar  
Stand April 2024



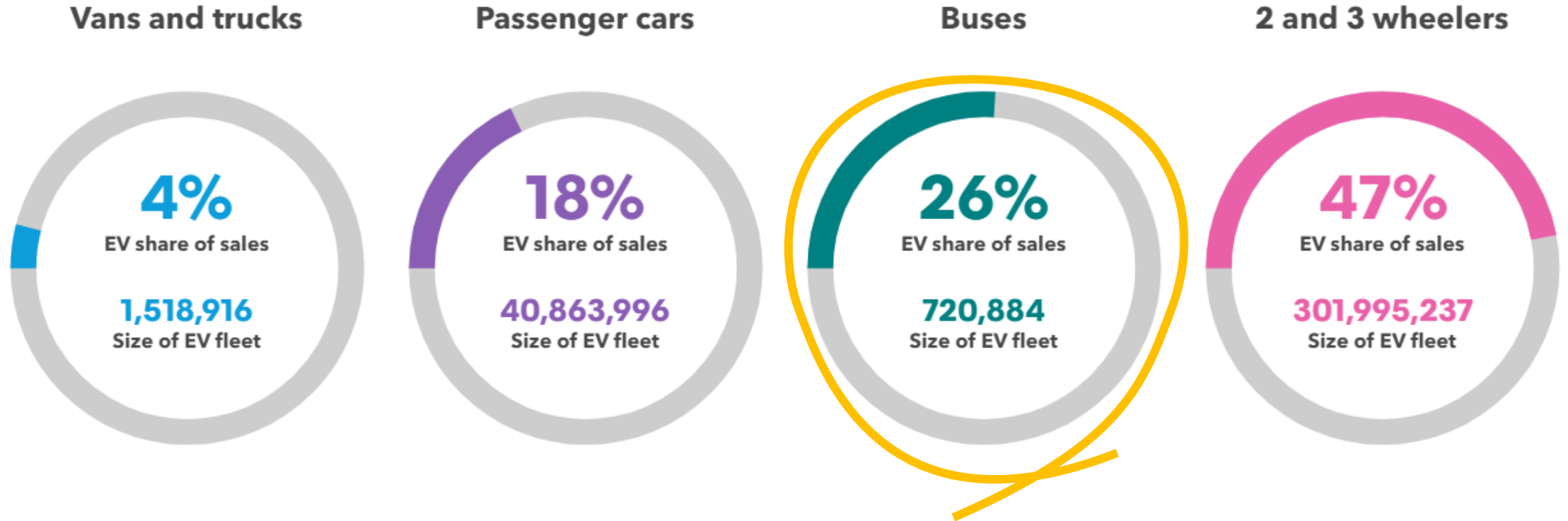
# **ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS PUBLICS**

## **DÉVELOPPEMENTS INTERNATIONAUX**



# ELECTRIC VEHICLE OUTLOOK 2024

## PART DES VENTES ÉLECTRIQUES PAR SEGMENT



**Source:**  
Electric vehicle outlook 2024,  
BloombergNEF, 12 juin, 2024;  
<https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>



# ELECTRIC VEHICLE OUTLOOK 2024

## REMPLACEMENT DU PÉTROLE PAR SEGMENT

Oil displacement by vehicle segment

Vans and trucks



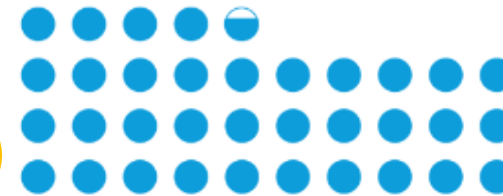
57,790 Barrels per day

Buses



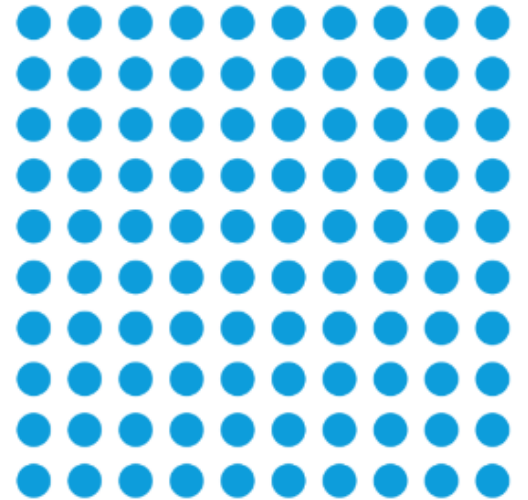
215,517 Barrels per day

Passenger cars



370,574 Barrels per day

2 and 3 wheelers



1,069,487 Barrels per day

Source:

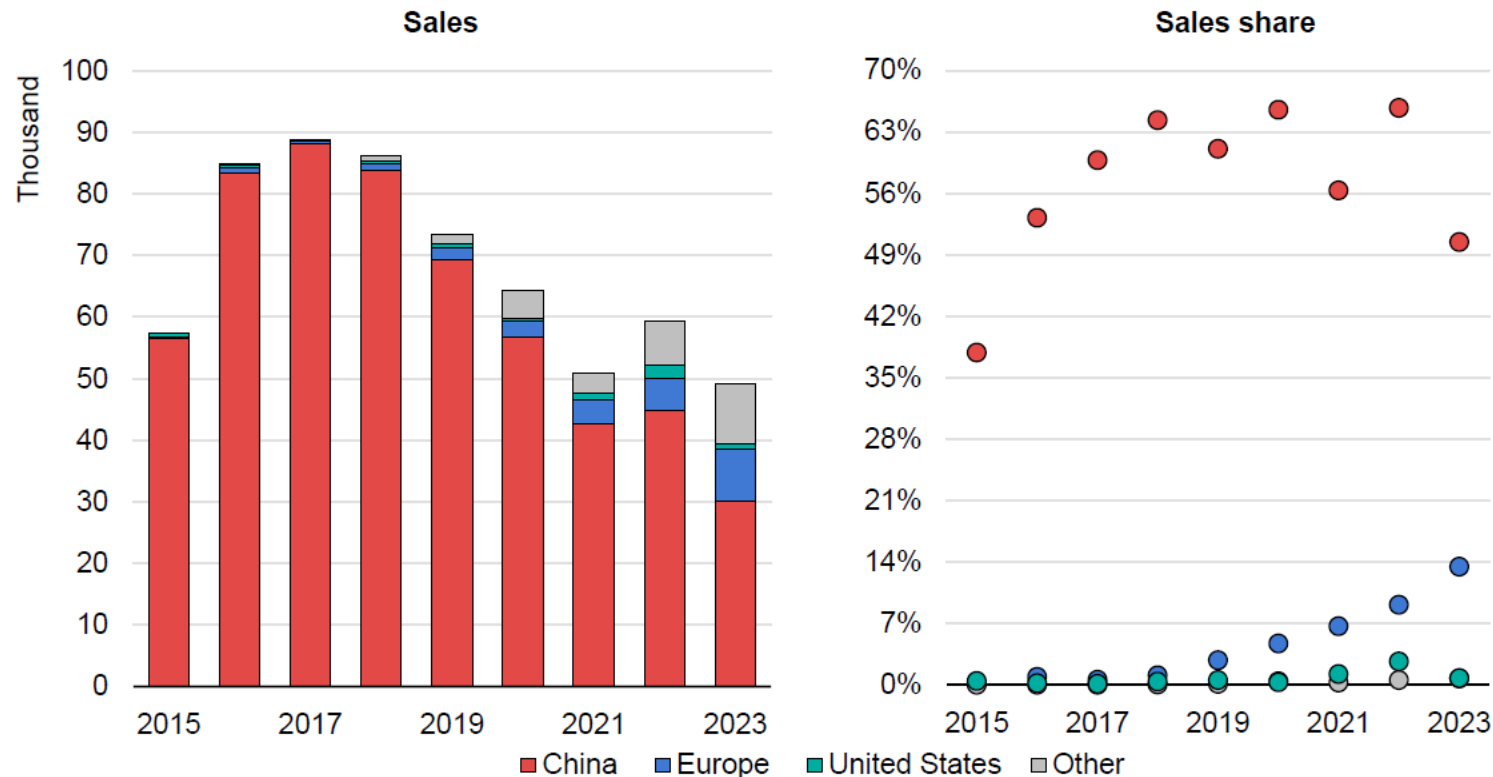
Perspectives des véhicules électriques en 2024, BloombergNEF, 12 juin, 2024; <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>



# DÉVELOPPEMENT DU MARCHÉ MONDIAL DES BUS ÉLECTRIQUES

## LA CHINE DOMINE, L'EUROPE RATTRAPE SON RETARD

Electric bus sales and sales share by region, 2015-2023



IEA. CC BY 4.0.

Notes: Only medium- and large-sized electric buses are included; minibuses and passenger vans are treated as light commercial vehicles.

Source: Race to Zero: European Heavy Duty Vehicle Development Quarterly, ICCT, 26 septembre 2024, <https://theicct.org/publication/r2z-eu-hdv-market-development-quarterly-jan-june-2024-sept24/>

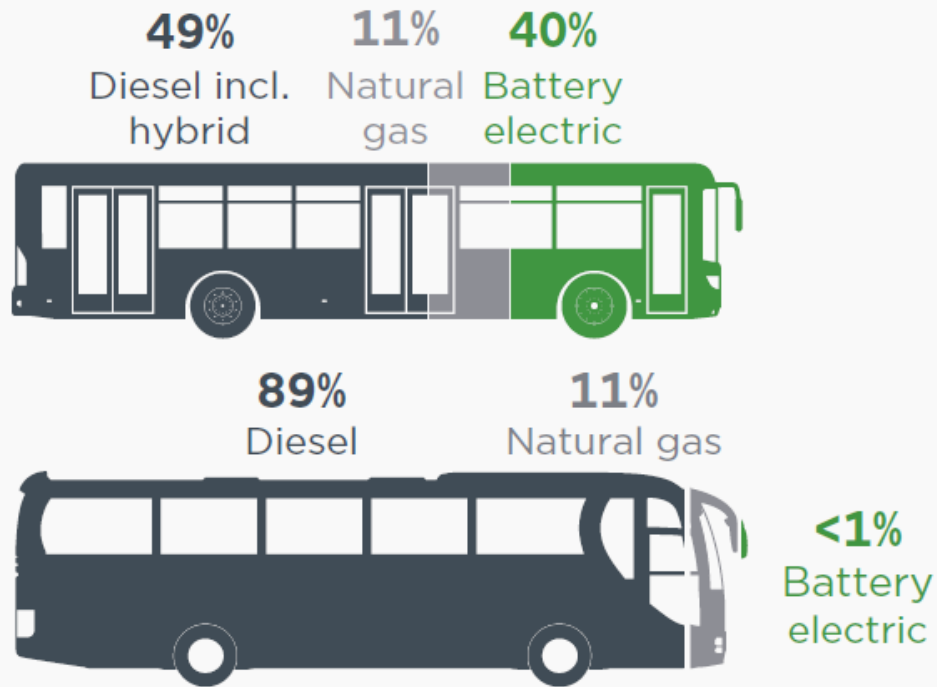


# ÉVOLUTION DU MARCHÉ DES BUS EN EUROPE

## PARTS BEV, CNG ET DIESEL 1<sup>ER</sup> SEM. 2024

FIGURE 4.1

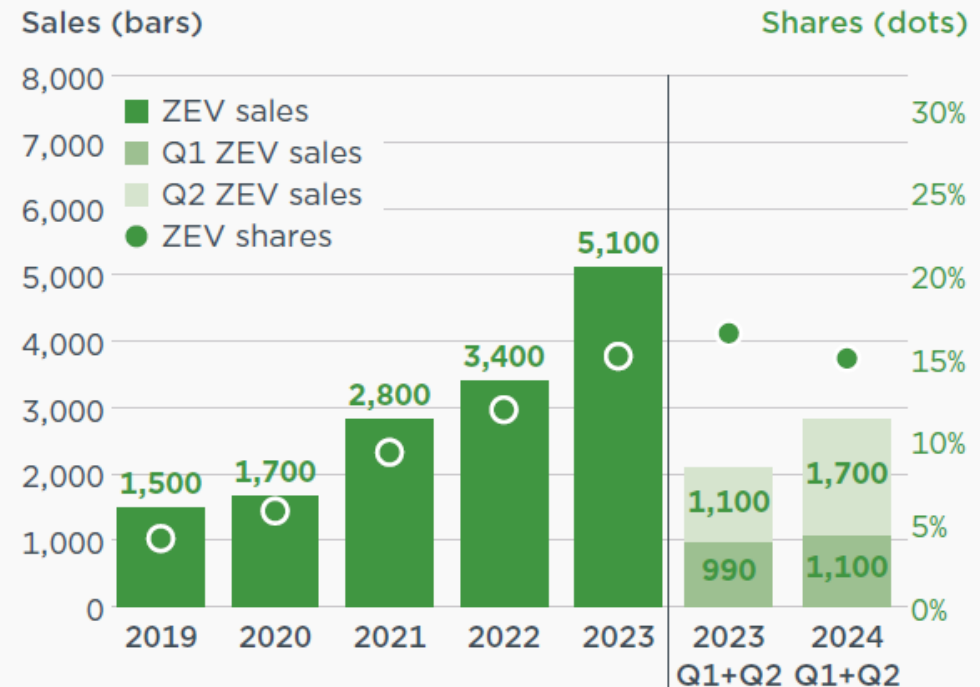
Sales of buses and coaches by powertrain



THE INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

FIGURE 4.2

Historic sales of all zero-emission buses



THE INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

Source: Race to Zero: European Heavy Duty Vehicle Development Quarterly, ICCT, 26 septembre 2024, <https://theicct.org/publication/r2z-eu-hdv-market-development-quarterly-jan-june-2024-sept24/>



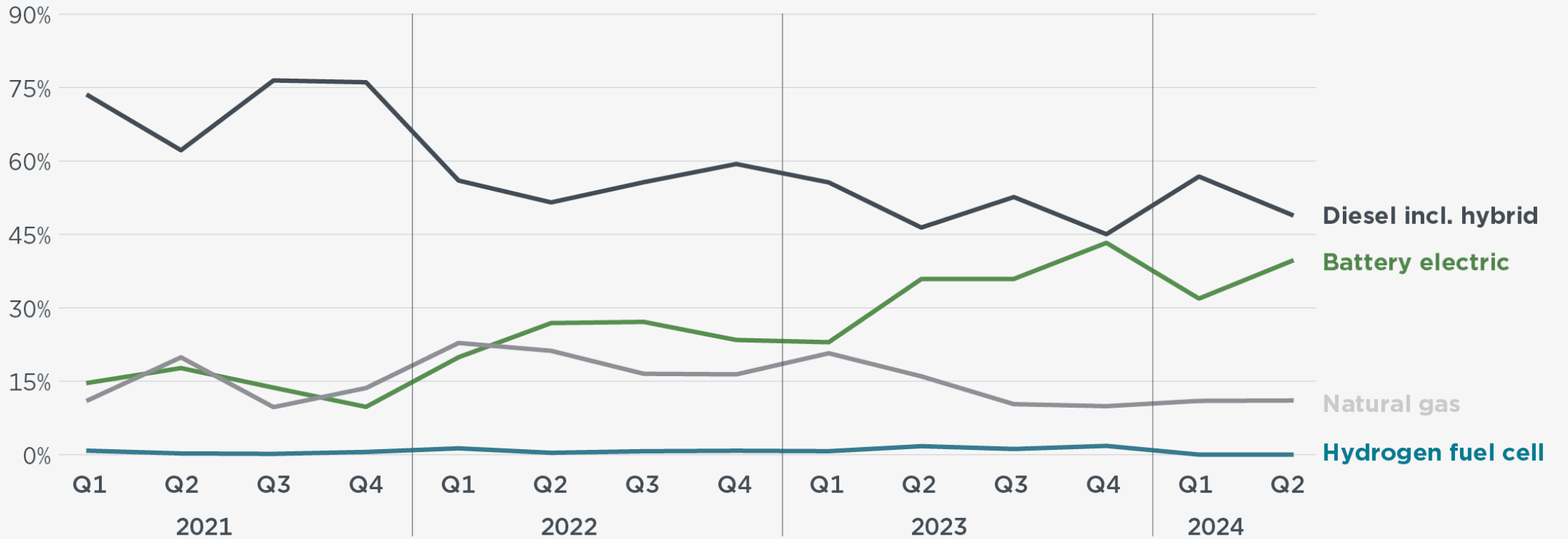


# ÉVOLUTION DU MARCHÉ DES BUS EN EUROPE

## PARTS DE BEV, CNG ET DIESEL

FIGURE 4.3

Historic sales shares of city buses by powertrain



Source: Race to Zero: European Heavy Duty Vehicle Development Quarterly, ICCT, 26 septembre 2024, <https://theicct.org/publication/r2z-eu-hdv-market-development-quarterly-jan-june-2024-sept24/>

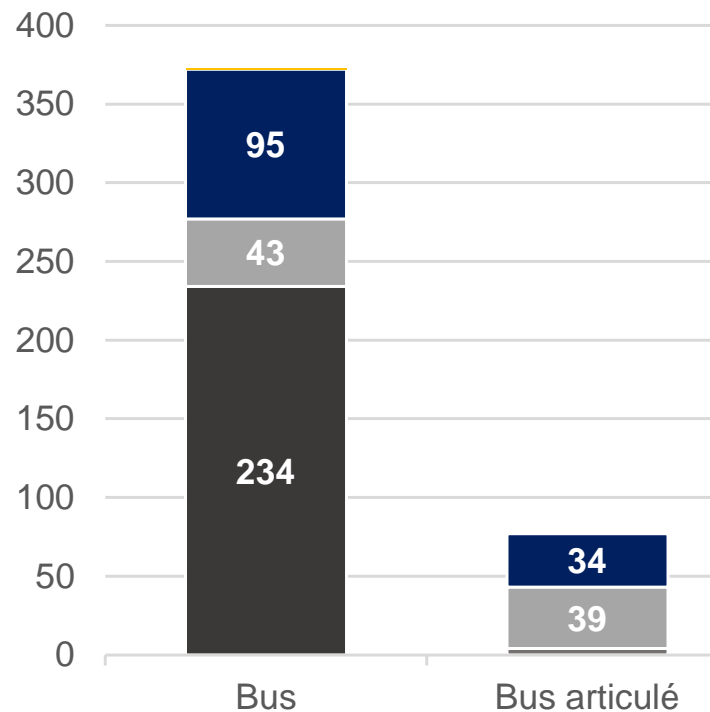


# NOUVELLES IMMATRICULATIONS DE BUS EN SUISSE

## CARS ET BUS TP 2024 - ÉTAT OCTOBRE

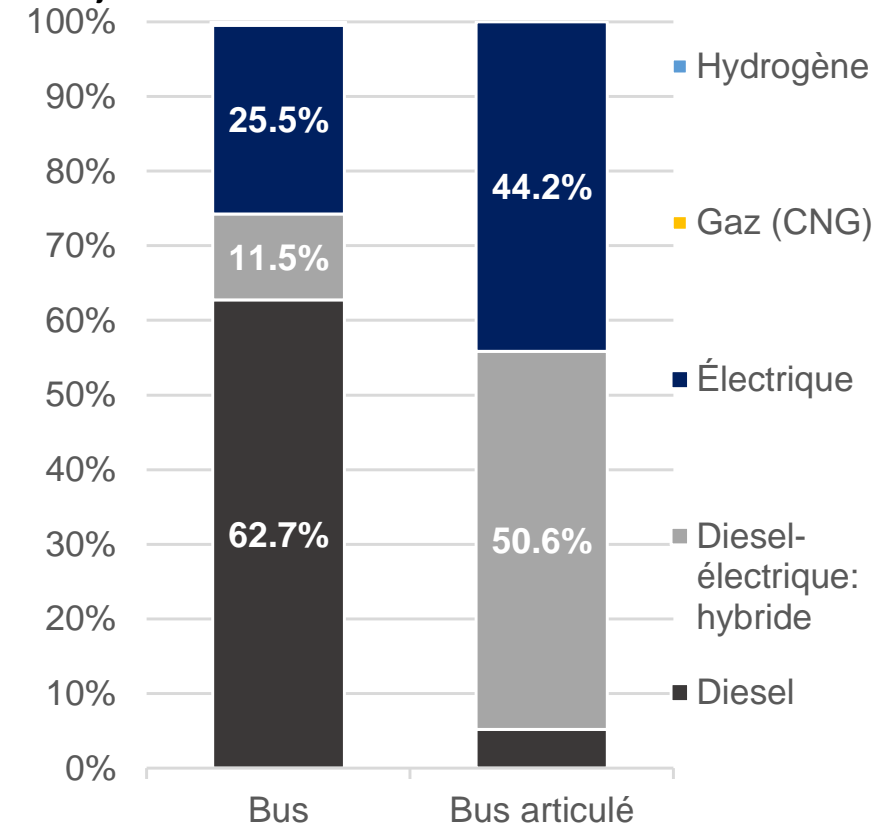
### Nouvelles immatriculations de bus

Nombre janv. - oct. 2024



### Nouvelles immatriculations de bus

Part janv. - oct. 2024



Comprend les bus des transports publics et les autocars (sans trolleybus).

**Source:** Présentation de l'OFEN, données OFROU-IVZ, état au 1<sup>er</sup> novembre 2024, [https://opendata.astra.admin.ch/ivzod/1000-Fahrzeuge\\_IVZ/1200-Neuzulassungen/1220-Neuzulassungsbericht\\_woechentlich/](https://opendata.astra.admin.ch/ivzod/1000-Fahrzeuge_IVZ/1200-Neuzulassungen/1220-Neuzulassungsbericht_woechentlich/)



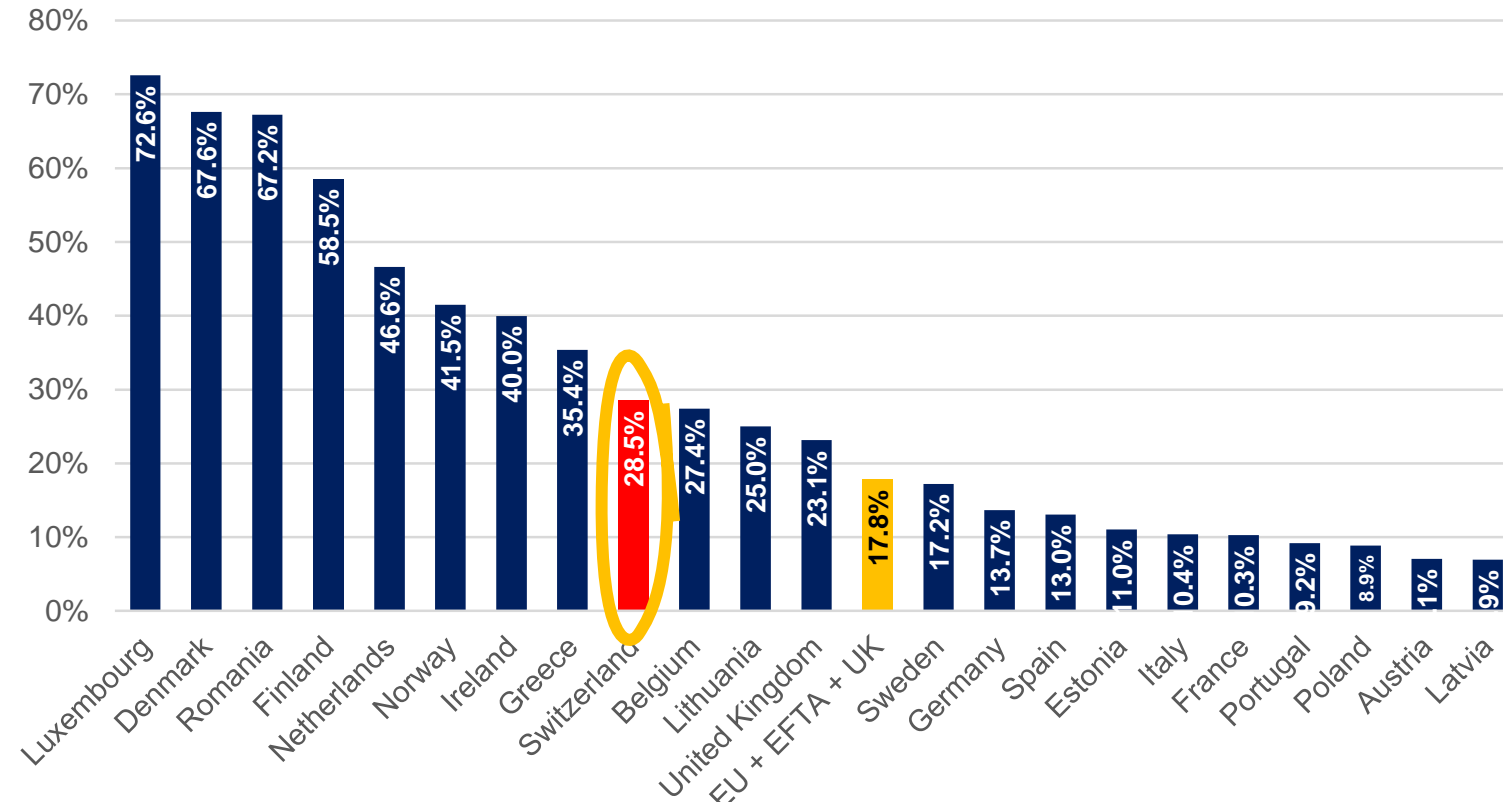


# DÉVELOPPEMENT DU MARCHÉ DES BUS ÉLECTRIQUES

## EUROPE JANVIER - SEPTEMBRE 2024

### Nouvelles immatriculations d'autobus électr. janv.-sept. 2024

Suisse - Europe, bus > 3,5 tonnes



Source: Darstellung BFE, Daten ACEA <https://www.acea.auto/cv-registrations/new-commercial-vehicle-registrations-vans-8-5-trucks-7-5-buses-16-in-the-first-three-quarters-of-2024/>

Remarques: **Electric Buses** : catégorie comprenant les hybrides électriques et plug-in selon l'ACEA.

Source: représentation OFEN, données ACEA, 29 octobre 2024 <https://www.acea.auto/cv-registrations/new-commercial-vehicle-registrations-vans-8-5-trucks-7-5-buses-16-in-the-first-three-quarters-of-2024/>

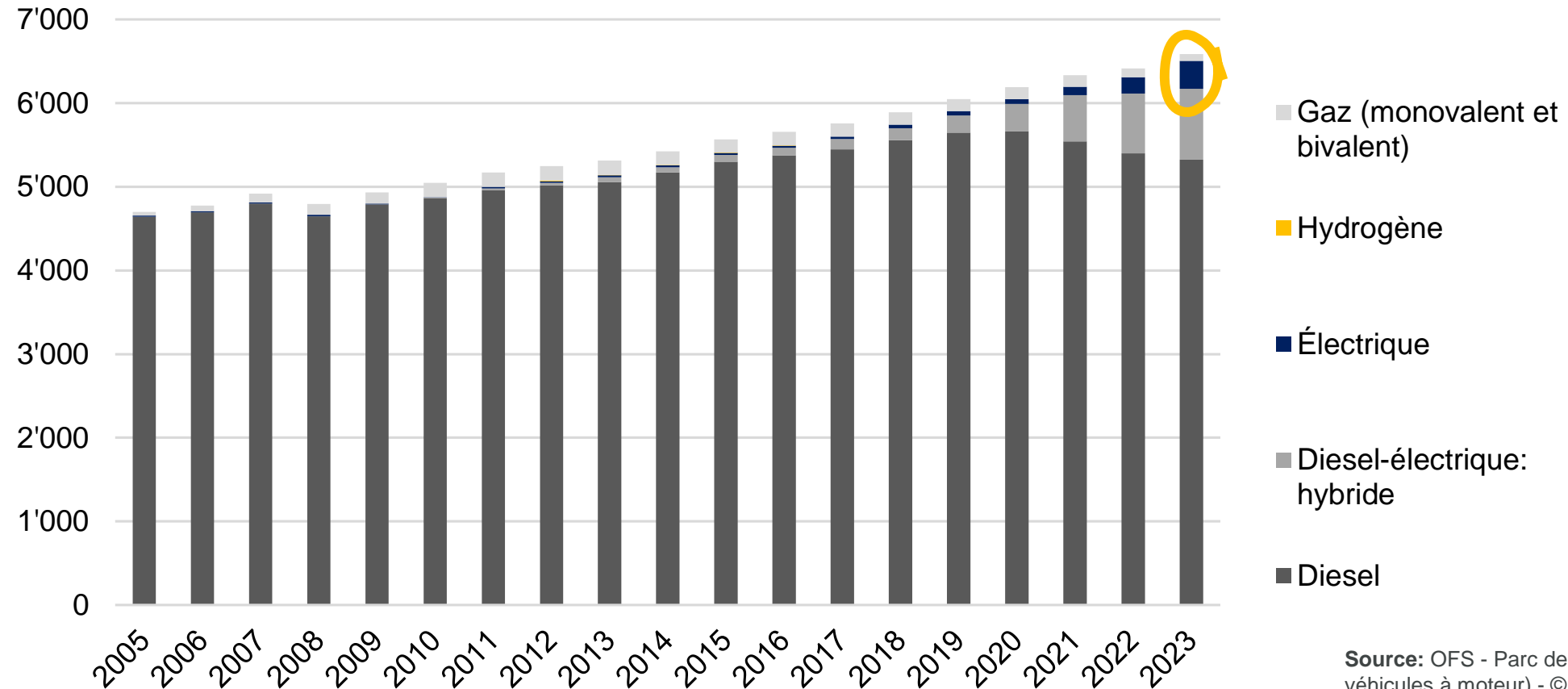


# PARC DE BUS DES TRANSPORTS PUBLICS SUISSES

## PAR MODE ET MOYEN DE TRANSPORT

### Parc de véhicules Autobus 2005-2023

Autobus + bus articulés (sans trolleybus)



Source: OFS - Parc de véhicules routiers (parc de véhicules à moteur) - © OFS, 30 janvier 2024

JA

NEIN

59.1%

40.9%

1'381'133 Stimmen

956'814 Stimmen



**QUELLE EST LA SUITE DE LA  
POLITIQUE CLIMATIQUE?  
LOI SUR LA PROTECTION DU CLIMAT +  
LOI SUR LE CO<sub>2</sub>**



# LOI SUR LA PROTECTION DU CLIMAT + LOI SUR LE CO<sub>2</sub>

## ÉLÉMENTS CLÉS

### Loi sur la protection du climat (= loi-cadre)

- Fixe un **objectif net zéro** pour les émissions suisses de gaz à effet de serre **d'ici 2050**
- **Définit des valeurs cibles pour les différents secteurs**  
Transports: 2040 : -57 %, 2050: -100 %.

### Loi révisée sur le CO<sub>2</sub>

- Définit **des mesures concrètes** d'ici 2030 pour la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de 50 % par rapport à 1990
- Dans le domaine des transports (entre autres) : Valeurs cibles des véhicules (sur le modèle de l'UE «Fit for 55»)



Source: DETEC 21  
avril 2023 :  
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/dossiers/klimaschutzgesetz.html>

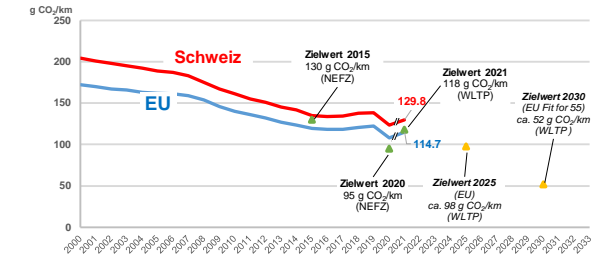




# LOI RÉVISÉE SUR LE CO<sub>2</sub>

## CHIFFRES CLÉS DE LA NOUVELLE LOI SUR LE CO<sub>2</sub>

- **Adaptation des valeurs cibles de CO<sub>2</sub> pour les véhicules neufs:** voitures de tourisme, voitures de livraison, camions (par analogie avec la décision de l'UE jusqu'en 2030), les bus ne sont pas encore réglementés.
- **A partir de 2026, suppression progressive du privilège fiscal pour les bus diesel dans les TP + promotion de l'achat de bus électriques dans les transports locaux et régionaux**
- **L'évaluation de la consultation sur l'ordonnance sur le CO<sub>2</sub> est en cours.**
- **Paquet d'allègement budgétaire de la Confédération**  
20 septembre 2024







**ACTUALITÉS DE L'UE**



# RÉGLEMENTATION DANS L'UE NORMES D'ÉMISSION DE CO<sub>2</sub> PLUS STRICTES À PARTIR DE 2030



Accueil > Presse > Communiqués de presse

Conseil de l'Union européenne | Communiqué de presse | 13 mai 2024 10:20

## Véhicules lourds: le Conseil approuve des normes plus strictes en matière d'émissions de CO<sub>2</sub>

Le Conseil a formellement adopté ce jour le règlement concernant les normes d'émissions de CO<sub>2</sub> pour les véhicules utilitaires lourds, qui modifie et renforce les règles existantes de l'UE. Les règles actualisées permettront de réduire davantage les **émissions de CO<sub>2</sub>** dans le secteur du transport routier et fixeront de nouveaux objectifs pour 2030, 2035 et 2040.

Des normes plus strictes en matière d'émissions de CO<sub>2</sub> contribueront à accroître la part des véhicules zéro-émission dans le parc de véhicules lourds dans l'ensemble de l'UE, tout en veillant à préserver et à renforcer l'innovation et la compétitivité du secteur.

### Élargissement du champ d'application

En vertu des règles révisées, le champ d'application du règlement existant sera élargi afin de soumettre à des objectifs de réduction des émissions presque tous les nouveaux véhicules lourds ayant des émissions de CO<sub>2</sub> certifiées, y compris les petits camions, les autobus urbains, les autocars et les remorques.

### Nouveaux objectifs de réduction des émissions

Les nouvelles règles maintiennent l'objectif actuel fixé pour 2025, qui

**Source:** Conseil de l'Union européenne, 13 mai 2024  
<https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2024/05/13/heavy-duty-vehicles-council-signs-off-on-stricter-co2-emission-standards/>

Figure 1  
Scope of vehicles covered under the CO<sub>2</sub> standards and their annual sales relative to all HDVs

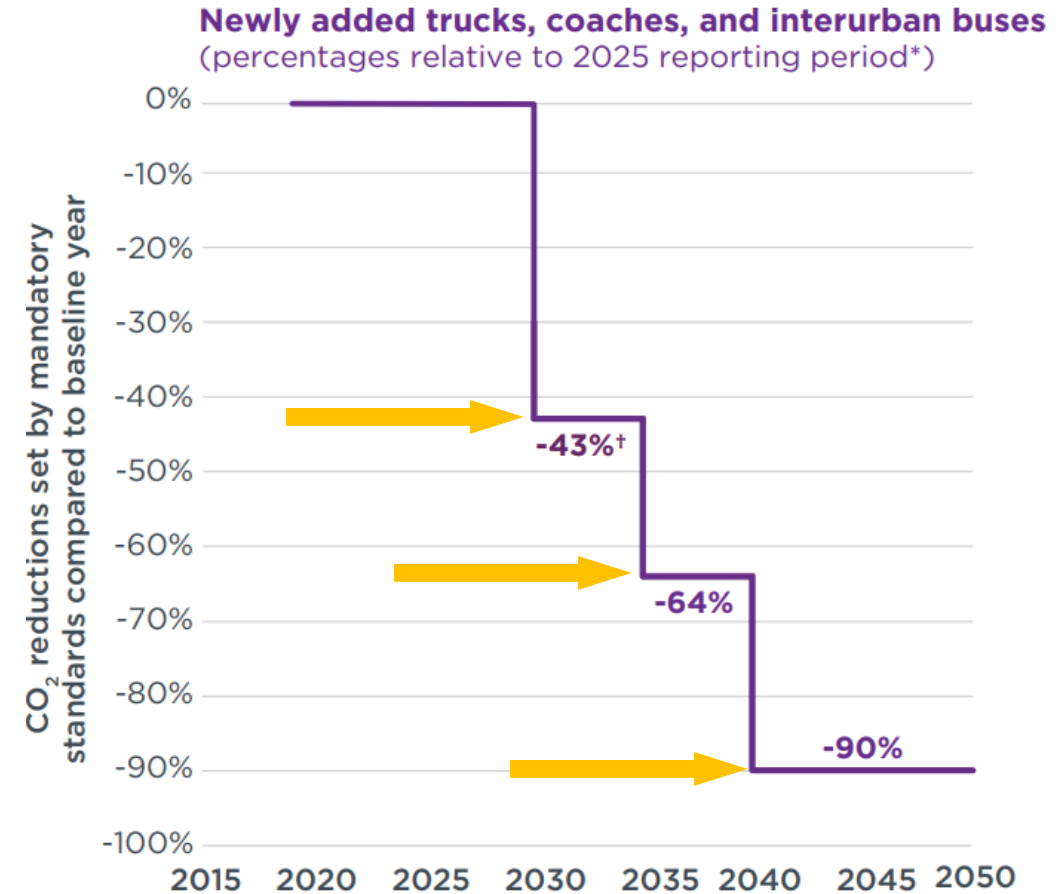
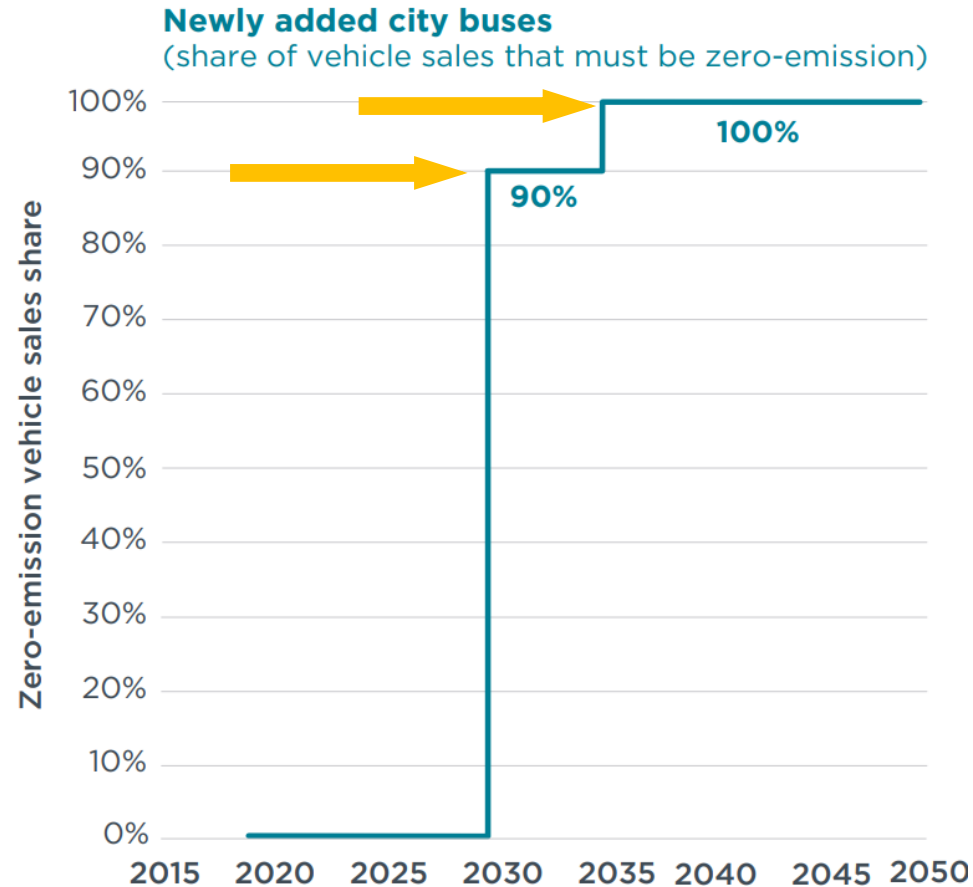


**Source:** ICCT, THE REVISED CO<sub>2</sub> STANDARDS FOR HEAVY-DUTY VEHICLES IN THE EUROPEAN UNION, 13 mai 2024  
<https://theicct.org/publication/revised-co2-standards-hdvs-eu-may24/>

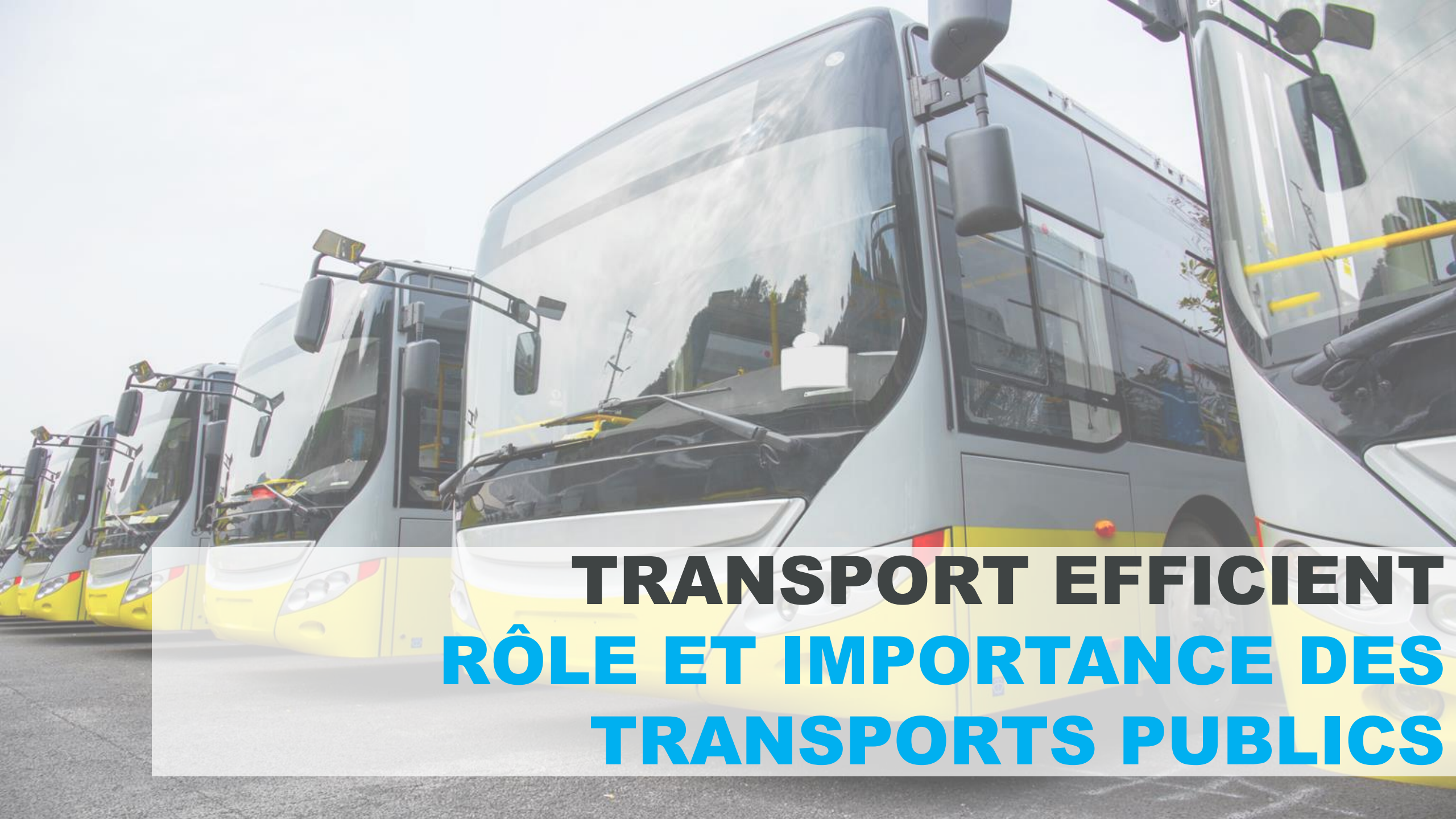




# RÉGLEMENTATION DANS L'UE NORMES D'ÉMISSION DE CO<sub>2</sub> PLUS STRICTES À PARTIR DE 2030



Source: ICCT, THE REVISED CO<sub>2</sub> STANDARDS FOR HEAVY-DUTY VEHICLES IN THE EUROPEAN UNION, 13 mai 2024 <https://theicct.org/publication/revised-co2-standards-hdvs-eu-may24/>



**TRANSPORT EFFICIENT**  
**RÔLE ET IMPORTANCE DES**  
**TRANSPORTS PUBLICS**



# COMPARATEUR ENVIRONNEMENTAL DES MOYENS DE TRANSPORT: NOUVEL ÉCO-CALCULATEUR TRANSPORTS



Véhicule le plus fréquent

**Train**  
Sélectionner →

**Transports publics**  
Sélectionner →

**Voiture**  
Moyenne du parc de véhicules  
Sélectionner →

**Voiture**  
Batterie électrique  
Sélectionner →

**Voiture**  
Essence  
Sélectionner →

**Avion**  
Kérosène  
Sélectionner →

Véhicule

Transport de personnes | Transport de marchandises | Autre

**Vélo**  
Sélectionner →

**Trotinette électrique**  
Sélectionner →

**Vélo électrique**  
Sélectionner →

**Motocycle**  
Sélectionner →

**Scooter**  
Sélectionner →

**Voiture**  
Sélectionner →

**Bus urbain**  
Sélectionner →

**Tram**  
Sélectionner →

**Train**  
Sélectionner →

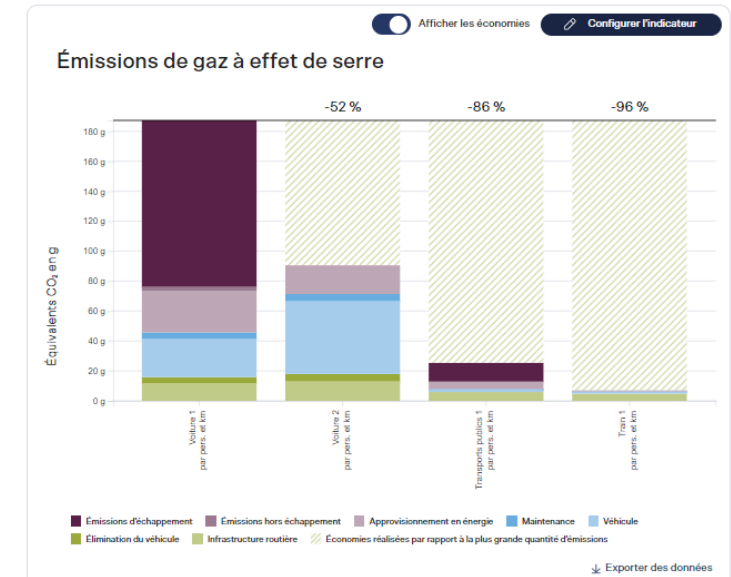
**Transports publics**  
Sélectionner →

**Autocar**

**Bateau de ligne**

**Téléphérique**

**Avion**



Données: OFEV

Traitement: Institut Paul Scherrer PSI

Hébergement et communication:  
SuisseEnergie/OFEN

Lien:

<https://www.energieschweiz.ch/programme/umweltrechner-verkehr/>



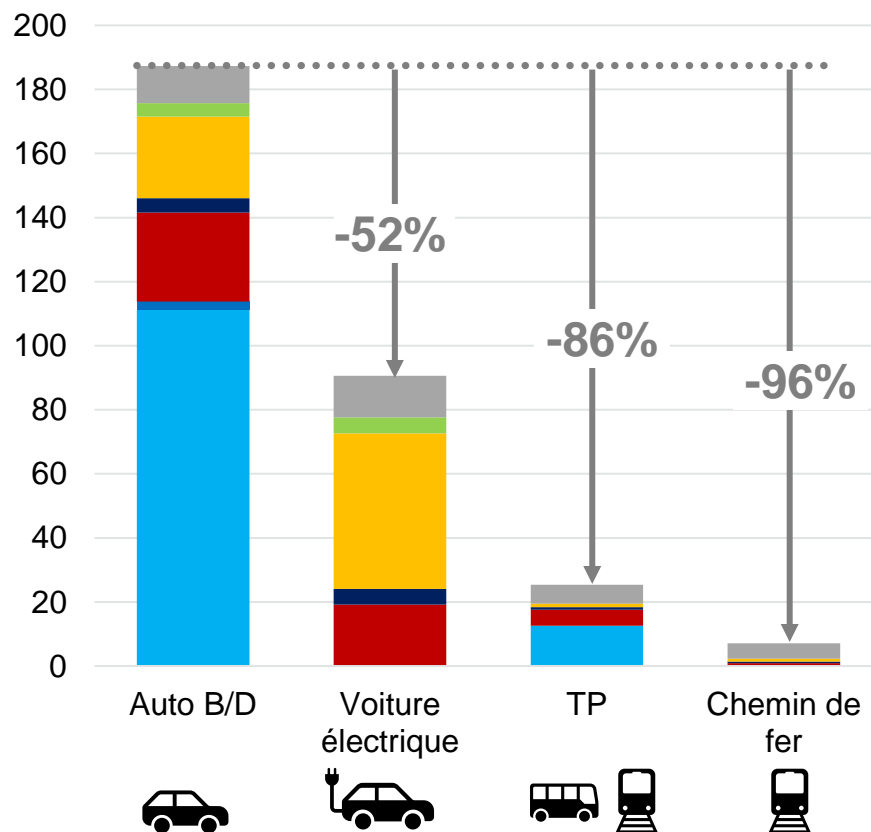
# COMPARAISON ENVIRONNEMENTALE VOITURES – TP – TRAIN

## ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE CO<sub>2</sub>

Émissions de gaz à effet de serre en cas de charge moyenne

Voitures de tourisme: 1,6 personne/véhicule, train : 29 %

g CO<sub>2</sub> /pkm



■ Infrastructure

■ Élimination

■ Fabrication de véhicules

■ Entretien

■ Mise à disposition d'énergie

■ Émissions non liées à l'échappement

■ Direct

<div></div> <div>Voiture 1</div> <div>Voiture</div> <div>Suisse   Moyenne du parc de véhicules</div> <div>Type de propulsion</div> <div>Moyenne du parc de véhicules</div> <div>Chargement</div> <div>1.6 Personnes (23%)</div> <div>Consommation pour 100 km</div> <div>7.9 l EqE</div> <div>Poids</div> <div>-</div> <div>Norme d'émission</div> <div>-</div> <div>Année de fabrication</div> <div>-</div> <div>Passager-kilomètre</div> <div>1</div>	<div></div> <div>Voiture 2</div> <div>Voiture</div> <div>Suisse   Moyenne du parc de véhicules</div> <div>Type de propulsion</div> <div>Batterie électrique</div> <div>Chargement</div> <div>1.6 Personnes (23%)</div> <div>Consommation pour 100 km</div> <div>20.9 kWh</div> <div>Poids</div> <div>-</div> <div>Norme d'émission</div> <div>-</div> <div>Année de fabrication</div> <div>-</div> <div>Passager-kilomètre</div> <div>1</div>	<div></div> <div>Transports publics 1</div> <div>Transports publics</div> <div>Suisse   Moyenne générale par personne des</div> <div>Type de propulsion</div> <div>-</div> <div>Chargement</div> <div>-</div> <div>Consommation pour 100 km</div> <div>-</div> <div>Poids</div> <div>-</div> <div>Norme d'émission</div> <div>-</div> <div>Année de fabrication</div> <div>-</div> <div>Passager-kilomètre</div> <div>1</div>	<div></div> <div>Train 1</div> <div>Train</div> <div>Suisse   Moyenne trafic régional et longue distance   Mix électrique CFF</div> <div>Type de propulsion</div> <div>-</div> <div>Chargement</div> <div>159.0 Personnes (29%)</div> <div>Consommation pour 100 km</div> <div>-</div> <div>Poids</div> <div>-</div> <div>Norme d'émission</div> <div>-</div> <div>Année de fabrication</div> <div>-</div> <div>Passager-kilomètre</div> <div>1</div>
---	---	---	---

Source:

Calculateur environnemental  
Transport 7 novembre 2024  
<https://www.energieschweiz.ch/programme/umweltrechner-verkehr/>



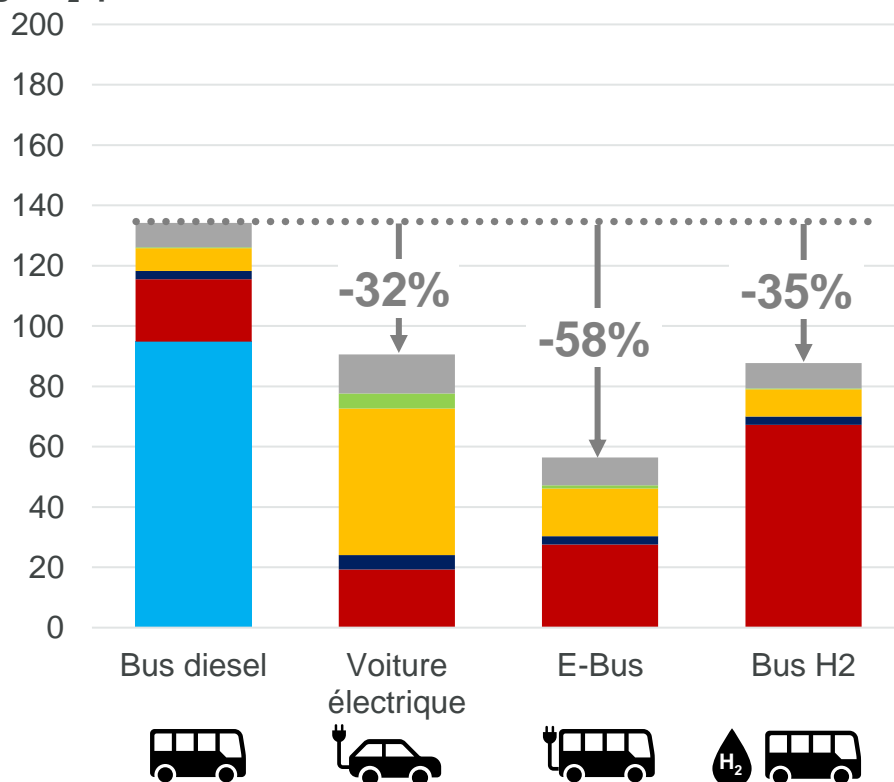


# COMPARAISON ENVIRONNEMENTALE BUS + VOITURE ÉLECTRIQUE ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE CO<sub>2</sub>

Émissions de gaz à effet de serre en cas de taux d'occupation moyen

Voitures de tourisme: 1,6 personnes/véhicule, taux d'occupation des bus: 16 %

g CO<sub>2</sub> /pkm



■ Infrastructure

■ Élimination





■ Fabrication de véhicules

■ Entretien

■ Mise à disposition d'énergie

■ Émissions non liées à l'échappement

■ Direct

 Bus urbain 1 <b>Bus urbain</b> Suisse   1 étage   1 étage	 Voiture 5 <b>Voiture</b> Suisse   Moyenne du parc de véhicules	 Bus urbain 2 <b>Bus urbain</b> Suisse   1 étage   1 étage	 Bus urbain 3 <b>Bus urbain</b> Suisse   1 étage   1 étage
Type de propulsion Diesel	Type de propulsion Batterie électrique	Type de propulsion Batterie électrique (recharge au dépôt)	Type de propulsion Pile à combustible
Chargement 10.0 Personnes (16%)	Chargement 1.6 Personnes (23%)	Chargement 10.0 Personnes (16%)	Chargement 10.0 Personnes (16%)
Consommation pour 100 km 38.2l	Consommation pour 100 km 20.9kWh	Consommation pour 100 km 170.3kWh	Consommation pour 100 km 8.7kg
Poids 11'954.1kg	Poids -	Poids 14'067.1kg	Poids 12'476.5kg
Norme d'émission EURO-6	Norme d'émission -	Norme d'émission -	Norme d'émission -
Année de fabrication 2020	Année de fabrication -	Année de fabrication 2020	Année de fabrication 2020
Passager-kilomètre 1	Passager-kilomètre 1	Passager-kilomètre 1	Passager-kilomètre 1

Source:

Calculateur environnemental Transport

7 novembre 2024

<https://www.energieschweiz.ch/programme/umweltrechner-verkehr/>

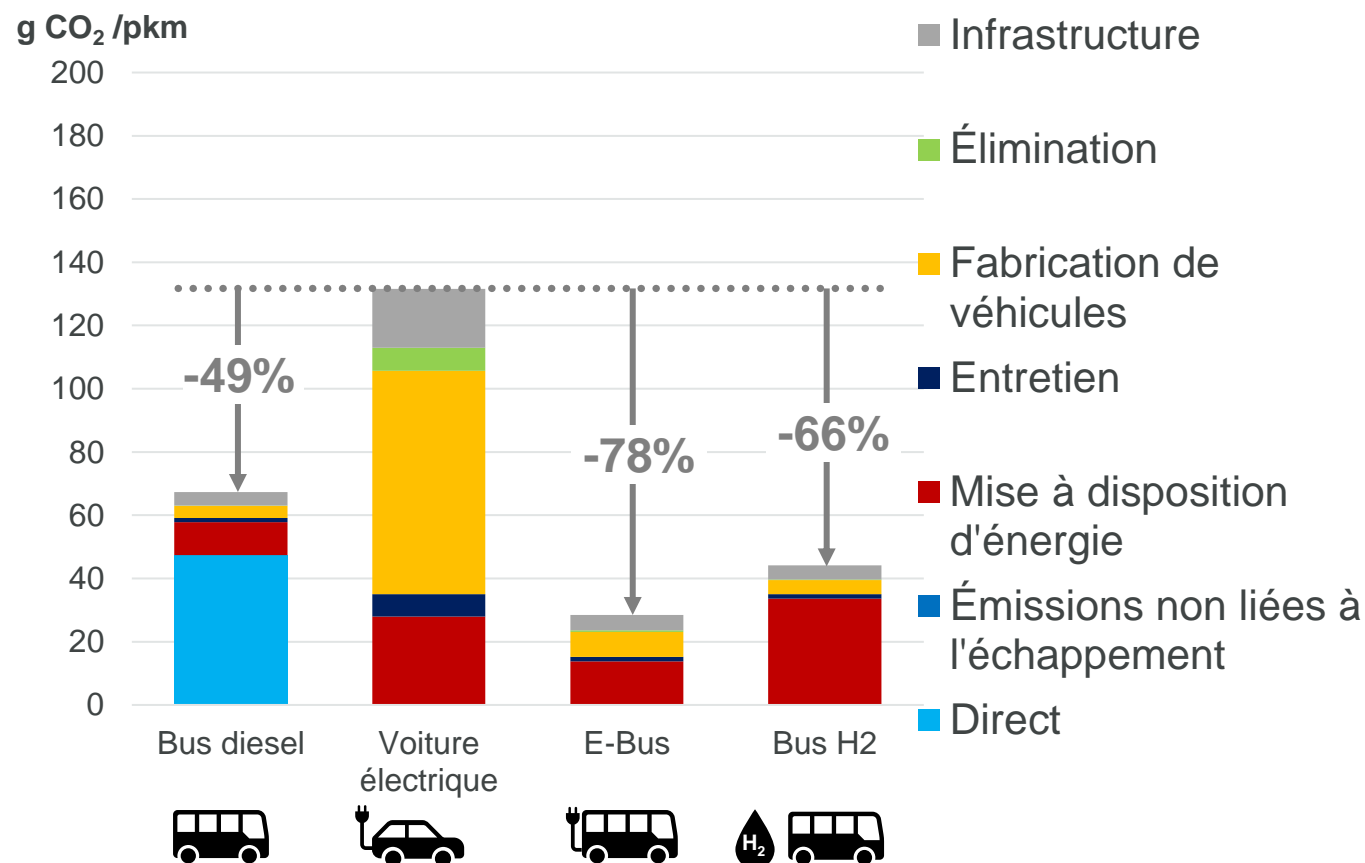








# COMPARAISON ENVIRONNEMENTALE BUS + VOITURE ÉLECTRIQUE ÉMISSIONS DE CO<sub>2e</sub> EN HEURE DE POINTE

Émissions de gaz à effet de serre: heures de pointe

Voitures de tourisme: 1,1 personne/véhicule, taux d'occupation des bus: 31%



 Bus urbain 1 Suisse   1 étage   1 étage	 Voiture 5 Suisse   Moyenne du parc de véhicules	 Bus urbain 2 Suisse   1 étage   1 étage	 Bus urbain 3 Suisse   1 étage   1 étage
Type de propulsion Diesel	Type de propulsion Batterie électrique	Type de propulsion Batterie électrique (recharge au dépôt)	Type de propulsion Pile à combustible
Chargement 20.0 Personnes (31%)	Chargement 1.1 Personnes (16%)	Chargement 20.0 Personnes (31%)	Chargement 20.0 Personnes (31%)
Consommation pour 100 km 38.2l	Consommation pour 100 km 20.9kWh	Consommation pour 100 km 170.3kWh	Consommation pour 100 km 8.7kg
Poids 11'954.1kg	Poids -	Poids 14'067.1kg	Poids 12'476.5kg
Norme d'émission EURO-6	Norme d'émission -	Norme d'émission -	Norme d'émission -
Année de fabrication 2020	Année de fabrication -	Année de fabrication 2020	Année de fabrication 2020
Passager-kilomètre 1	Passager-kilomètre 1	Passager-kilomètre 1	Passager-kilomètre 1

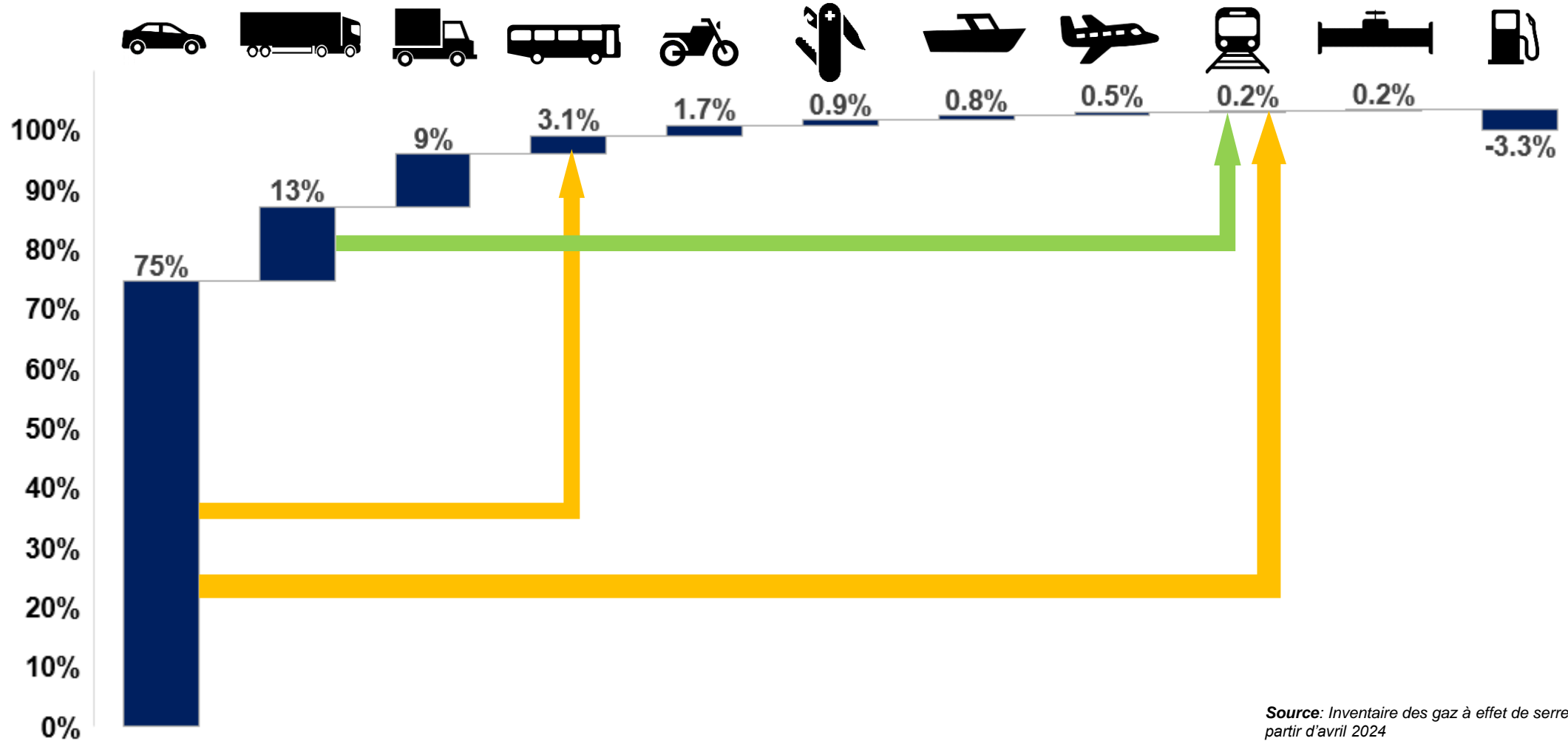
Source:

Calculateur environnemental  
Transport 7 novembre 2024  
<https://www.energieschweiz.ch/programme/umweltrechner-verkehr/>



# ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> DES TRANSPORTS EN 2022

## PAR MODE ET MOYEN DE TRANSPORT



Source: Inventaire des gaz à effet de serre FOEN, à partir d'avril 2024



# IMPORTANCE DES TP POUR LES OBJECTIFS CLIMATIQUES **CONCLUSION**

---

- **Une grande partie des TP sont déjà électrifiés:** les émissions spécifiques de CO<sub>2</sub> des TP par personne-kilomètre sont inférieures de plus de 86 % à celles du TIM.
  - L'électrification croissante du TIM **n'y change rien**. Raison principale: part élevée du rail dans les TP
  - **Cependant**, en cas de taux d'occupation **moyen** du TIM et des TP, les bus diesel émettent plus de CO<sub>2</sub> par pkm que les voitures électriques.
  - **L'électrification des flottes de bus diesel** est la mesure la plus importante en matière de CO<sub>2</sub>
  - **Le taux d'occupation est le paramètre sensible**, plus le taux d'occupation des transports publics est élevé, plus les avantages environnementaux sont importants.
  - **Le transfert** de la route vers les transports publics et le rail (transport de marchandises) **est le levier central**, une **offre de transports publics attrayante en est la condition essentielle**.
-



# Merci beaucoup

**Christoph Schreyer**

Chef de la section Efficacité énergétique des transports

Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral de l'énergie OFEN, section Efficacité énergétique des transports

Pulverstrasse 13, 3063 Ittigen, adresse postale: Office fédéral de l'énergie, 3003 Berne  
41 58 463 04 76

[christoph.schreyer@bfe.admin.ch](mailto:christoph.schreyer@bfe.admin.ch)



[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch) / [www.energieschweiz.ch](http://www.energieschweiz.ch)







# **Bonnes pratiques dans le monde des transports publics (1/2)**

**Philipp Haudenschild**

**Spécialiste en propulsions et  
carburants alternatifs, CFF**

# Mélange de HVO : Technologie de transition ou solution à long terme?

Philipp Haudenschild, chef de projet introduction HVO  
Technology Office CFF Infrastructure  
Forum UTP sur l'énergie durable, 20.11.2024



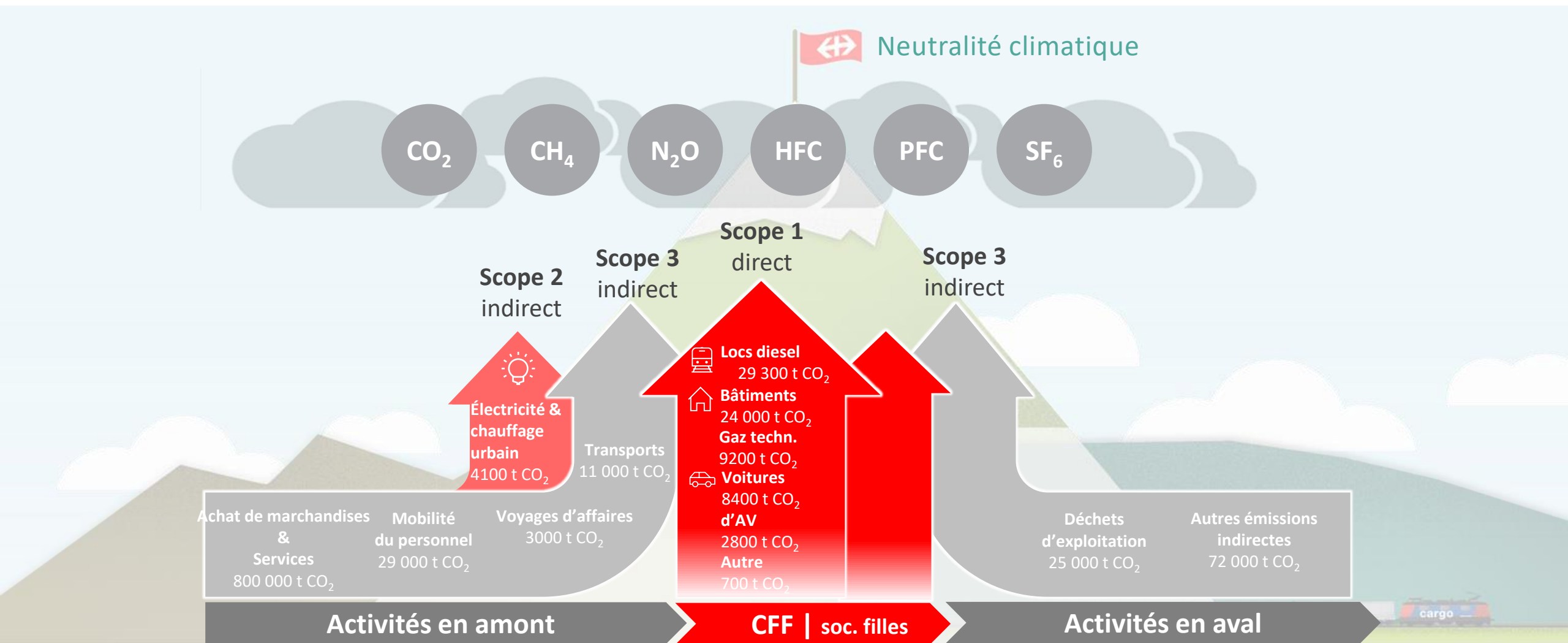
## Le mélange de HVO remplace le diesel fossile.



-7500 t CO<sub>2eq</sub> / a  
≈ 2,5 - 3 millions de  
litres de diesel.

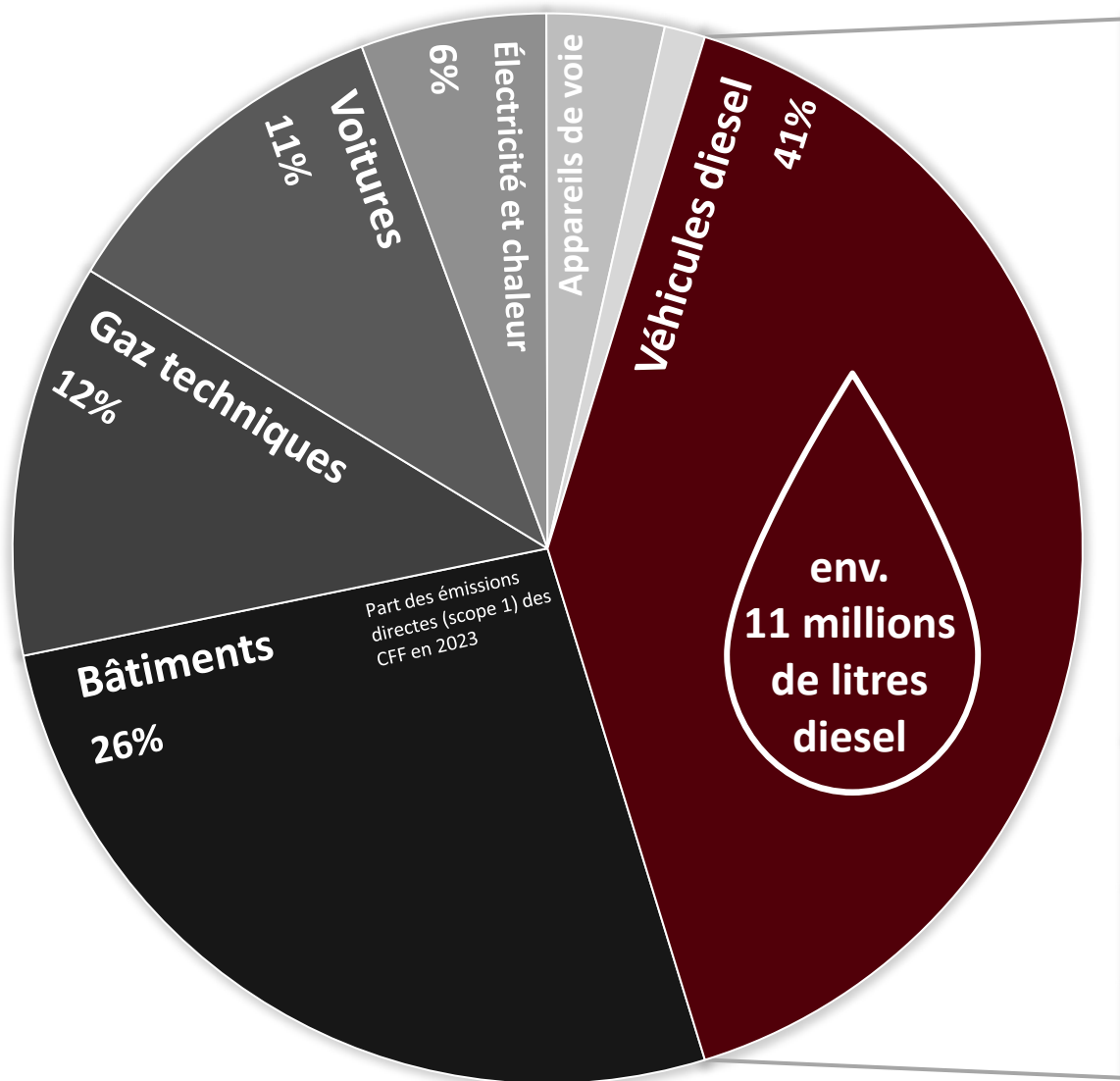


# Émissions de CO<sub>2eq</sub> des CFF.





# Où exactement utilisons-nous le diesel?



Part de la consommation de diesel dans la traction ferroviaire en 2023

dont  
68%

14%

9%

9%

Locomotives de manœuvre lourdes

p. ex. Am 843



Véhicules de chantier et d'entretien

p. ex. Tm 234-x



Trains d'extinction et de sauvetage

LRZ



Autres

p. ex. voitures de service avec générateurs, véhicules légers, locomotives de manœuvre, etc.



# Les avantages du HVO sont reconnaissables.



- 20% d'émissions de particules  
- 85% d'émissions de CO<sub>2eq</sub>  
Pas de soufre ni d'aromates

**HVO (huiles végétales hydrotraitées)**

diesel paraffinique issu de résidus et de déchets **EN15940**

**Diesel fossile**

diesel standard issu du pétrole (B0, teneur en soufre de 10ppm) **EN590**

Le HVO est ce que l'on appelle un **carburant «drop-in»**: il peut être utilisé en **mélange (blend)** ou **pur**.

- Le **blend**, un mélange HVO jusqu'à 30 % au diesel traditionnel, **peut être utilisé dans tous les moteurs diesel**.
- L'utilisation de **100 % de HVO** est déjà approuvée pour de nombreux moteurs diesel. Aux CFF, pour plus de 70 % des moteurs diesel.

# Chiffres et faits concernant l'introduction du HVO-Blend.



**- 7500 t CO<sub>2eq</sub>**

Réduction par an.  
≈ 2,5 - 3 millions de litres  
de diesel



**6 personnes**

l'équipe centrale  
des carburants CFT.



**4 ans**

Délai entre l'idée et le  
déploiement.



**Jusqu'à 20%**

Réduction des particules dans  
les gaz d'échappement -  
préserve les filtres à  
particules.



**5 - 10%**

Coûts supplémentaires  
attendus par rapport au  
diesel fossile.



**4.4.2024**

Première station-service  
approvisionnée en  
mélange HVO.



**> 80%**

Les stations-service  
ferroviaires des CFF sont  
déjà passées au HVO-  
Blend.

(État au 31.10.2024)



**2,3 millions de litres**

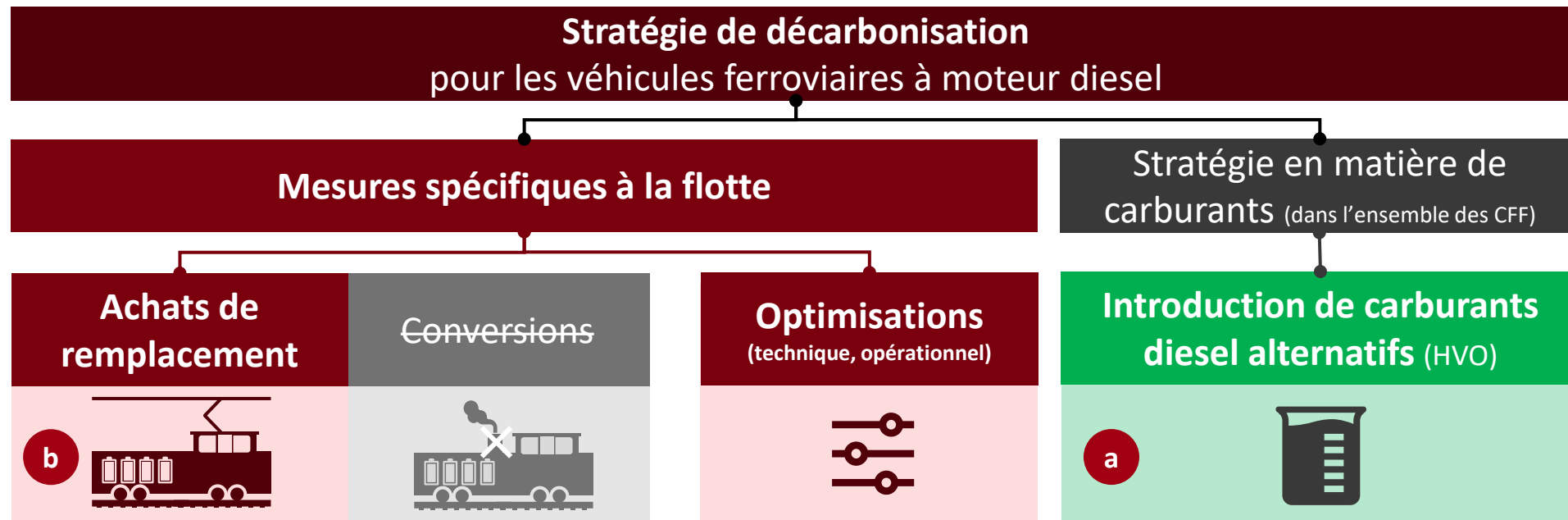
de HVO-Blend ont déjà été  
consommés cette année.  
(État au 31.10.2024)



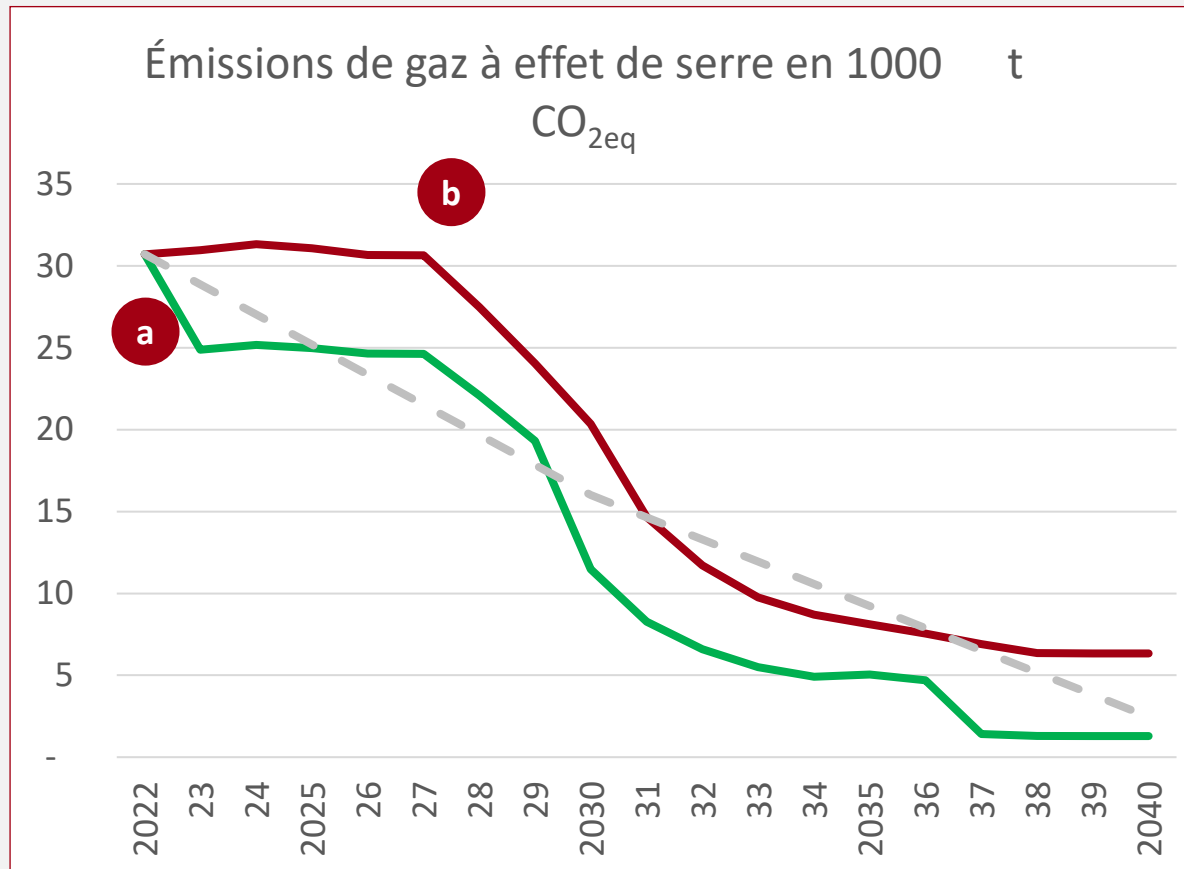
**100% HVO**

Nous y travaillons. C'est  
une étape future.

# Stratégie: phase de transition et électrification des véhicules ferroviaires fonctionnant au diesel.



# L'effet du mélange HVO comme solution transitoire.



Diesel fossile Mélange HVO jusqu'à 30%

100% carburants synth.

## Structure quantitative aujourd'hui:

- Environ 11 mio. de litres de diesel / an pour ~ 1000 véhicules ferroviaires à moteur diesel de CFF I, G, P

## Décarbonisation en deux étapes:

Carburants diesel alternatifs comme solution transitoire (mélange HVO)

- a** Électrification des flottes principales par le remplacement des véhicules à batterie
- b** Électrification des flottes principales par le remplacement des véhicules à batterie



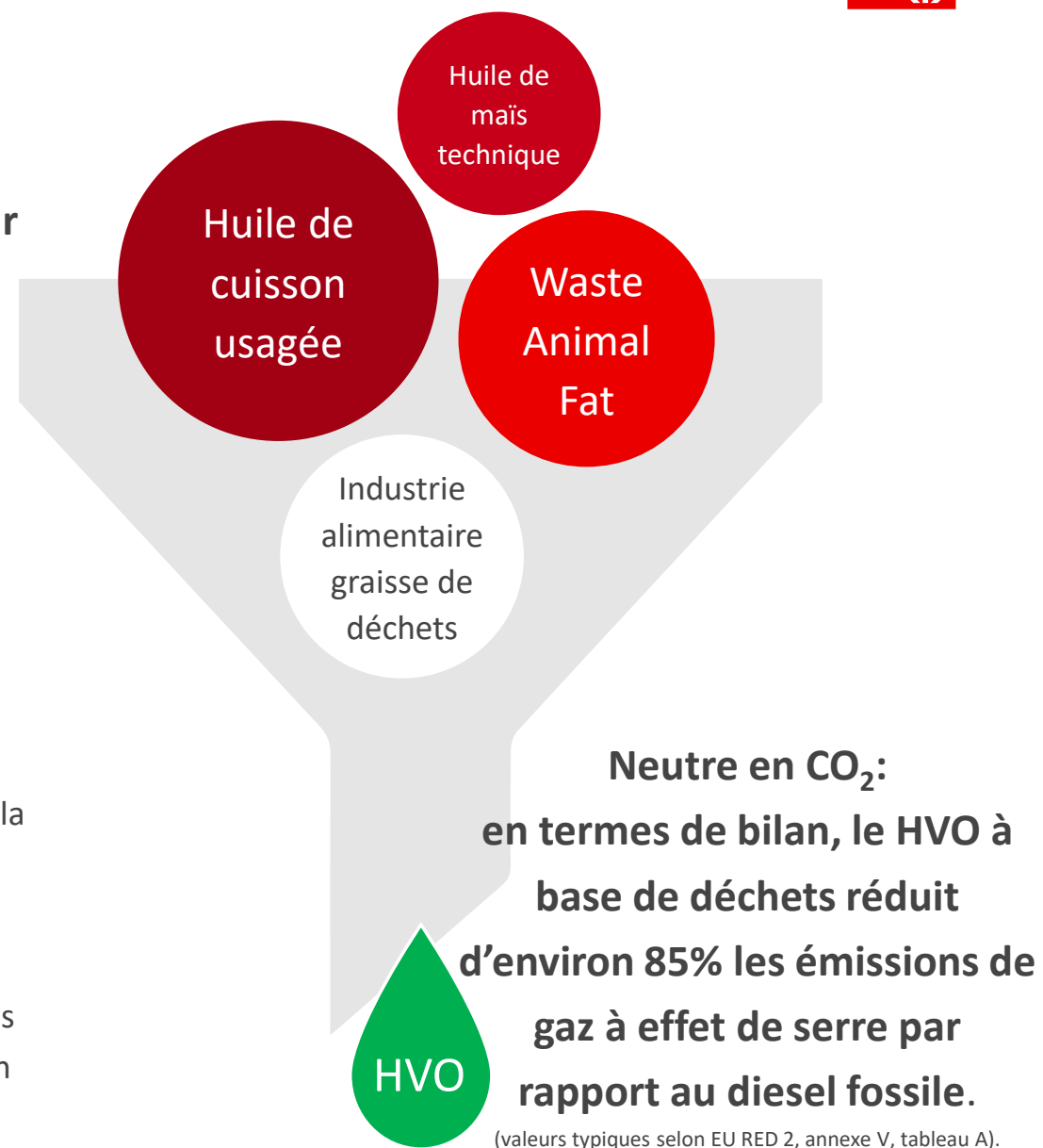
## Défi: durabilité.

**Le choix des matières premières pour la production de HVO est crucial. Environ 70% des matières premières utilisées pour les HVO à base de déchets proviennent de l'extérieur de l'Europe.** (INFRAS, 2021)

**Les réglementations en Suisse diffèrent de manière décisive de celles de l'UE** (bilan de masse vs. ségrégation). La norme de certification est BTCert.

**Le produit doit être exonéré de l'impôt sur les huiles minérales (Limpmin) par l'Office fédéral des douanes et de la sécurité des frontières (OFDF).** Les biocarburants exonérés de la Limpmin sont généralement considérés comme inoffensifs d'un point de vue environnemental et social. Leur origine est documentée de manière transparente et vérifiable. Le régime d'exonération de la Limpmin est limité dans le temps et devrait rester en vigueur jusqu'en 2030.

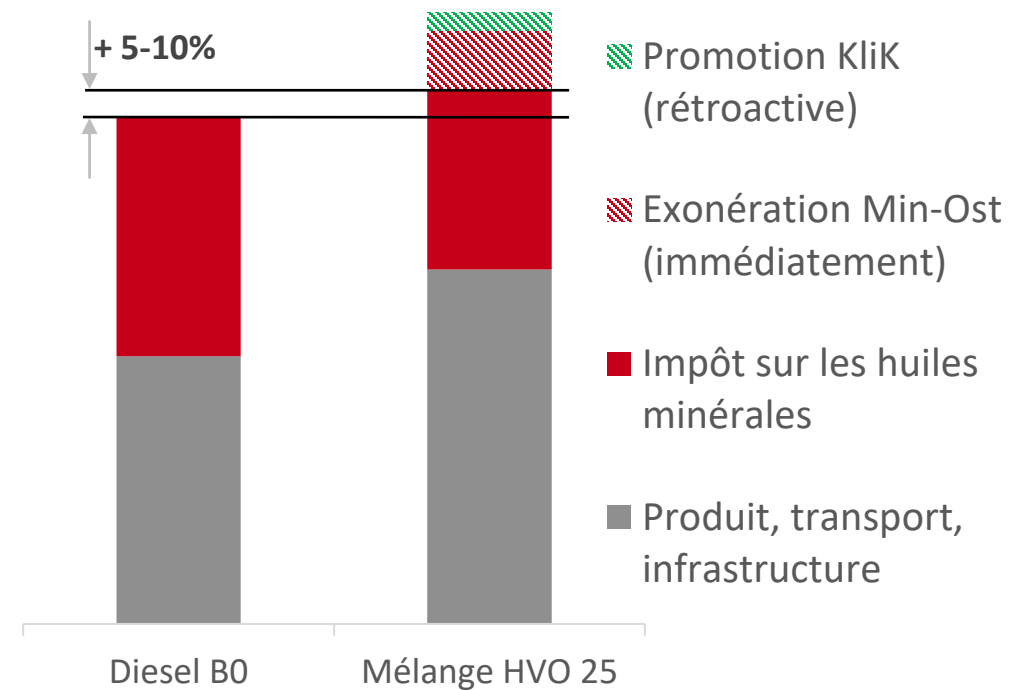
Il est comparable au respect des **critères des "biocarburants avancés" selon EU RED** qui n'entraînent pas de changement indirect d'affectation des sols (p. ex. les dérivés de l'huile de palme comme le PFAD). Cette preuve n'est pas reconnue en Suisse.



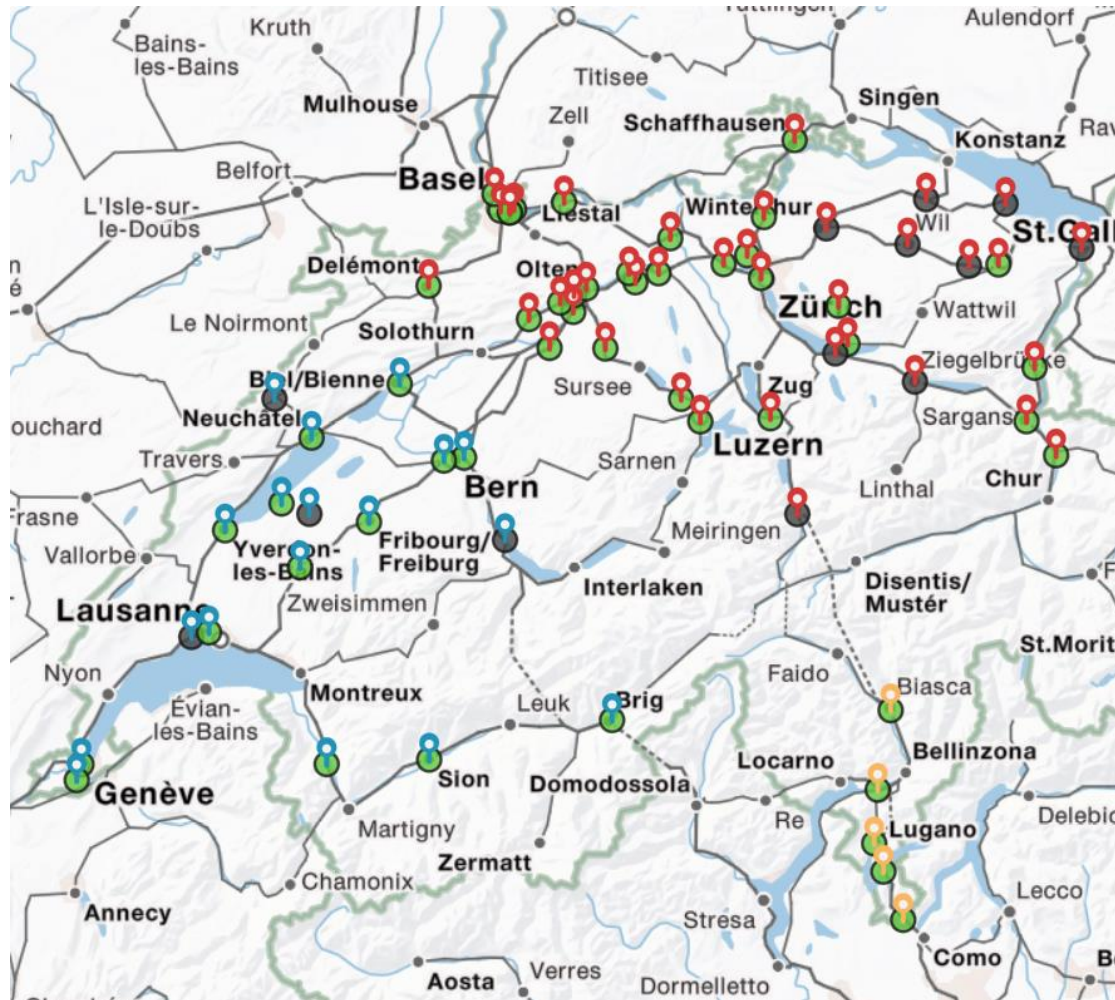
## Défi: rentabilité.

- Les CFF paient en principe la totalité de l'impôt sur les huiles minérales pour les carburants fossiles.
- Le HVO durable sur le plan écologique et social permet l'exonération proportionnelle de l'impôt sur les huiles minérales (ici 25%).
- L'importateur de HVO reçoit rétroactivement une rémunération du programme de promotion des biocarburants (KliK). Il peut en répercuter une partie sur le client final.
- Il en résulte donc actuellement un surcoût de 5 à 10% pour le HVO-Blend-25% par rapport au diesel B0 pour les CFF.

### Exemple de prix de vente hors TVA en CHF / litre

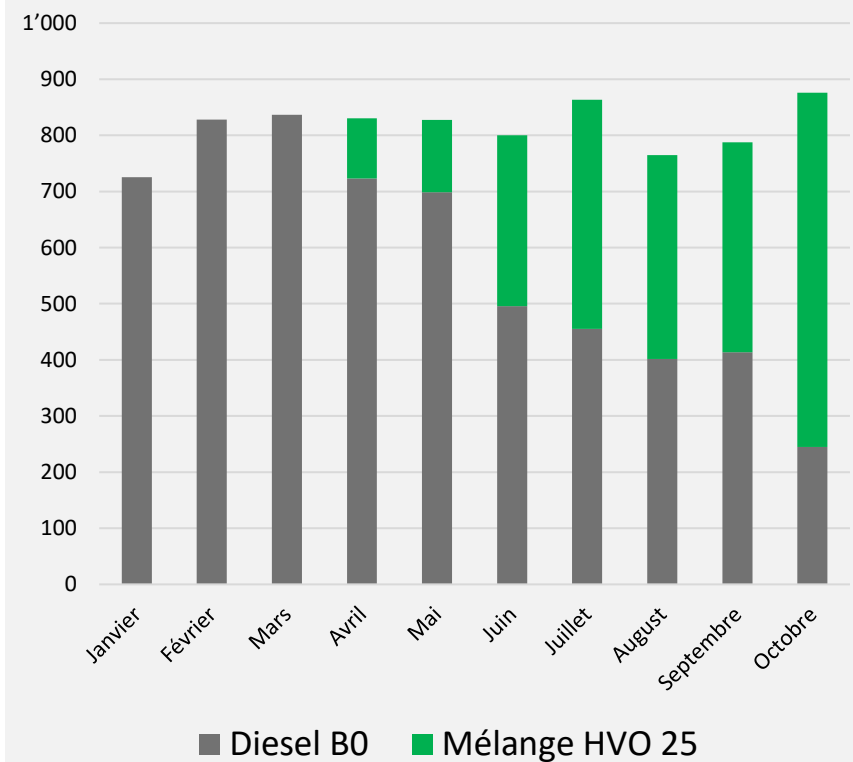


## Défi: logistique de déploiement.



Etat du déploiement au 22.10.2024

Carburant vendu dans les stations-service ferroviaires CFF en 2024 en milliers de litres





## Meilleure pratique d'introduction de HVO.

- Mettre à jour l'inventaire des moteurs diesel et des homologations de carburant.
- Disposition adaptée à l'infrastructure de ravitaillement.
- Les produits HVO ne sont pas encore disponibles dans les stations-service publiques. Des solutions clients sont possibles.
- Prévoir un délai pour le nouveau fournisseur.
- L'exonération de l'impôt sur les huiles minérales et les subventions KliK sont pertinentes pour la rentabilité.



Nous nous tenons à votre disposition pour toute question.



**Philipp Haudenschild**

Spécialiste des propulsions alternatives  
et des carburants

*Chef de projet introduction HVO*

Mobile +41 79 296 39 74

philipp.haudenschild@sbb.ch



**Roland Aeschbacher**

Spécialiste de l'efficacité énergétique et des énergies  
renouvelables

*Chef de projet dans le programme d'économie d'énergie*

Mobile +41 79 333 37 46

roland.aeschbacher@sbb.ch





# Danke, merci, grazie.





# Immer mehr umweltfreundliche Busse – auch auf dem Land

**Laura Amaudruz-Andres**  
**Cheffe de service Innovation et**  
**développement du réseau, TPF**

**Thomas Hans**  
**Responsable Département Technique**  
**Route, TPF**



# Projet pilote H2 - TPF

Forum Energie durable – UTP  
Laura Amaudruz et Thomas Hans  
20 novembre 2024

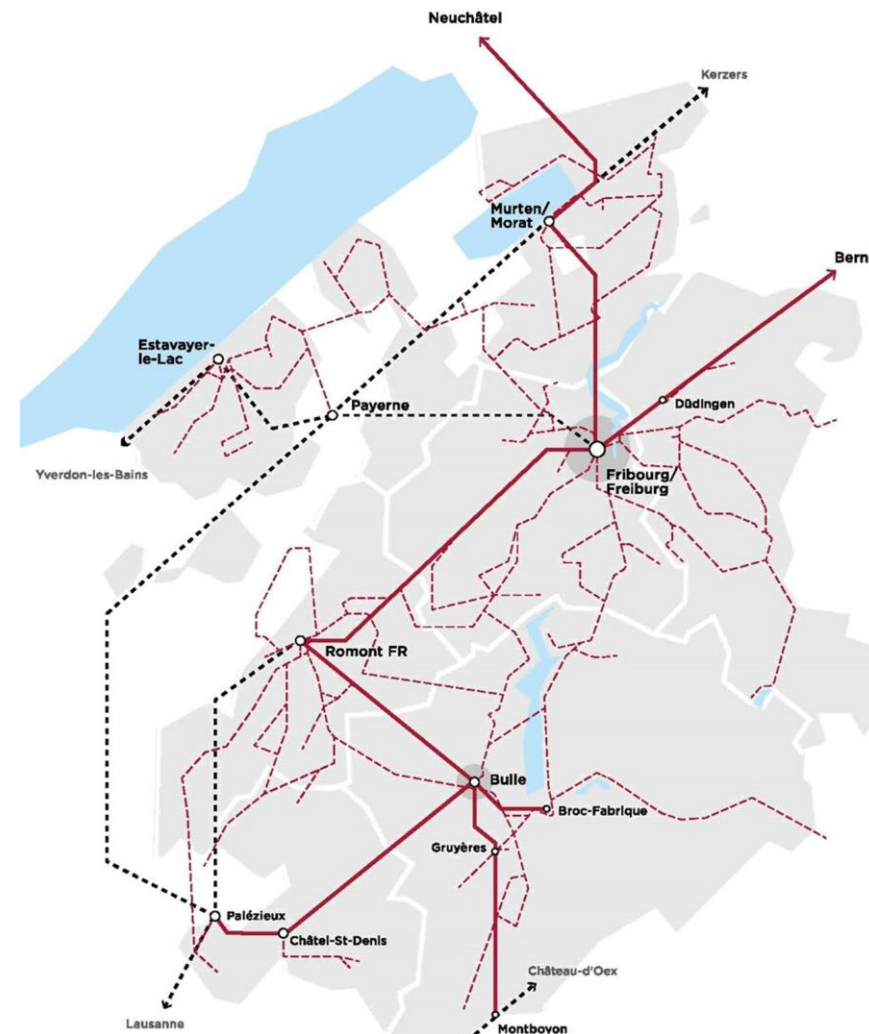


# Contenu

- Informations clés sur les TPF
- Analyse et simulations
- Pourquoi l'H2 ?
- Notre projet pilote
  - Véhicules
  - Infrastructures
  - Objectifs et reporting
  - Challenges

# Informations clés - TPF

- 37 512 777 voyageurs sur 16 817 011 km en 2023
- 3 réseaux de bus
  - Agglo de Fribourg: 13 lignes
  - Agglo de Bulle: 3 lignes
  - Réseau régional: 57 lignes
  - Réseau nocturne: 17 lignes
- 11 dépôts régionaux



# Informations clés - TPF

- Flotte
- Tailles des bus
  - 9 mètres
  - 10,5 mètres
  - 12 mètres
  - 18 mètres
- Technologies
  - Diesel
  - Electrique à batterie
  - Trolleybus



**32 compositions**  
22 VN et 12 VE



**167 véhicules**  
Trafic Régional Voyageurs



**65 véhicules**  
Réseaux urbains  
(24 trolleybus électriques)



**5 bus électriques**



**89 bus scolaires**



**1 funiculaire**

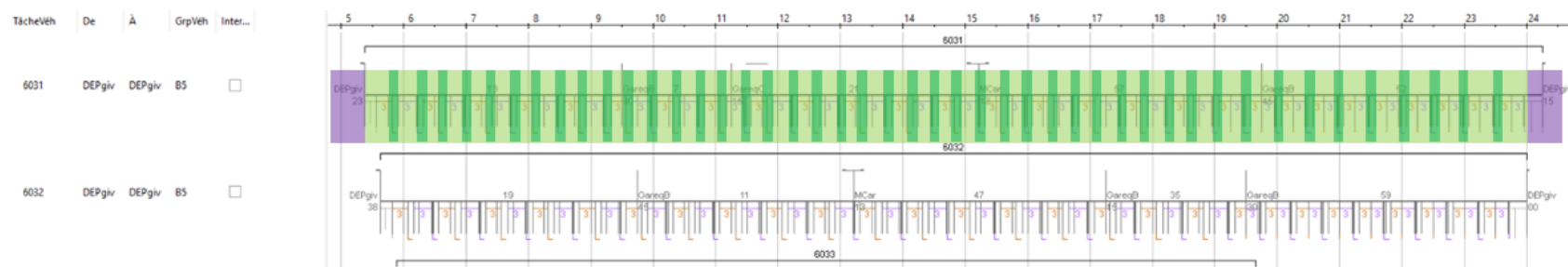
# Analyse et simulations

- Chaque réseau/opérateur a ses propres contraintes.
- Exemples d'éléments à considérer
  - Taille de la flotte et du réseau
  - Homogénéité de la flotte pour optimisation de la maintenance et de l'exploitation
  - Contraintes techniques des constructeurs
  - Topographies des lignes
  - Production de l'offre
  - Position des dépôts
  - Contraintes budgétaires

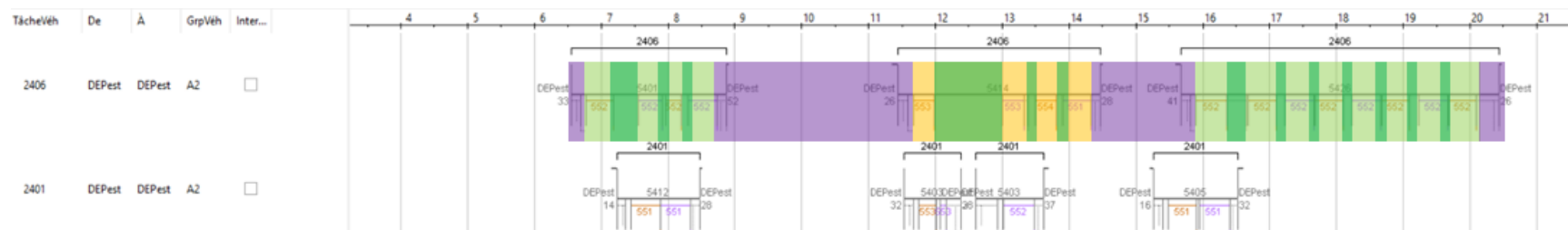


# Analyse et simulations

- Production actuelle de l'offre
  - Réseaux urbains



- Réseau régional



Entrée/sortie et temps d'attente au dépôt

Allers-retours sur les lignes

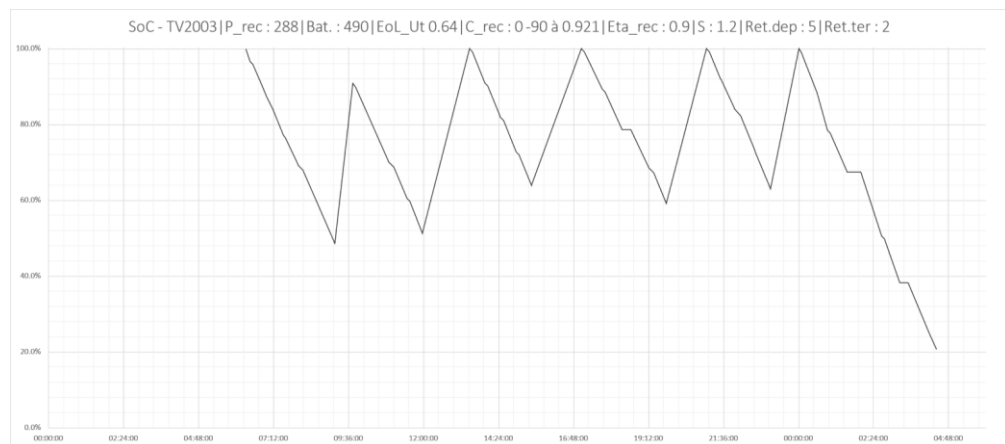
Temps de battement aux terminus

Aller-retours en interlignage

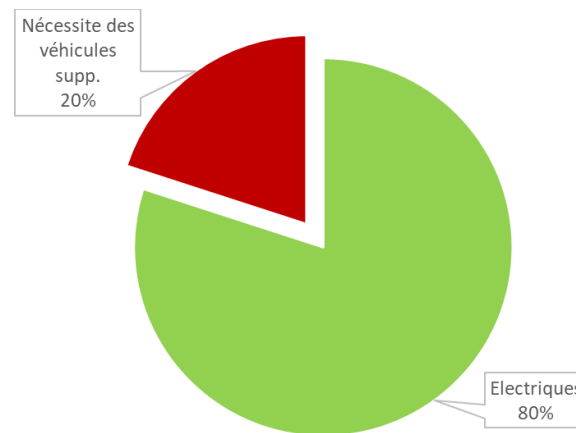


# Analyse et simulations

- Hypothèses de base
  - Connaissances actuelles: technologie et coûts
  - Production des prestations actuelles
  - Worst case: température extérieure, retards, capacité de la batterie en fin de vie, etc.



Etat de la batterie sur une journée



Faisabilité des tâches actuelles en véhicule électrique (hors TBB)

# Pourquoi l'H2

- Efficience énergétique électrique vs H2 pour un véhicule qui parcourt 60 000 km annuels

140 MWh			350 MWh
45	🏠	VS	112 🏠
<b>MAIS</b>			

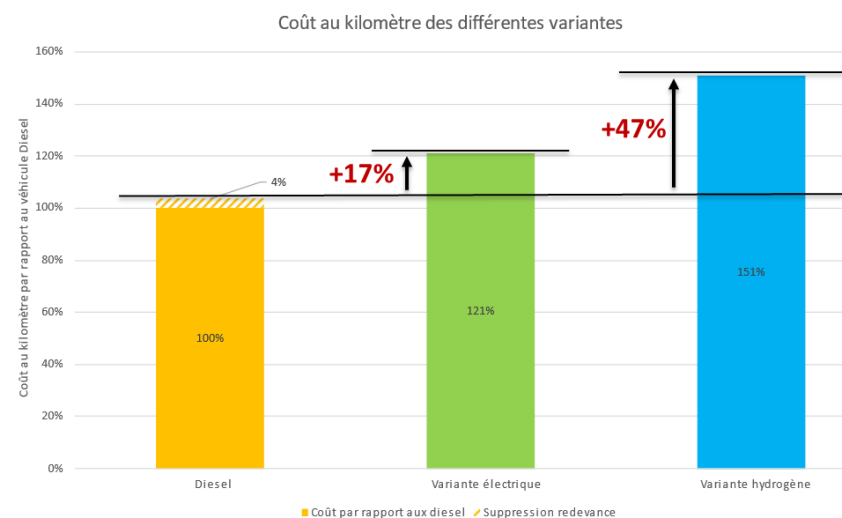


- Compromis avec bus H2 hybrides
- Stockage à terme du surplus d'énergie photovoltaïque
- Intérêt financier dans certains cas d'usage
- Producteurs locaux dans le canton de Fribourg

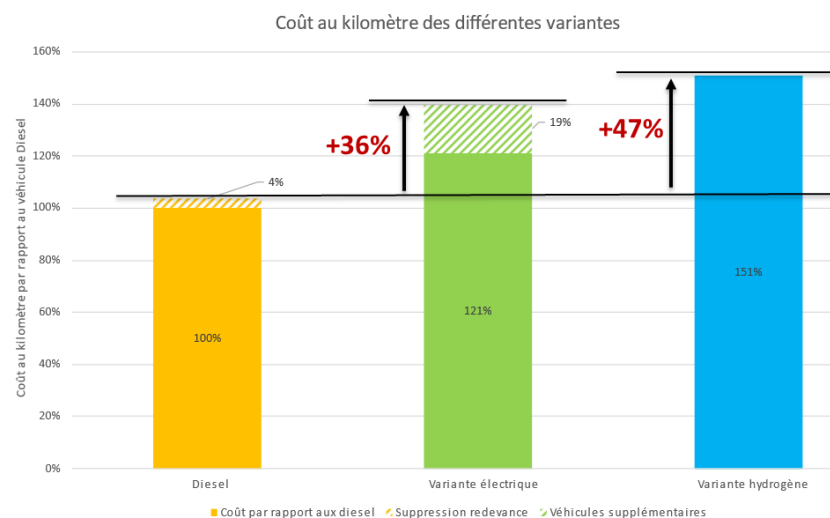
→ Lancement d'un projet pilote H2 pour faire nos propres expériences

# Pourquoi l'H2

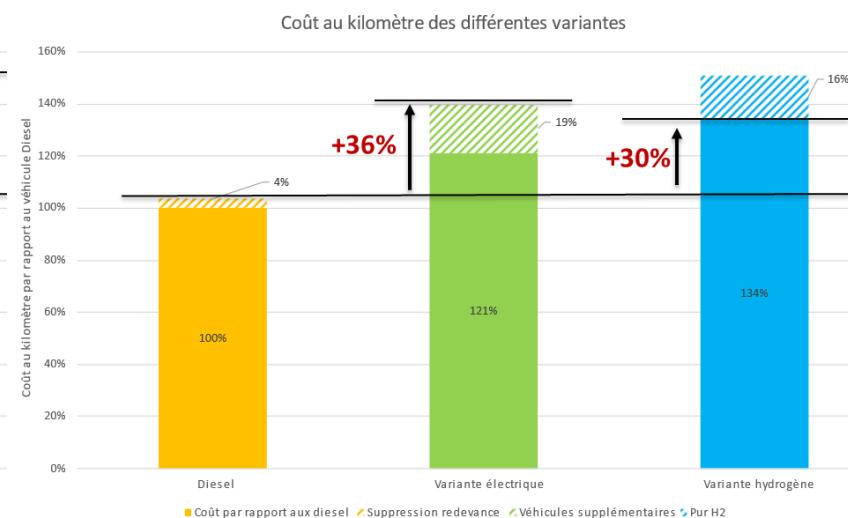
- Les bus H2 évitent la mise en circulation de bus électriques supplémentaires dans certains cas
  - Exemple: réseau de 20 bus circulant sur 4 lignes urbaines



Exploitation de 20 bus



Temps de battement insuffisants = 1 bus électrique supplémentaire par ligne



Bus hybrides H2

# Notre projet pilote

- Véhicules
  - 2x Mercedes-Benz eCitaro Fuel Cell Hybride (Range EXtender)

4 batteries pour une autonomie électrique de 75 km à 175 km.

6 bombonnes d'H<sub>2</sub> pour une autonomie totale de 350 km à 600 km



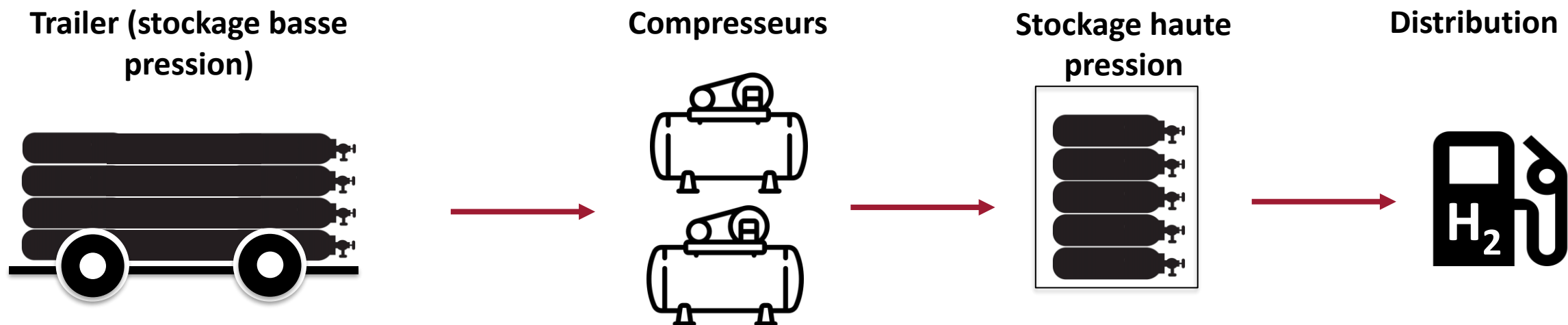
Projet soutenu par



Stiftung Klimaschutz  
und CO<sub>2</sub>-Kompensation  
Klik

# Notre projet pilote

- Infrastructures
  - Station de remplissage «slow filling»
  - Stationnement des bus vers l'actuel dépotoir
  - Adaptations de l'atelier pour la maintenance





# Notre projet pilote

- Nos objectifs
  - Une première expérience avec l'éventuelle technologie de demain
  - Connaître les coûts d'exploitation
  - Définir les forces et les faiblesses de cette technologie
  - Evaluer l'intérêt de produire sur site de l'hydrogène
  - Partage des expériences
- Reporting
  - Véhicules (autonomie, consommations, fiabilité, etc.)
  - Infrastructures (fiabilité de la station et des chargeurs électriques, quantité d'H2 délivrée, nombre de remplissages, difficultés rencontrées, etc.)
  - Prestations effectuées
  - Coûts
  - Satisfaction du personnel et des voyageurs



# Notre projet pilote

- Les challenges / difficultés

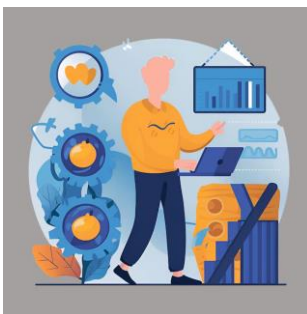
**Financements et  
coûts**



**Permis de  
construire**



**Défis  
techniques**



**Manque de législations /  
réglementations**



**Changements pour le  
personnel**







# Merci de votre attention





**Pause jusqu'à 11h15**



# **Bonnes pratiques dans le monde des transports publics (2/2)**

**Alain Cuche**

**Spécialiste Planification des  
investissements et suppléant de la  
cheffe du domaine Planification des  
investissements / État-major Ouest,  
Office fédéral des routes (OFROU)**



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 routes OFROU

# Production d'énergie solaire sur les infrastructures des routes nationales



20.11.2024  
Alain Cuche



# Plan de la présentation

- 1. Nouveaux défis de l'OFROU: du paquet climatique à l'exemplarité énergétique, au zéro net d'émissions CO<sub>2</sub> d'ici 2040 jusqu'à la stratégie énergétique 2050**
2. Potentiel de production sur les routes nationales
3. Installations photovoltaïques de l'OFROU
4. Appel à projets photovoltaïques de tiers
5. Conclusion et questions





# 1. Train de mesures climatiques pour l'administration fédérale 2020-2030

**Juillet 2019:** adoption du paquet de mesures énergétiques par le Conseil fédéral

**Objectif 2030:** 50% de réduction des émissions par rapport à 2006



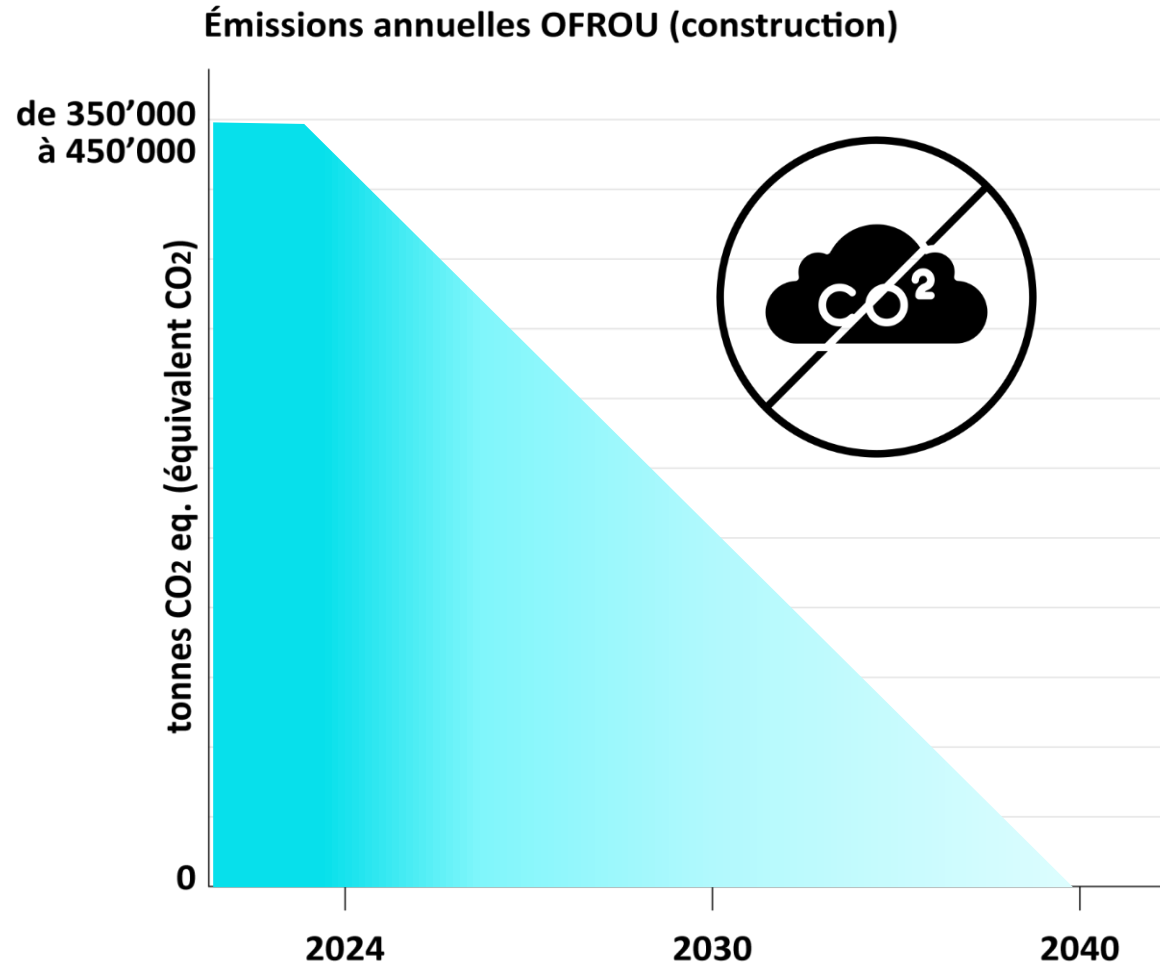
## Mesures OFROU:

- **Assainissement des bâtiments:** isolation des bâtiments
- **Installations techniques du bâtiment:** remplacement des chauffages
- **Production d'électricité:** utilisations des toits et des infrastructures routières
- **Stations de recharge:** installation de bornes de recharge pour les véhicules électriques
- **Promotion de l'utilisation de véhicules électriques** lors de l'exploitation des routes



# 1. Votation de la loi climat et innovation

## Rôle modèle de la Confédération



**Réduction nette  
des émissions de gaz à effet  
de serre à zéro d'ici 2050**

**Zéro-net OFROU : 2040**



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

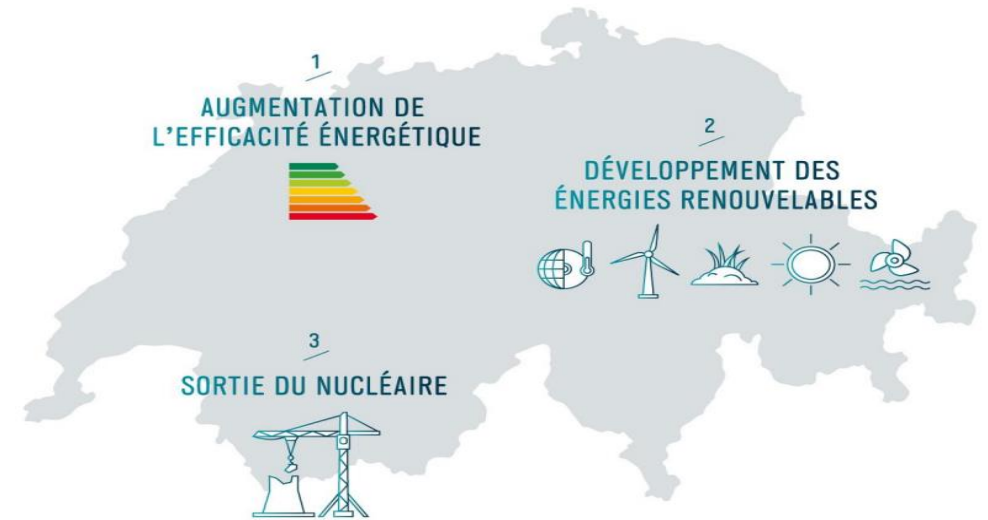
Rôle de modèle  
Art. 10 Loi climat



# 1. Stratégie énergétique 2050

Stratégie énergétique de la Confédération:

1. Efficacité énergétique et climatique  
(bâtiments, transports, etc.)
2. Développement des énergies renouvelables
3. Sortie du nucléaire

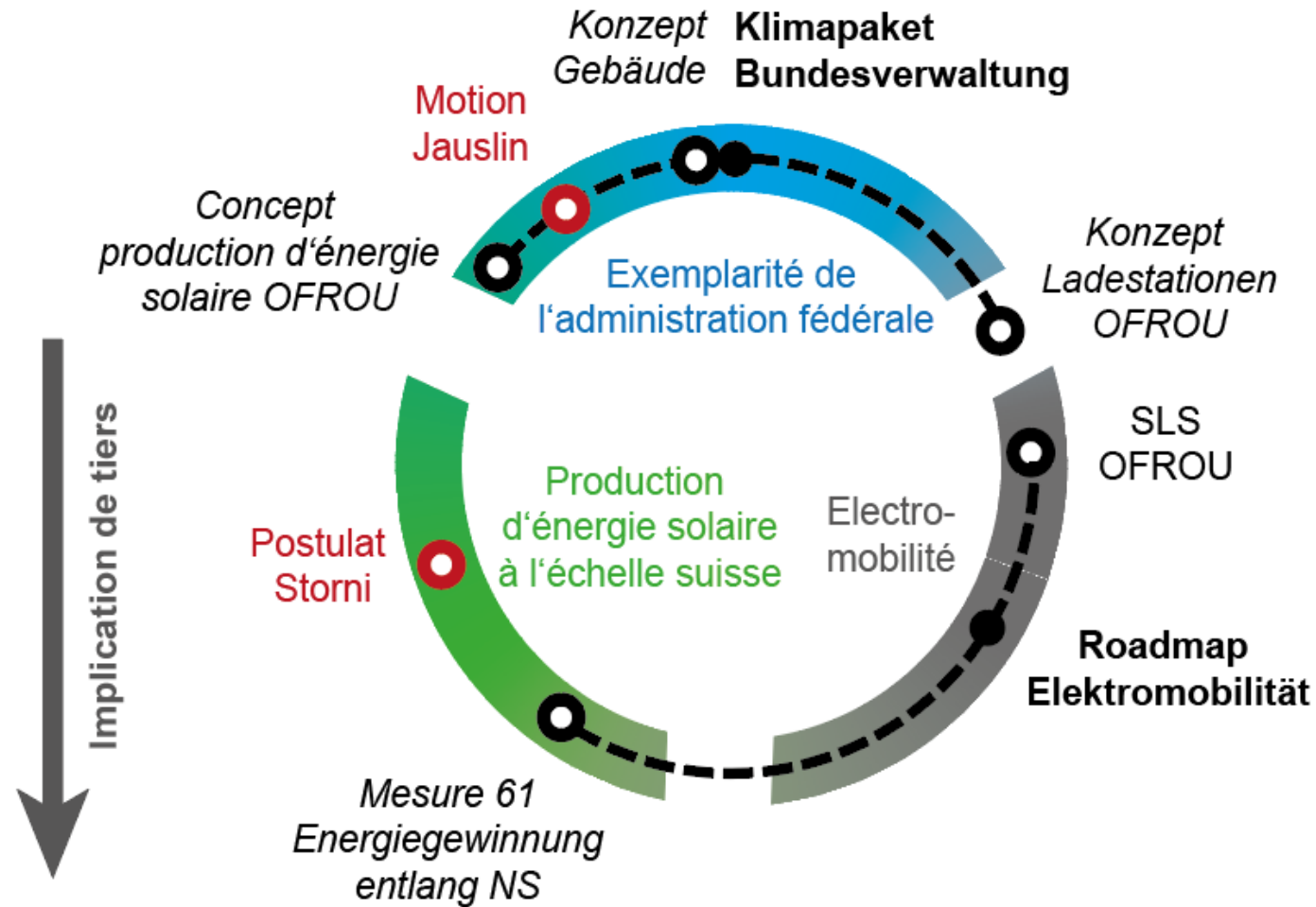


**Mesures OFROU scope 3 Loi climat et innovation:**

- Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> liées à la **construction**
- Electrification des **chantiers**
- Introduction de **critères de durabilité** dans les marchés publics



# 1. Mesures OFROU – stratégie énergétique 2050



1. Electromobilité
2. Potentiel sur les infrastructures pour la production d'énergie solaire





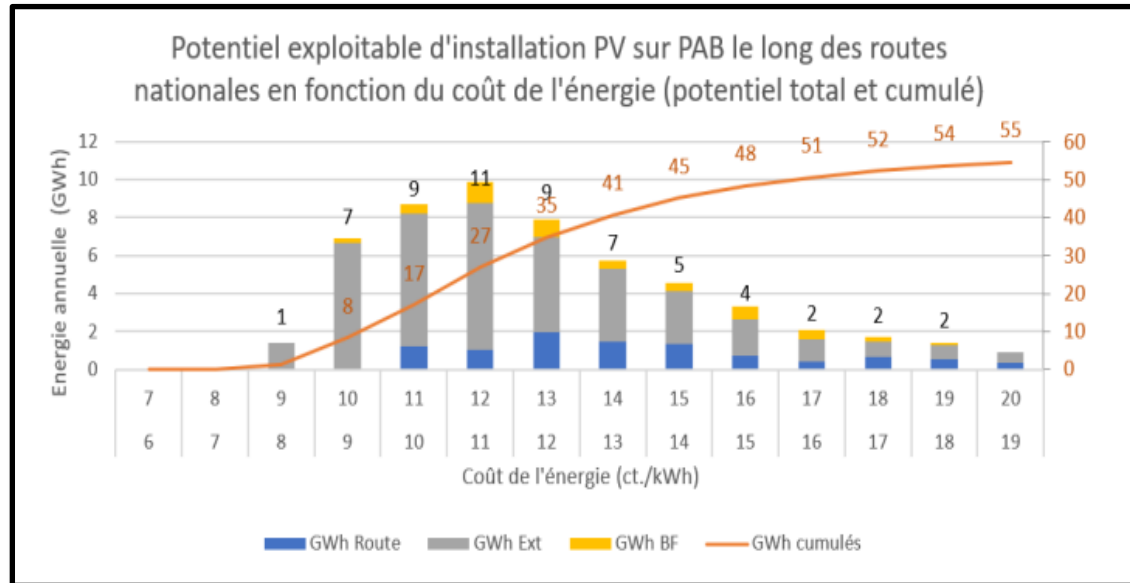
# Plan de la présentation

1. Nouveaux défis de l'OFROU: du paquet climatique à l'exemplarité énergétique, au zéro net d'émissions CO<sub>2</sub> jusqu'en 2040 jusqu'à la stratégie énergétique 2050
- 2. Potentiel de production sur les routes nationales**
3. Installations photovoltaïques de l'OFROU
4. Appel à projets photovoltaïques de tiers
5. Conclusion et questions

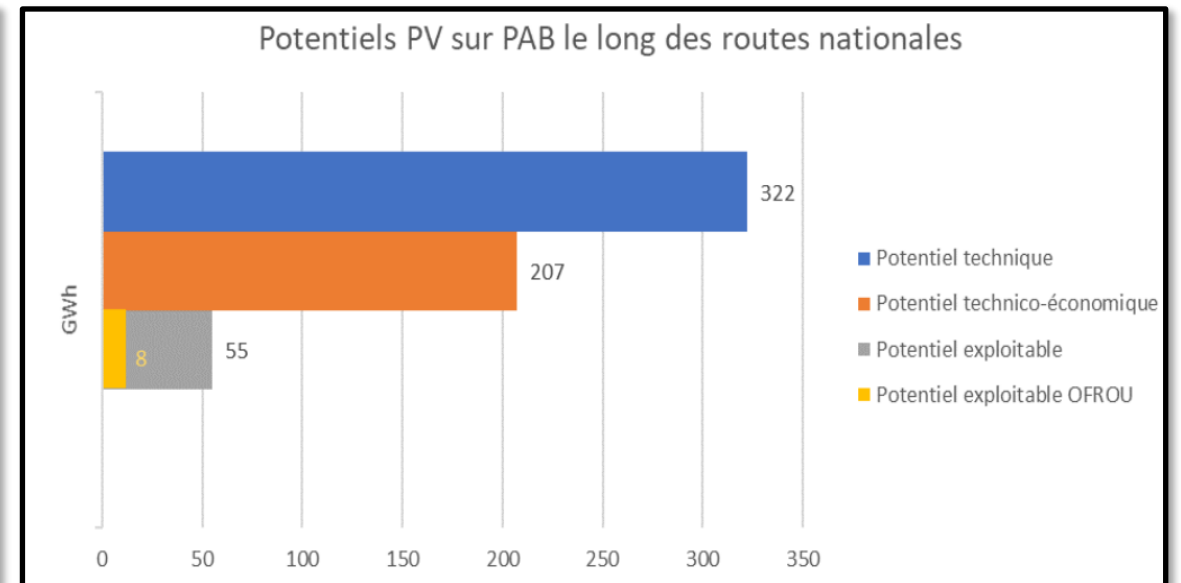


## 2. Juin 2020: Po. Storni: Potentiel des parois anti-bruit

**Le Conseil fédéral est chargé de réaliser une étude de potentiel le long des autoroutes et des voies ferrées**



**55 GWh exploitables sur les parois anti-bruit**



**Seule une petite partie est exploitable par les routes nationales**



## 2. Production d'énergie solaire sur les routes nationales

### 2 types de production



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

1.

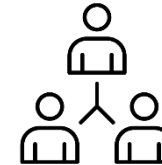
#### **L'OFROU produit de l'électricité pour ses propres besoins.**

A proximité des sites de consommation de l'OFROU (priorité pour les bâtiments, portails de tunnels, parois antibruit; puis sur des murs de soutènement, éventuellement talus).

Intégré dans des projets de l'OFROU.

**Objectif OFROU: 47 GWh/a en 2035.**

2.



#### **L'OFROU met les surfaces restantes à la disposition de tiers.**

Endroits non stratégiques pour la consommation propre (murs antibruit, aires de repos, couvertures isolées).

#### **Mise à disposition gratuite des surfaces disponibles des routes nationales (art. 29 al. 2 bis lit. b ORN).**

Ces installations sont planifiées, construites et financées par des tiers.

Autorisation de construire selon le droit cantonal.



## 2. Potentiel de production sur les routes nationales

Type d'objet	Consommation de l'OFROU	Potentiel de production de l'OFROU	Potentiel de production des tiers
Centres d'entretien	16 GWh/a	25 GWh/a	-
Parkings des centres d'entretien, y compris les centres de contrôle des poids lourds		5 GWh/a	
Centrales de tunnel	des tunnels : 136 GWh/a  des tronçons à ciel ouvert: 12 GWh/a	3 GWh/a	-
Couvertures autoroutières		9 GWh/a	
Murs anti-bruit		5 GWh/a	50 GWh/a
Aires de repos		-	27 GWh/a
Talus		<b>Projets pilotes</b> <i>Potentiel non évalué</i>	
Murs de soutènement			
Ouvrages d'art			
Total	164 GWh/a	47 GWh/a	77 GWh/a

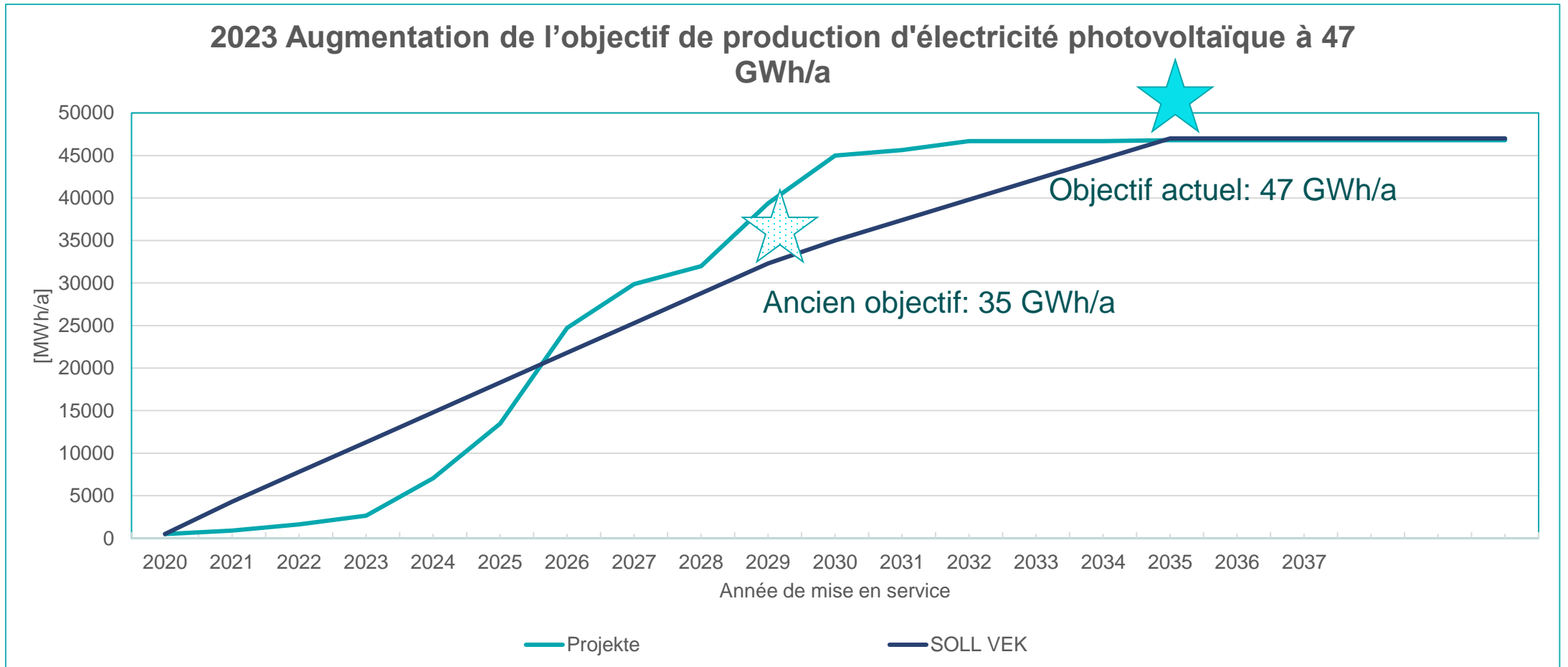




## 2. Objectif de l'OFROU



**Objectif: production de 47 GWh/a d'ici 2035**





## 2. Statistiques 2023: énergie OFROU

- **Consommation totale d'électricité OFROU:** environ 147 GWh/a
- **Objectif:** 47 GWh en 2035 produit avec des installations photovoltaïques
- **Croissance production d'énergie photovoltaïque:** 2020: 0,3 GWh/a; 2022: 1,3 GWh/a; 2023: 2,6 GWh/a; 2024 5.6 GWh/a
- **Achat de courant (Confédération):** provenant exclusivement de sources hydroélectriques
- **Actuellement:** 26 installations photovoltaïques OFROU et une dizaine de tiers

OFROU	Volumes d'électricité / an
Besoins en électricité en 2023	147 GWh
Production photovoltaïque propre en 2023	2,6 GWh (26 installations)
Production photovoltaïque propre d'ici à 2030	35 GWh (90 installations)
Production photovoltaïque propre d'ici à 2035	47 GWh (116 installations)
Production photovoltaïque de tiers en 2023	3 GWh (13 installations)



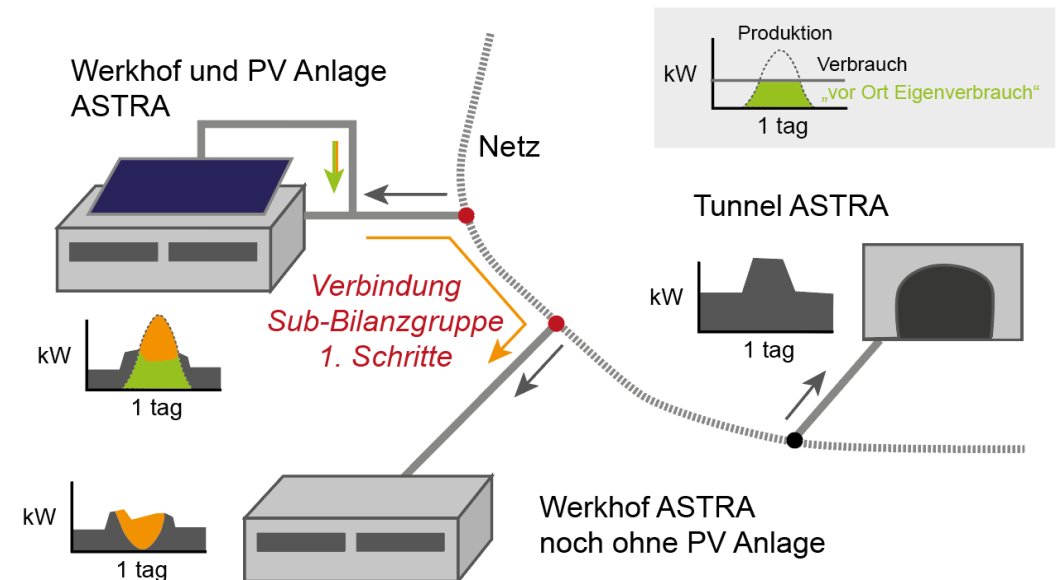
## 2. Vers une production autonome

### Changement dans la pratique de l'OFROU

- L'OFROU doit en priorité construire et exploiter lui-même ses installations.
- Les installations visent une autoconsommation pour les besoins propres de l'OFROU.
- Le courant excédentaire est injecté dans le sous-groupe bilan de la Confédération.



**Tunnel de Karlihof, 130 kW, 2022**



**Sous-bilan de la Confédération**



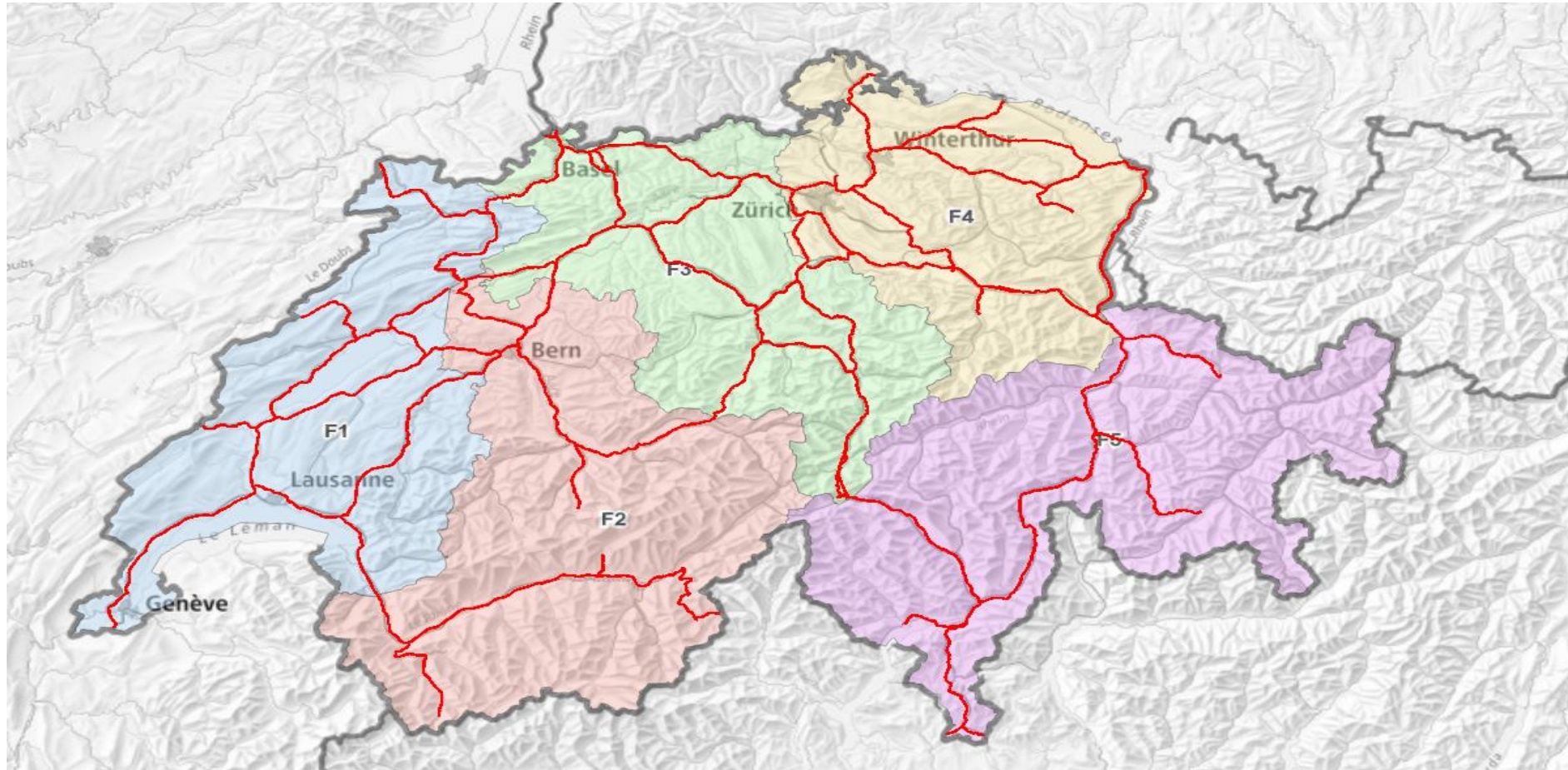
# Plan de la présentation

1. Nouveaux défis de l'OFROU: du paquet climatique à l'exemplarité énergétique, au zéro net d'émissions CO<sub>2</sub> jusqu'en 2040 jusqu'à la stratégie énergétique 2050
2. Potentiel de production sur les routes nationales
- 3. Installations photovoltaïques de l'OFROU**
4. Appel à projets photovoltaïques de tiers
5. Conclusion et questions



### 3. Installations photovoltaïques filiale de Thoune

Potentiel de la filiale de Thoune (F2): 6 GWh







### 3. Tunnel Allmend Thoune



#### Caractéristiques

Surface utilisée

Puissance

Puissance annuelle attendue

#### Chiffres

env. 500 m<sup>2</sup>

env. 50 kWp

env. 48 000 kWh



### 3. Rüdtligen-Alchenflüh



#### Caractéristiques

Surface utilisée

Puissance

Puissance annuelle attendue

#### Chiffres

env. 3500 m<sup>2</sup>

env. 233 kWp

env. 233 000 kWh





### 3. Tranchée couverte Tourtemagne



#### Caractéristiques

Surface utilisée

Puissance

Puissance annuelle attendue

#### Chiffres

env. 700 m<sup>2</sup>

env. 120 kWp

env. 120 000 kWh





### 3. Bienne – branche Est



#### Caractéristiques

Surface utilisée

Puissance

Puissance annuelle attendue

#### Chiffres

env. 1600 m<sup>2</sup>

env. 150 kWp

env. 140 000 kWh





### 3. Tranchée couverte Sonnenhof à Berne



#### Caractéristiques

Surface utilisée

Puissance

Puissance annuelle attendue

#### Chiffres

env. 2400 m<sup>2</sup>

env. 452 kWp

env. 452 000 kWh





### 3. Photovoltaïque et biodiversité: compatibles ?

- L'OFROU doit utiliser toutes les surfaces **adaptées**.
- Priorité sur les toits, murs de soutènement, tranchées couvertes, etc.
- Installation sur des surfaces pauvres en biodiversité.
- L'installation de panneaux photovoltaïques **sur les surfaces vertes appropriées** peut avoir un impact négatif négligeable, voire positif sur la biodiversité.
- Utilisation des surfaces vertes actuellement au stade de projets pilotes à l'OFROU.





# Plan de la présentation

1. Nouveaux défis de l'OFROU: du paquet climatique à l'exemplarité énergétique, au zéro net d'émissions CO<sub>2</sub> jusqu'en 2040 jusqu'à la stratégie énergétique 2050
2. Potentiel de production sur les routes nationales
3. Installations photovoltaïques de l'OFROU
4. **Appel à projets photovoltaïques de tiers**
5. Conclusion et questions

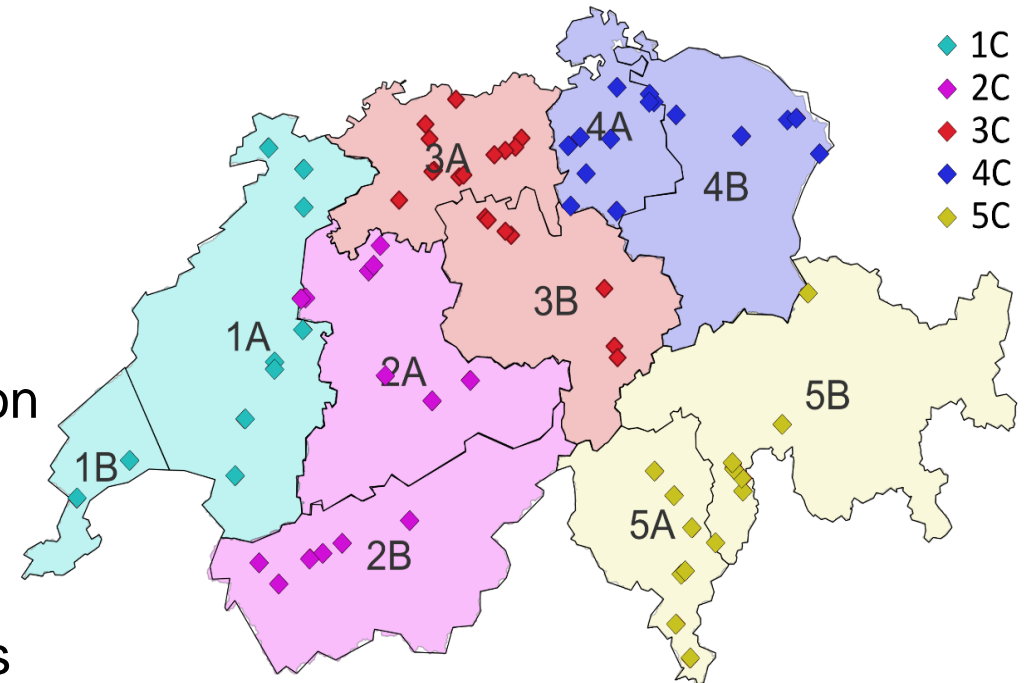


## 4. Appel à projets 19.9.2022

- 2 types d'objets:
  - **Parois anti-bruit**
  - **Aires de repos**
- Divisés par zones géographiques: **15 lots**
- Max. **3 lots / entreprise**

**Objectif:** exploiter au mieux le potentiel de production photovoltaïque le long des routes nationales.

- 350 parois antibruit et 100 aires de repos réparties en 15 lots
- **14 lots sur les 15 ont été attribués**



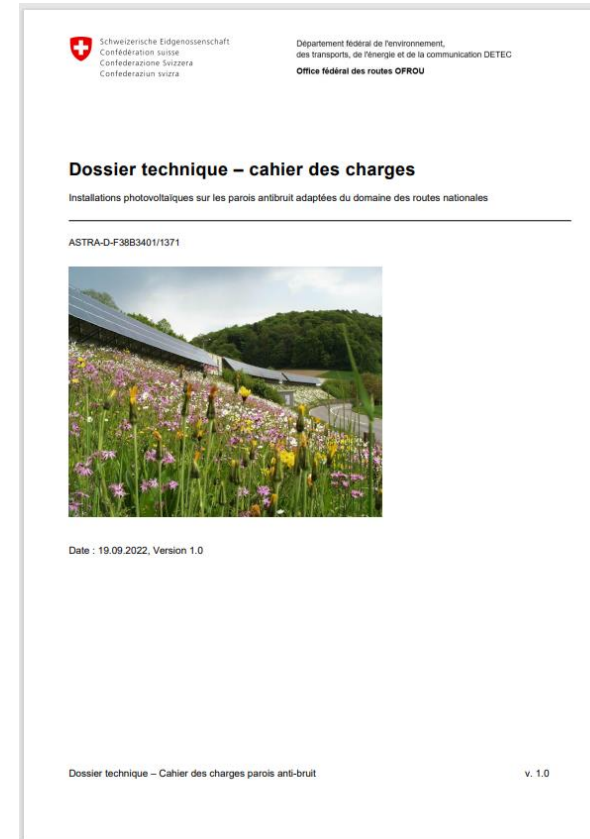


## 4. Appel à projets 19.9.2022

Des **cahiers des charges** définissent les conditions cadres pour les exploitants de ces installations de tiers.

**Délai de 3 ans** pour planifier et demander un permis de construire (convention de réservation).

Les **tiers** sont responsables de la planification, du financement, de la construction, du raccordement, de l'exploitation et de l'entretien des installations photovoltaïques.







## 4. État d'avancement

- Plusieurs projets de tiers en parallèle (bornes de recharge rapide, voitures et camions), hubs de recharge, etc.
- Planification des projets photovoltaïques de tiers et des projets pilotes
- Coordination nécessaire
- Anticipation des besoins des routes nationales et des exploitants
- Vision stratégique nécessaire
- Un projet photovoltaïque de tiers a reçu une autorisation de construire de la commune

Appel d'offres et adjudication des aires de repos pour la construction de stations de recharge rapide



Appel à candidatures concernant des installations photovoltaïques de tiers



L'OFROU encourage l'aménagement de hubs de recharge rapide le long des routes nationales



# Plan de la présentation

1. Nouveaux défis de l'OFROU: du paquet climatique à l'exemplarité énergétique, au zéro net d'émissions CO<sub>2</sub> jusqu'en 2040 jusqu'à la stratégie énergétique 2050
2. Potentiel de production sur les routes nationales
3. Installations photovoltaïques de l'OFROU
4. Appel à projets photovoltaïques de tiers
- 5. Conclusion et questions**



## 5. Conclusion

- Les routes nationales œuvrent pour la transition énergétique
- Assainissement des centres d'entretien (remplacement des chauffages à gaz et mazout, isolation, PV sur toits et façades)



- 2 projets de tiers à Zurich ont été mis à l'enquête, un des deux vient de recevoir son autorisation de construire!
- Décarbonisation de la flotte des véhicules : p. ex. camions électriques pour le service hivernal



An aerial photograph of a winding asphalt road that curves through a dense, lush green forest. The road is light grey and contrasts with the vibrant green of the trees. The perspective is from directly above, showing the road's path as it snakes through the canopy.

# Merci pour votre attention!

# Questions?



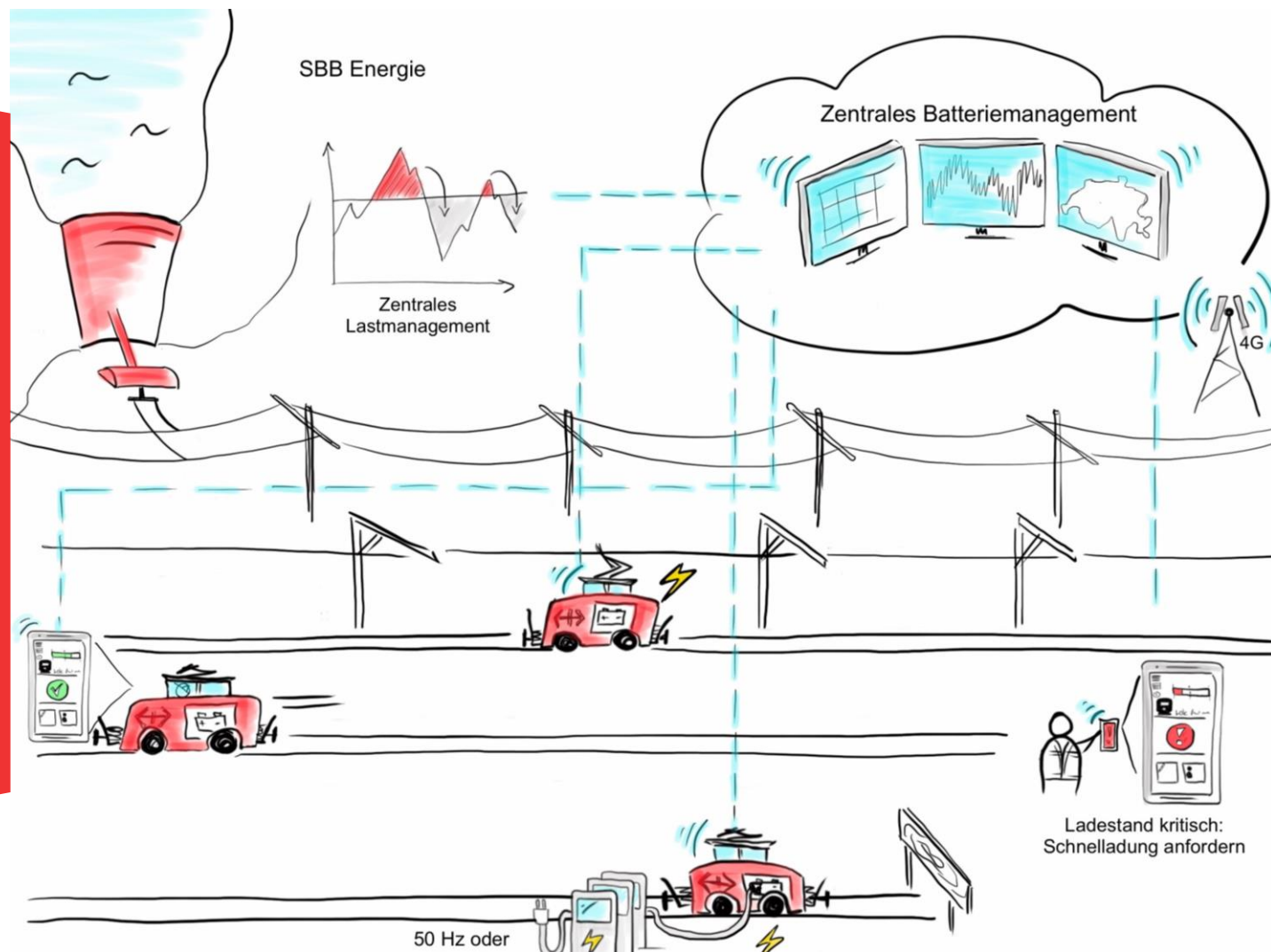


**Markus Halder**

**Responsable du programme Gestion  
de la charge, CFF**

# BIENE – Essaim de batteries sur des véhicules ferroviaires en tant qu'usine électrique de réserve du réseau de courant de traction

Forum Énergie durable de l'UTP, 20 novembre 2024  
Markus Halder, CFF Énergie



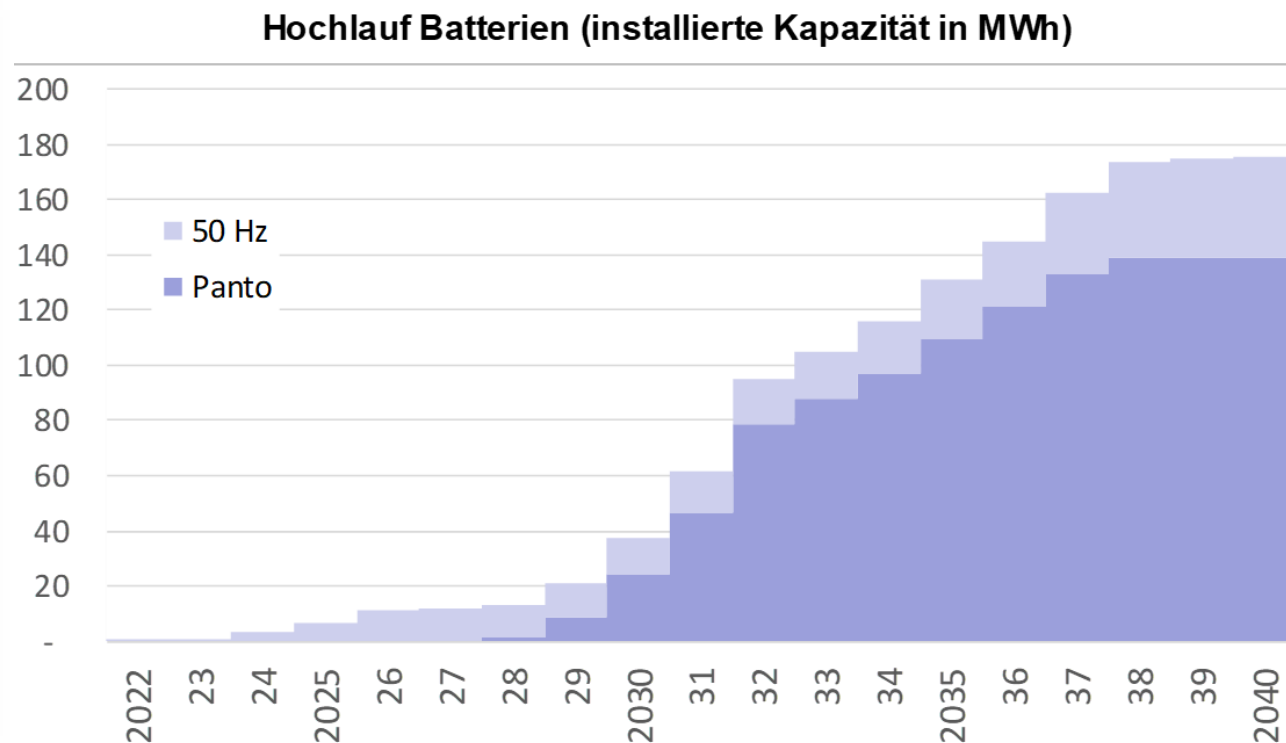
Question introductive: combien de litres de carburant les véhicules ferroviaires diesel des CFF consomment-ils par année?

- a) 1 million de litres
- b) 7 millions de litres
- c) 11 millions de litres





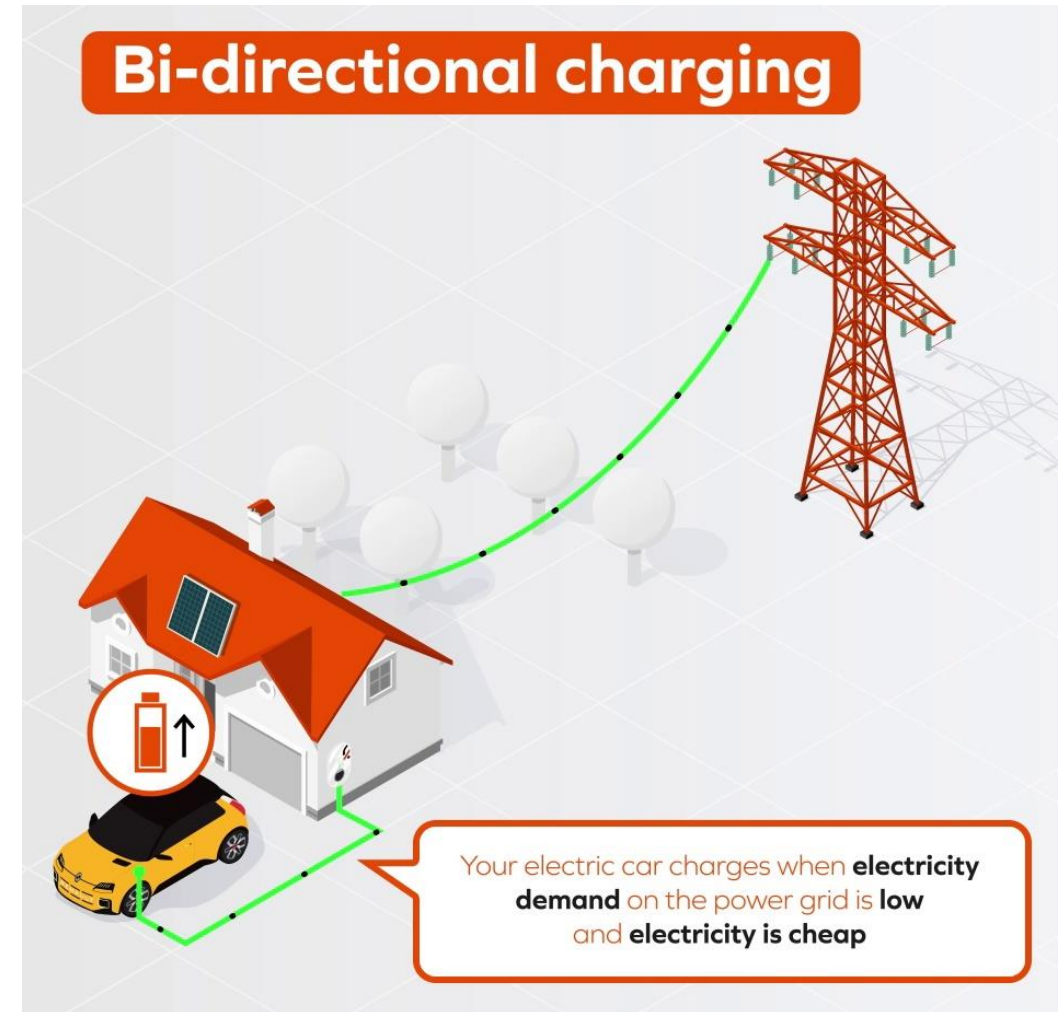
Objectif climatique: le zéro net pour 2040 signifie acheter des véhicules électriques lors du remplacement de la flotte diesel.



# Sujet d'avenir: utiliser la flexibilité des batteries de véhicules.



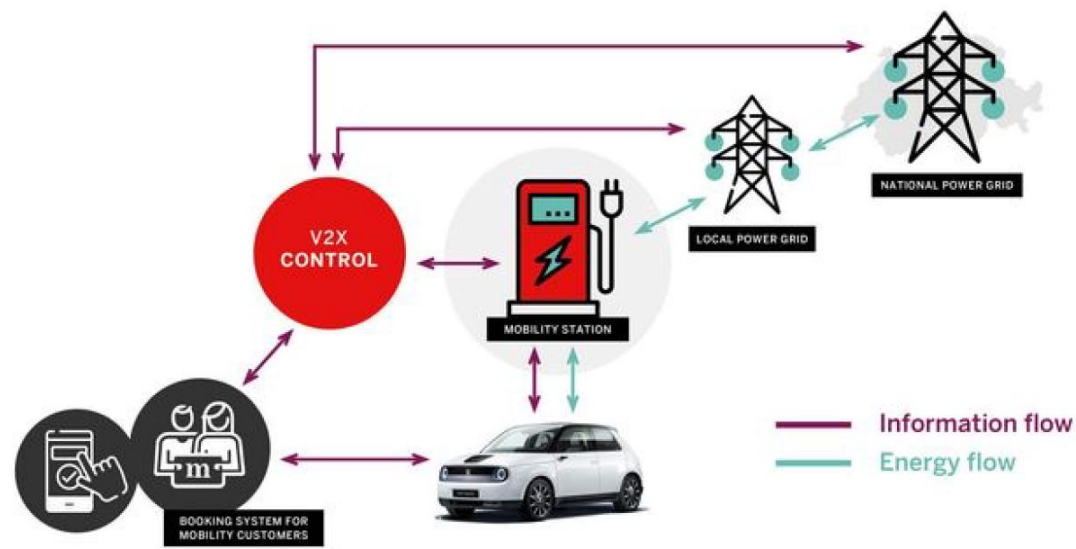
Source: Rémi Jeanney, Energy services, mobilize.com, V2G conference, Münster 10-11.April 2024



Source: Renault Mobilize ([Link](#))

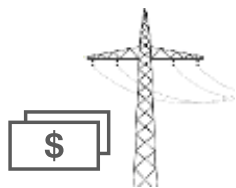
# Sujet d'avenir: utiliser la flexibilité des batteries de véhicules.

“V2X Suisse” pilot project to find out...



Source: Marco Piffaretti, sun2wheel, V2G conference, Münster 10-11.April 2024

# Utiliser la flexibilité des batteries de véhicules. Meilleure situation pour le rail par rapport à la route.



## Potentiel d'utilité:

Variations des prix dues aux énergies renouvelables, besoin de développement du réseau



Grand potentiel

Très grand potentiel  
(dynamique du réseau  
de courant de traction)

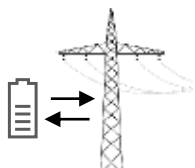


## Potentiel de mise en œuvre:

- Complexité due au nombre d'acteurs

Grand nombre d'acteurs  
individuels

Peu d'acteurs,  
généralement dans la  
même entreprise



- Conditions techniques

Stations de recharge et  
véhicules capables de  
réinjecter le courant

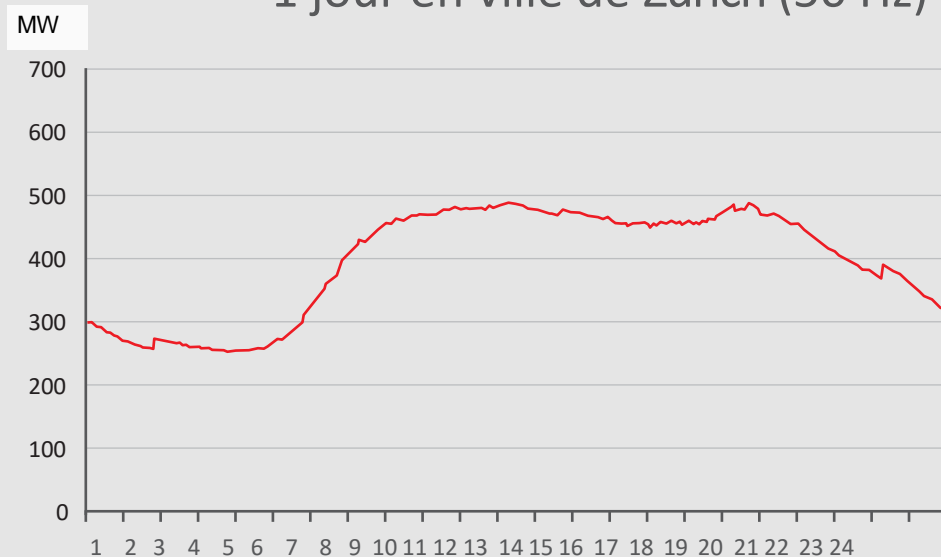
Réseau de courant de traction  
et véhicules aptes à réinjecter  
le courant



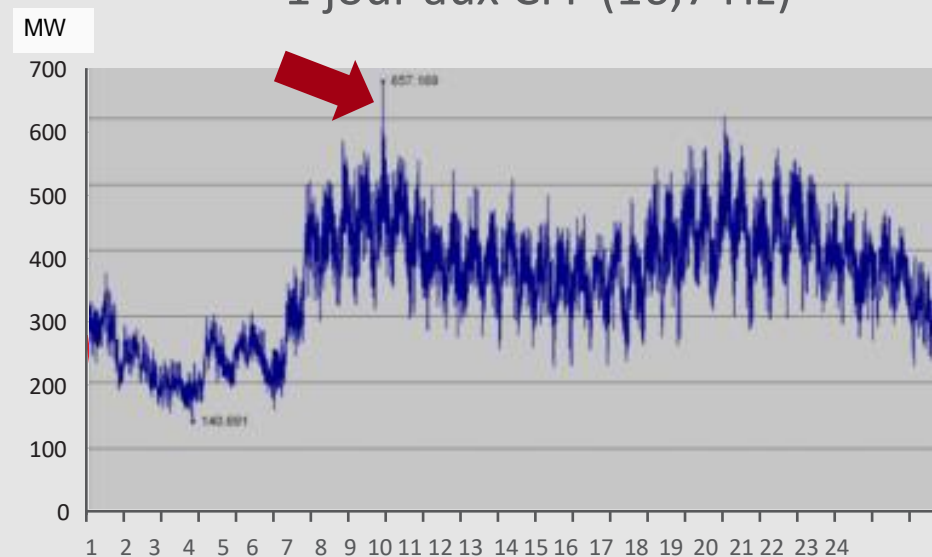
# Le défi du réseau de courant de traction.

## Un profil de charge dynamique avec de brefs pics de charge.

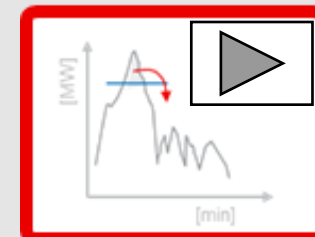
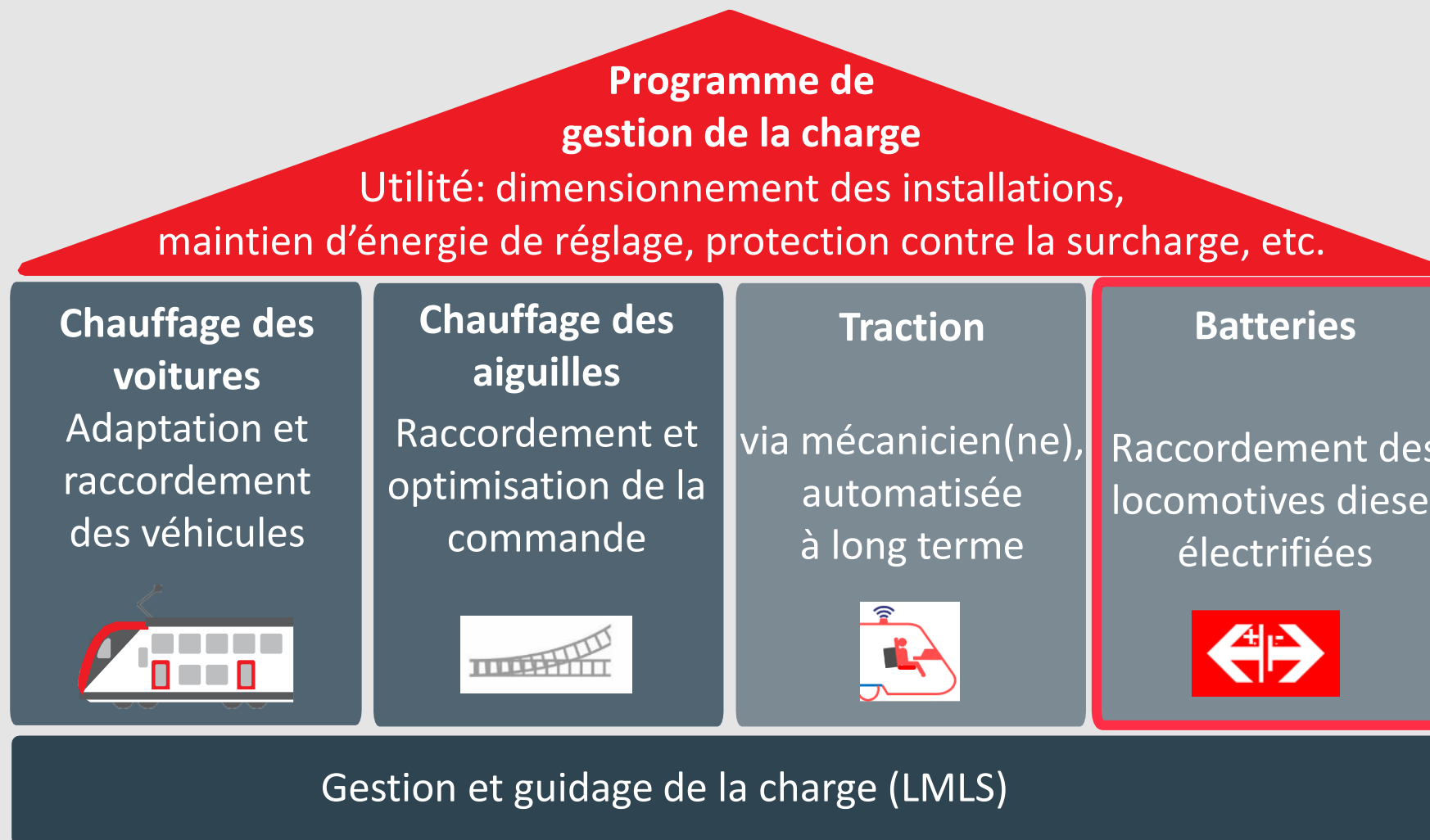
1 jour en ville de Zurich (50 Hz)



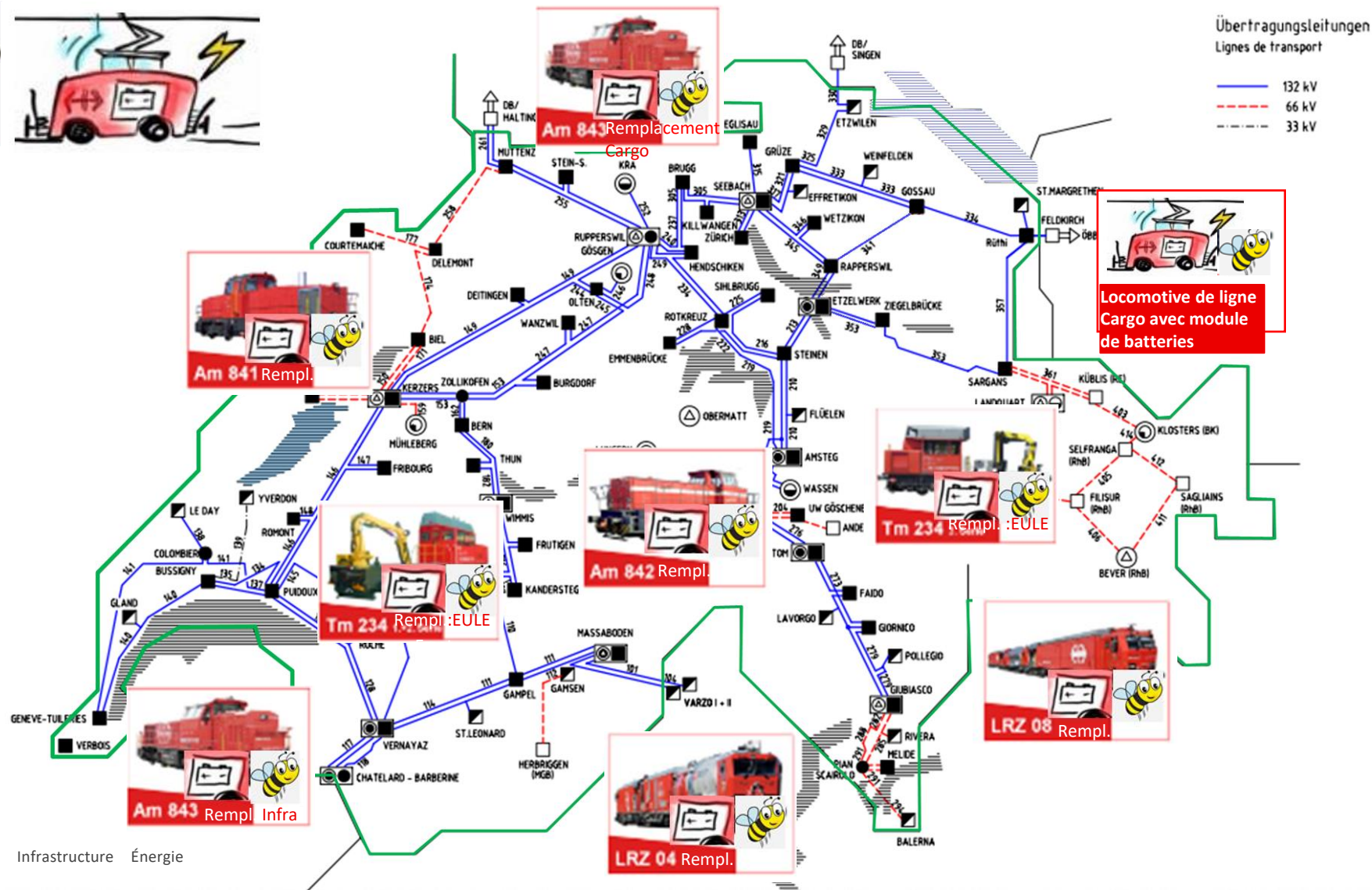
1 jour aux CFF (16,7 Hz)



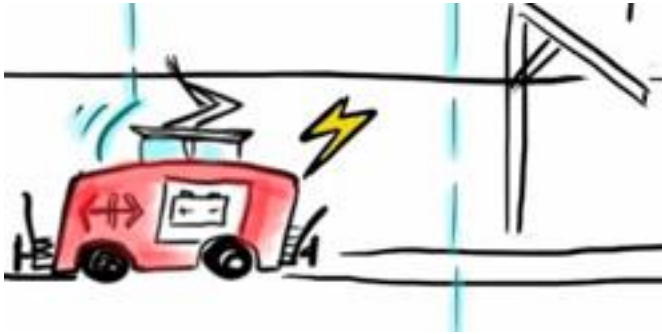
# Le programme de gestion de la charge des CFF.



# BIENE – BatteriEschwarm im BahnstromNEtz (essaim de batteries sur le réseau de courant de traction)



# Étude BIENE (= BatterEschwarm im BahnstromNetz)



## Infrastructure de recharge disponible via ligne de contact.

- Charge rapide à une puissance élevée même pendant la course.
- Moins cher que le courant 50 Hz, bien moins cher que le diesel.
- Charge suppl. non critique: max. 1 % de la charge maximale

## L'essaim de batteries en tant que centrale électrique de réserve.

- > 60 MWh toujours atteignables.
- Couper les onéreux pics
- Source de réserve en cas d'alimentation critique.
- > Potentiel CFF >1 mio. CHF/an grâce à la réduction des réserves.

## Recharge préservant les batteries grâce à la gestion centrale de la charge.

- Durée de vie des batteries augmentée
- La recharge peut être planifiée, surveillée et guidée à distance.
- > Potentiel CFF >1 mio. CHF/an grâce à la diminution du vieillissement des batteries.



## Comparaison entre centrale électrique

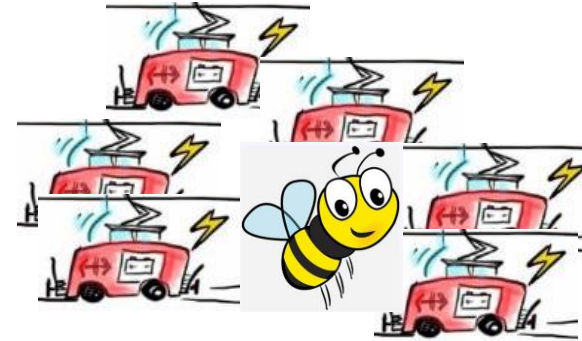


60 MW

(nouvelle turbine 16,7 Hz et générateur)

- Fonctionnement continu pour la production d'énergie et l'énergie de réglage.

## et «centrale de réserve BIENE»



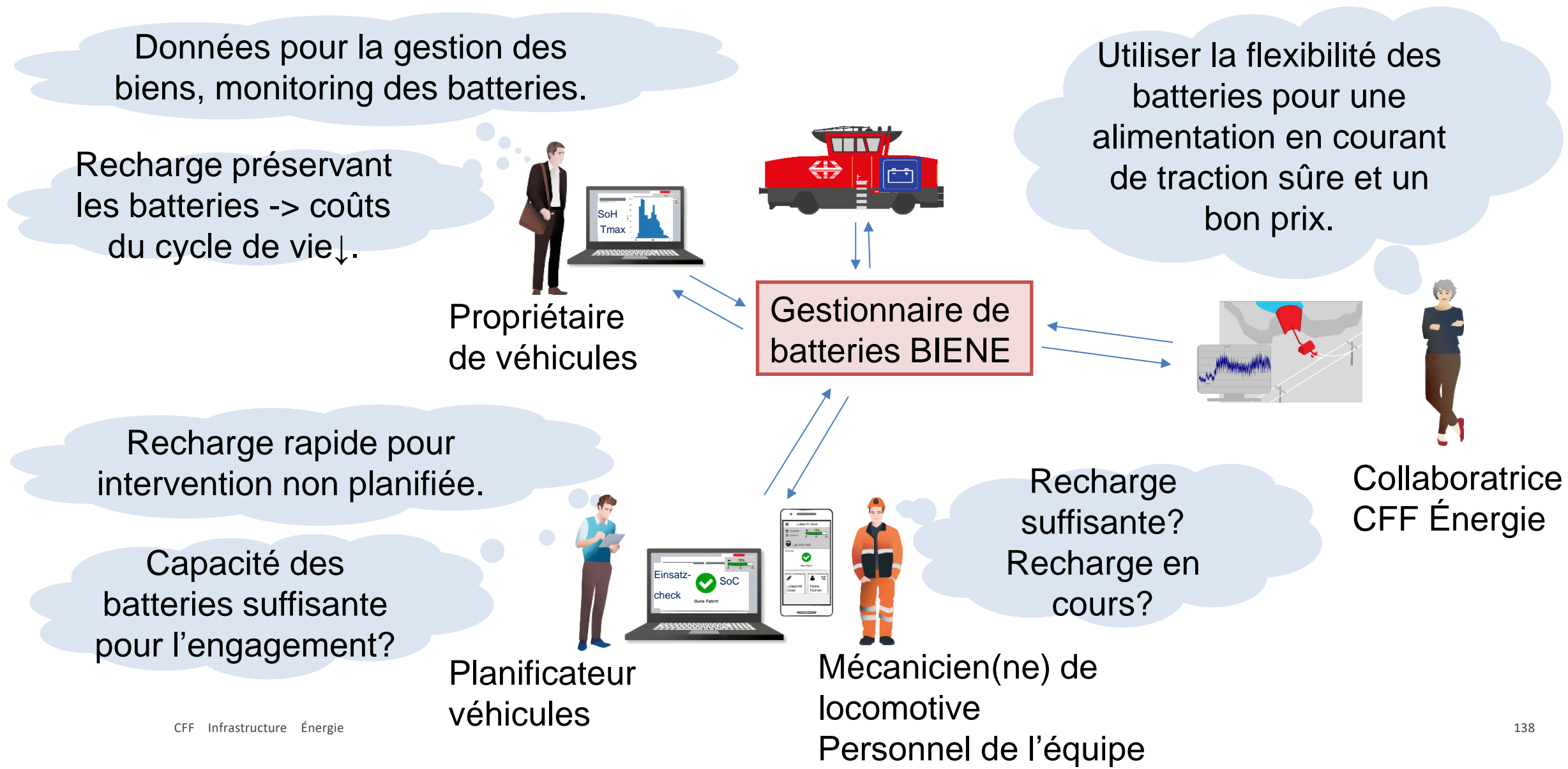
60 MW pour 1h

120 MW pour ½ h

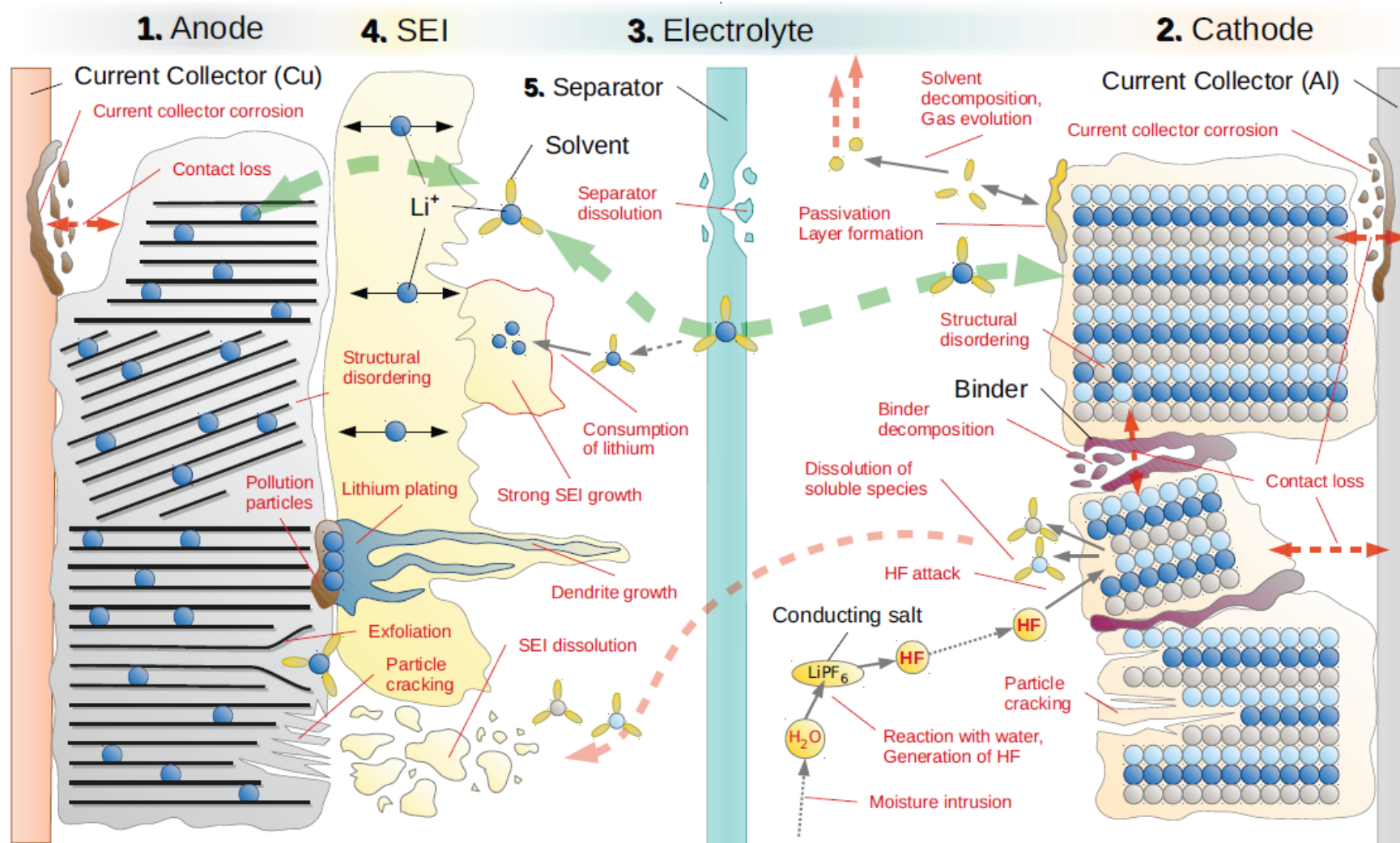
(une fois l'électrification de la flotte diesel achevée)

- Emploi en tant que réserve
  - Très rare: en cas de surcharge critique due à une grave panne d'une installation.
  - Très bref: pour couvrir les pics de charge les plus extrêmes pendant quelques secondes.
- -> Influence négligeable sur le vieillissement et l'utilisation des batteries.

# Besoins des usagers d'une gestion centrale de la recharge et des batteries.

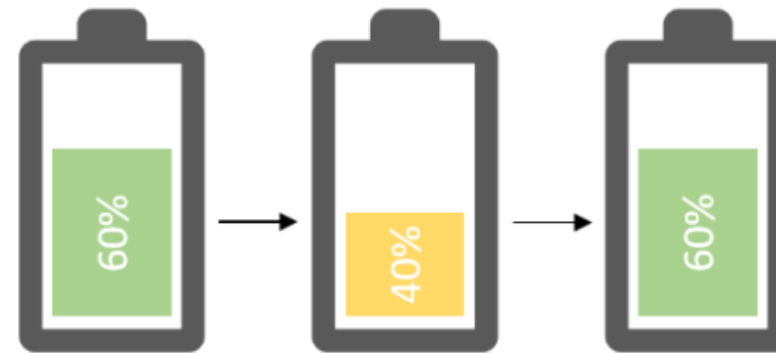
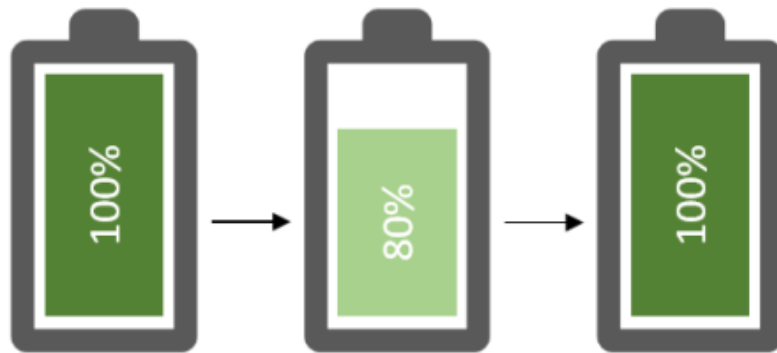


# Mécanismes de vieillissement d'une cellule de batterie lithium-ion.



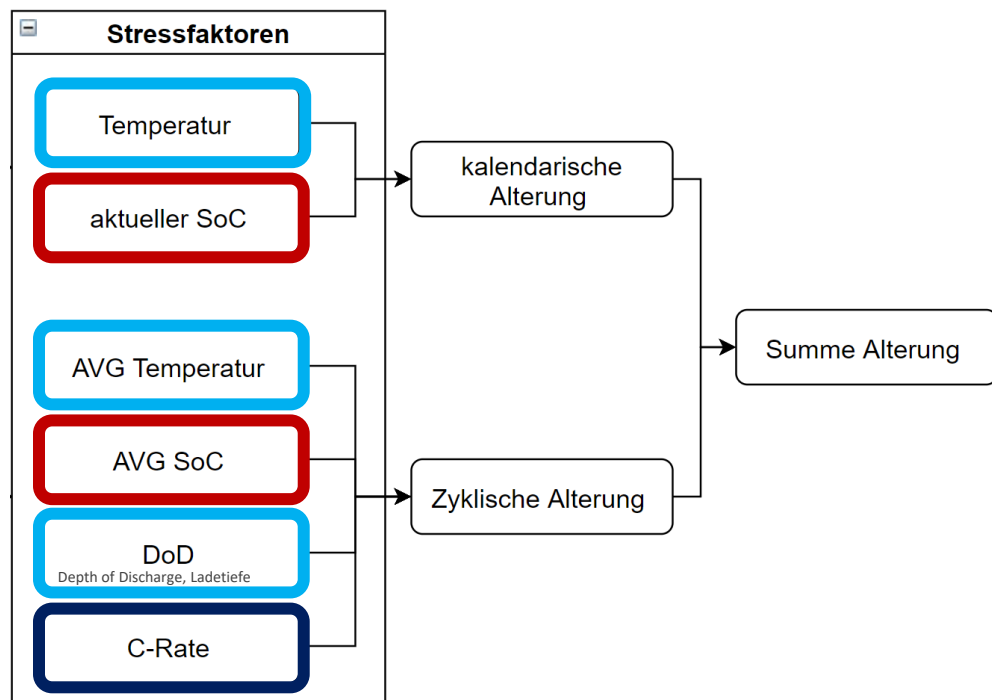
Quelle: BIENE-Abschlussbericht, 2022

Exemple: une profondeur de décharge de 20 % de la capacité stresse davantage la batterie lorsque le niveau de charge est élevé (SoC).





# Influences de l'exploitation sur le vieillissement des batteries: approches d'une gestion centrale des batteries.



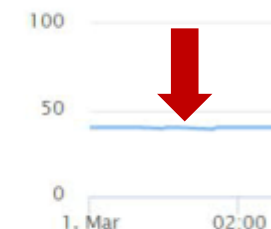
BIENE Batterie-management-Plattform

Baisser le State of Charge (SoC)

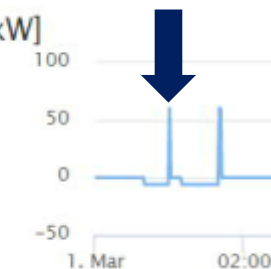
Baisser la puissance de recharge (C-Rate)

Surveiller notamment les températures

SOC [%]



Batterieleistung [kW]



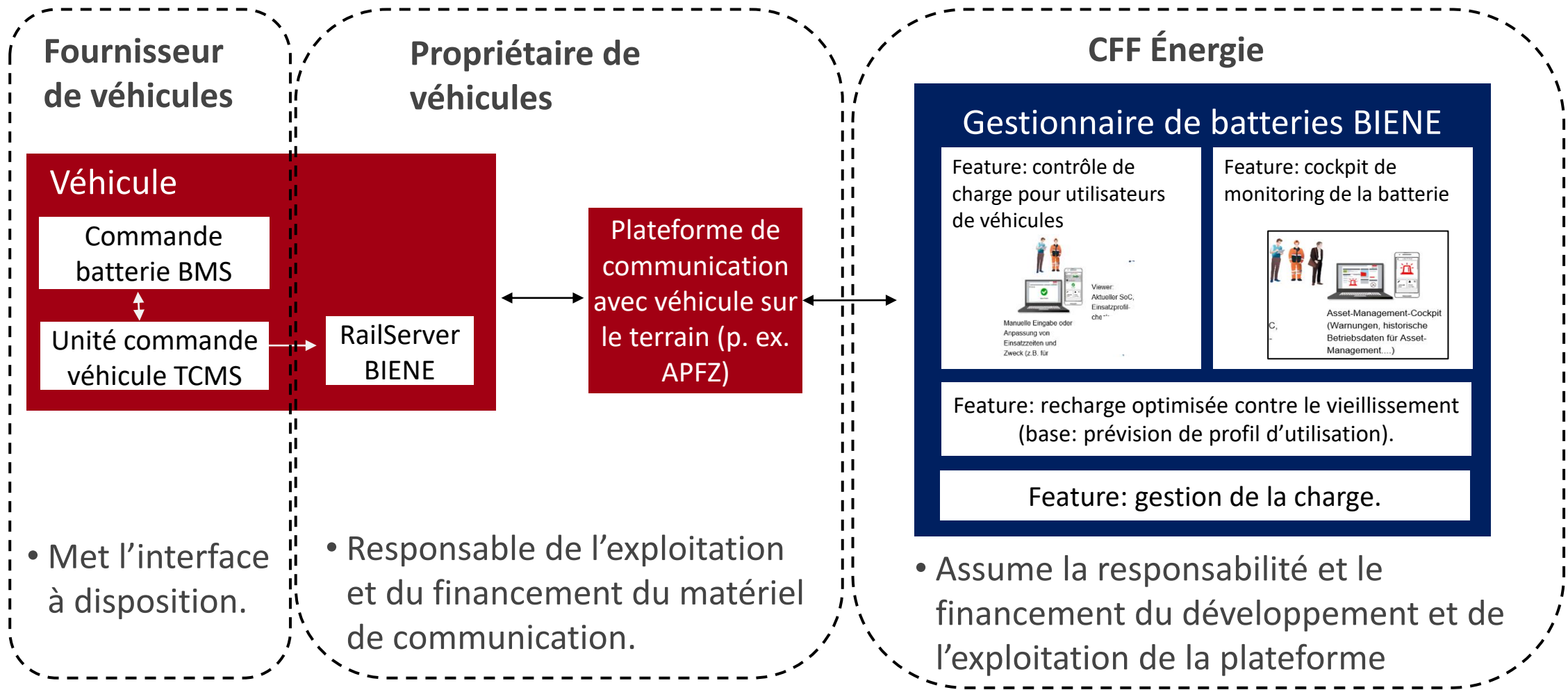
Étude BIENE: potentiel > 1 mio. CHF/an grâce à la recharge optimisant le vieillissement.

# Projet pilote «gestionnaire de batteries BIENE».

- Durée du projet: 2023-2026, soutenu par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) à hauteur de 920 000 francs.
- Partenaires du projet:
  - CFF: développement du logiciel, véhicule pilote (plateforme pour travaux en hauteur, Tafag)
  - Centre Stockage d'énergie de la BFH: accompagnement scientifique, modèles de batteries, simulation en laboratoire, etc.
  - RhB: véhicule pilote (locomotive de manœuvre Geaf 2/2, Stadler)
- Résultats partiels dans le premier rapport intermédiaire: [lien vers la page du projet de l'OFEN.](#)
  - Premières maquettes du logiciel réalisées, algorithmes de recharge développés et testés.
  - 3 véhicules pilotes sur 12 connectés, le reste de la flotte d'ici début 2026.



# Gestionnaire de batteries BIENE, rôles et responsabilité (proposition)



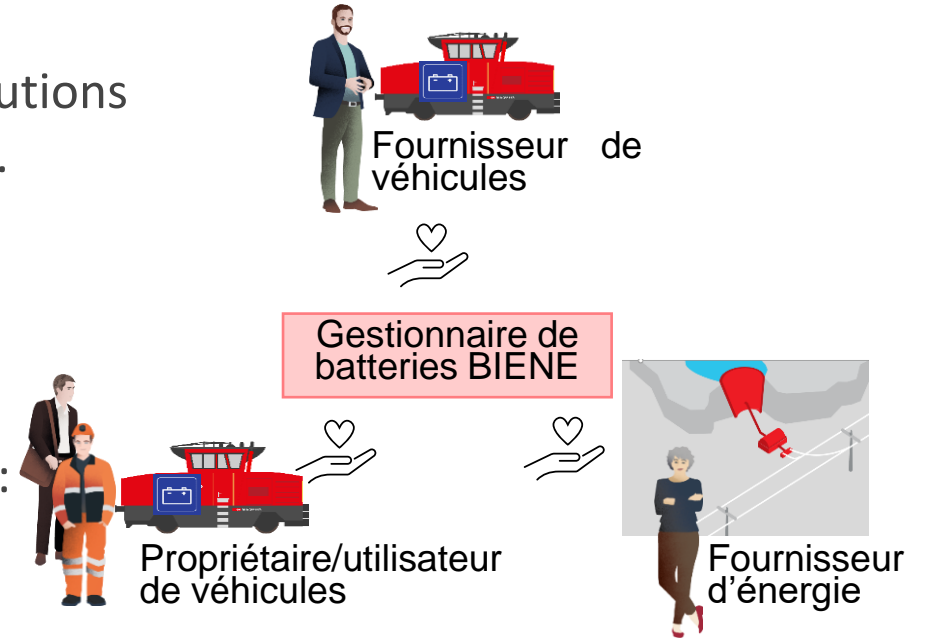
*Exigences de BIENE dans les conventions d'acquisition, conventions de garantie.*



*Convention d'utilisation de la plateforme BIENE et conditions d'utilisation de la flexibilité.*

# Le gestionnaire de batteries BIENE en tant que solution de branche

- Mise à profit des synergies: une solution pour tous. Des solutions standardisées peu onéreuses au lieu de chères adaptations.
- En tant que gestionnaire du système de courant de traction, CFF Énergie veut soutenir le tournant énergétique:
  - Électrification efficace
  - Approvisionnement en courant de traction sûr, rentable et durable.

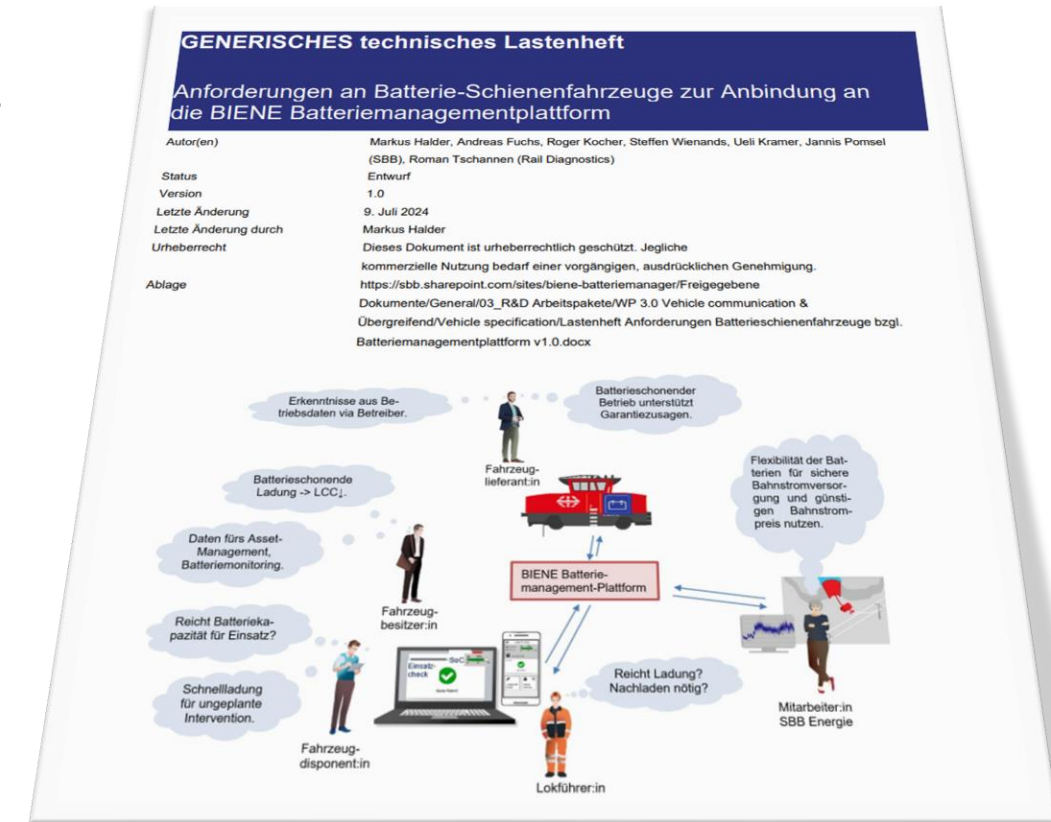


-> Le gestionnaire de batteries doit être mis à disposition en tant que service (contrepartie: utilisation de la flexibilité à des conditions définies)



# Cahier des charges générique pour l'acquisition

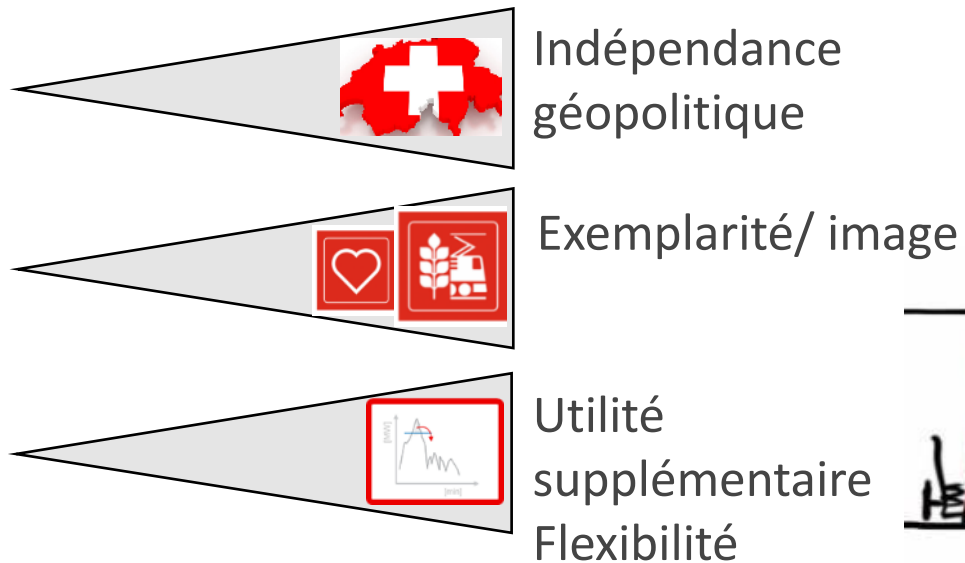
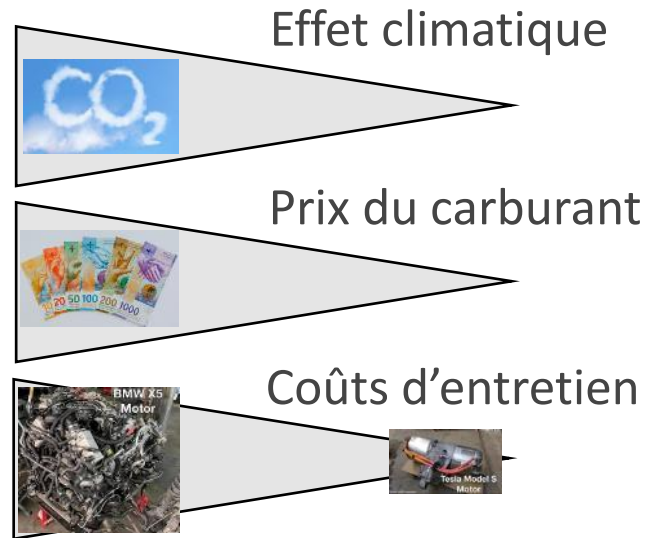
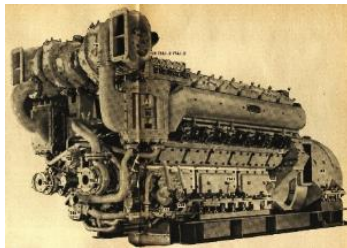
- Projet de cahier des charges élaboré (en allemand): voir sur la [page du projet de l'OFEN](#)
- Base des exigences pour CFF-Hyperion et le projet EULE. Transfert au BLS et aux RhB.
- Le développement se poursuivra sur la base des enseignements du projet.  
Actuellement testé sur les véhicules pilotes. Doit devenir le standard de la branche pour l'acquisition de tous les véhicules à batterie (norme RTE?).
- Définit les exigences posées aux véhicules, p. ex.
  - bidirectionnalité/apptitude à la réinjection
  - interfaces/données, format compris



# Diesel



# Électricité/batterie





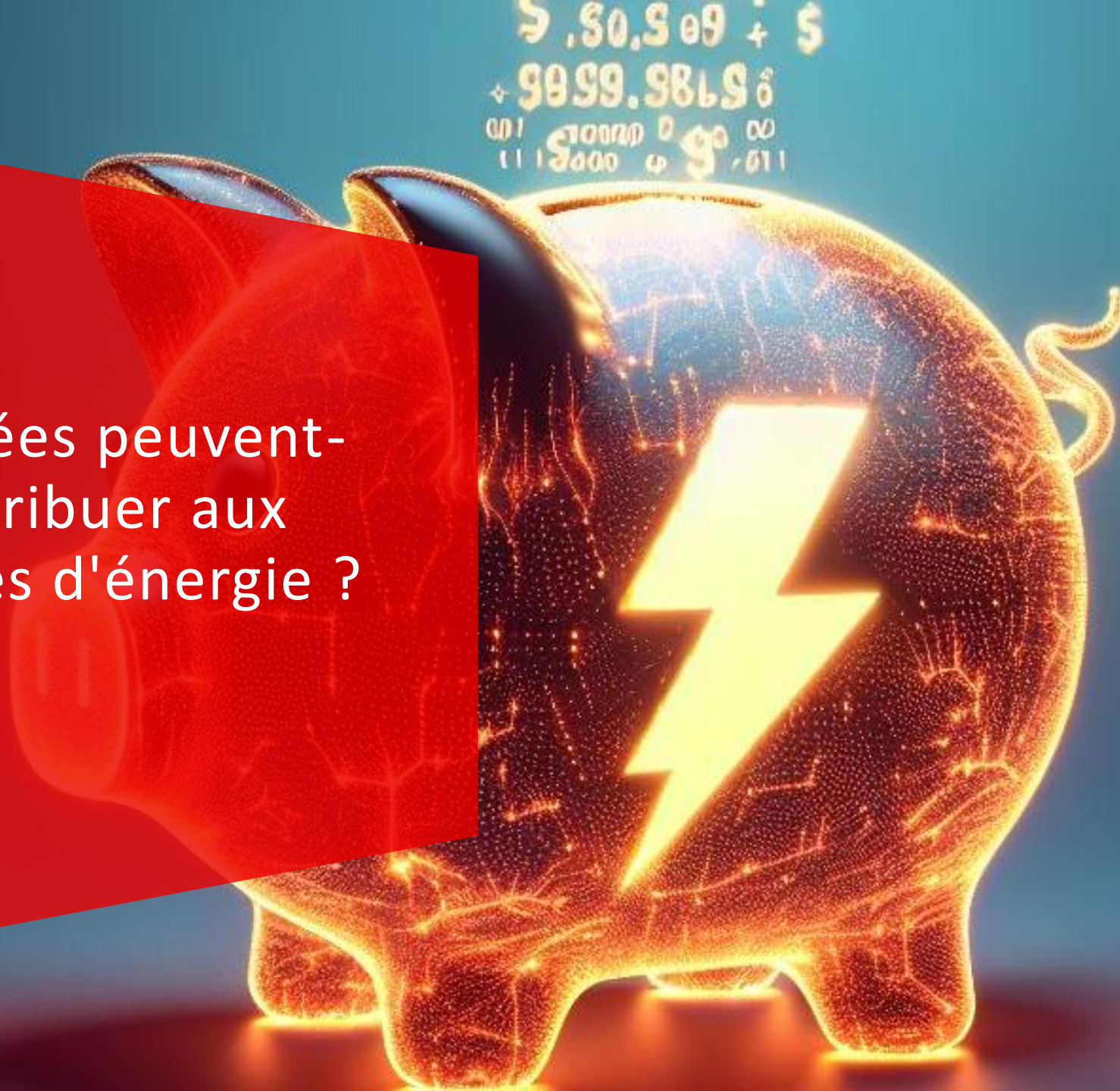
**Robert Strietzel**

**Responsable du programme sur  
l'efficacité énergétique et le climat,  
CFF**



# Les données peuvent-elles contribuer aux économies d'énergie ?

Robert Strietzel  
Berne, 20.11.2024



# Les données et leur traitement consomment de grandes quantités d'énergie

NZZ

Künstliche Intelligenz verbraucht Unmengen von Energie. Nun setzt Google auf Mini-AKW – die wichtigsten Fragen und Antworten

BUSINESS INSIDER

PLUS

WIRTSCHAFT

KARRIERE

POLITIK

LEBEN

MEHR

HOME > WIRTSCHAFT > KLIMAKILLER RECHENZENTREN: BOOM LÄSST STROMVERBRAUCH EXPLODIEREN

Digitalisierung und Klima: Stromhunger der Rechenzentren sorgt für Comeback von fossilen Brennstoffen

La consommation d'électricité des centres de calcul en Suisse continue d'augmenter

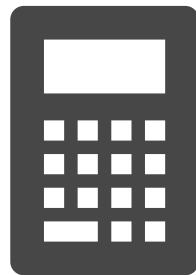
Berne, 13.04.2021 - Que ce soit dans nos vies personnelles ou dans l'économie, les applications numériques connaissent un grand essor. La quantité de données qu'elles génèrent font augmenter le besoin en électricité nécessaire. Ainsi, en Suisse, les centres de calcul et les salles des serveurs ont consommé 2,1 térawattheures (TWh) en 2019. Des mesures d'efficacité ont néanmoins permis d'économiser près de 1 TWh, soit

## Les données sont toutefois utiles dans la mise en œuvre de mesures d'économie d'énergie

Analyser la  
consommation



Déterminer le  
potentiel  
d'efficacité



Mettre en  
œuvre les  
mesures



Vérifier les  
économies

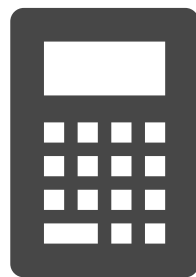


# Identifier les principaux postes consommateurs d'énergie

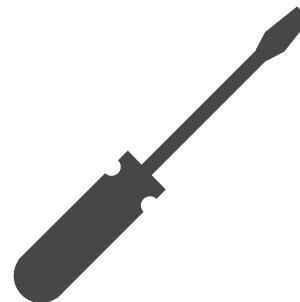
Analyser la  
consommation



Déterminer le  
potentiel  
d'efficacité



Mettre en  
œuvre les  
mesures

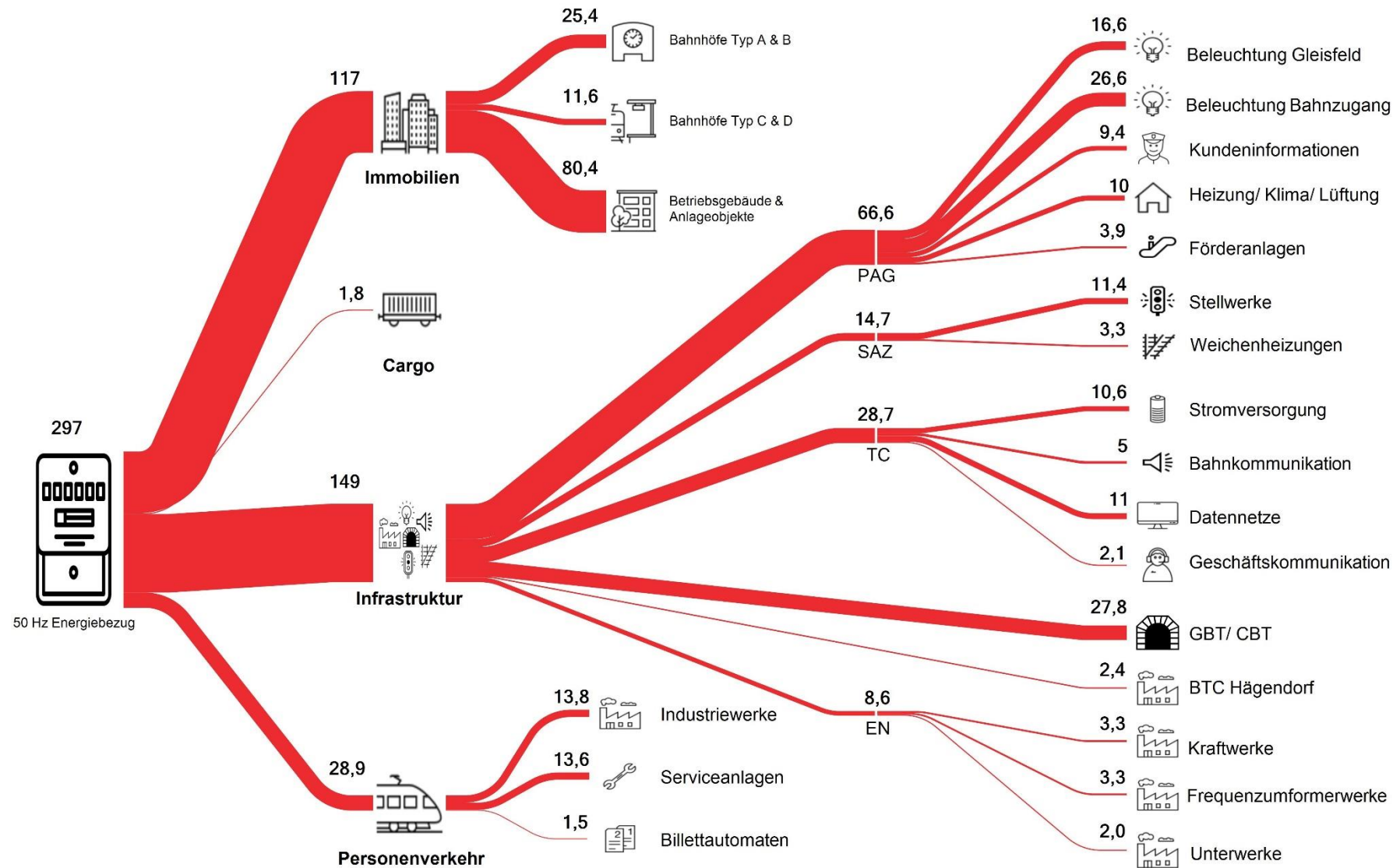


Vérifier les  
économies

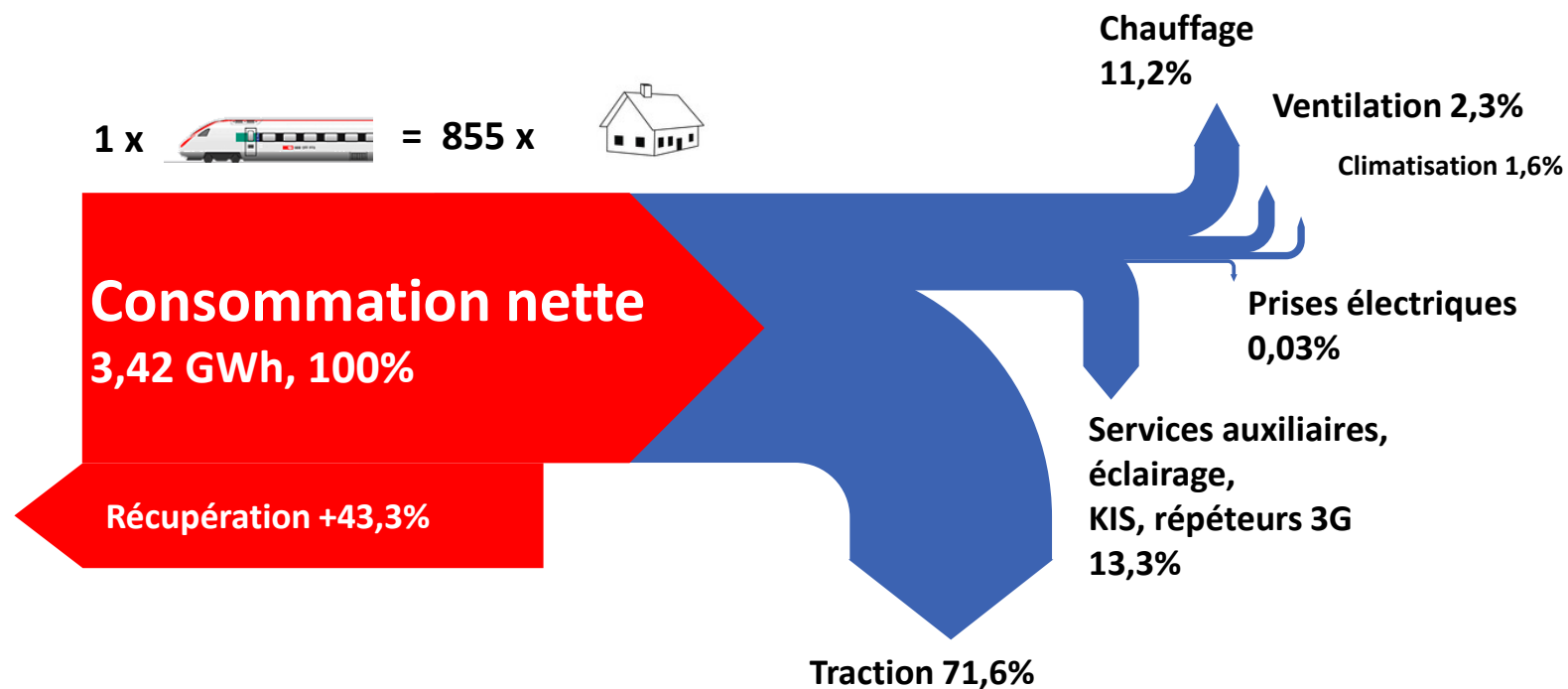




# Consommation électrique 50 Hz des CFF (2021)



# Bilan énergétique d'une rame automotrice ICN



La base de données est l'énergie mesurée par le système de guidage (Mitrac Orbita, période du 1.12.2015 au 31.08.2015, interpolée sur 365 jours) et les mesures HVAC du train de mesure climatique ICN 016 de l'Université de Bâle pendant la période du 1.12.2014 au 30.11.2015.

# Hiérarchiser les ressources grâce à des estimations de potentiel

Analyser la  
consommation



Déterminer le  
potentiel  
d'efficacité



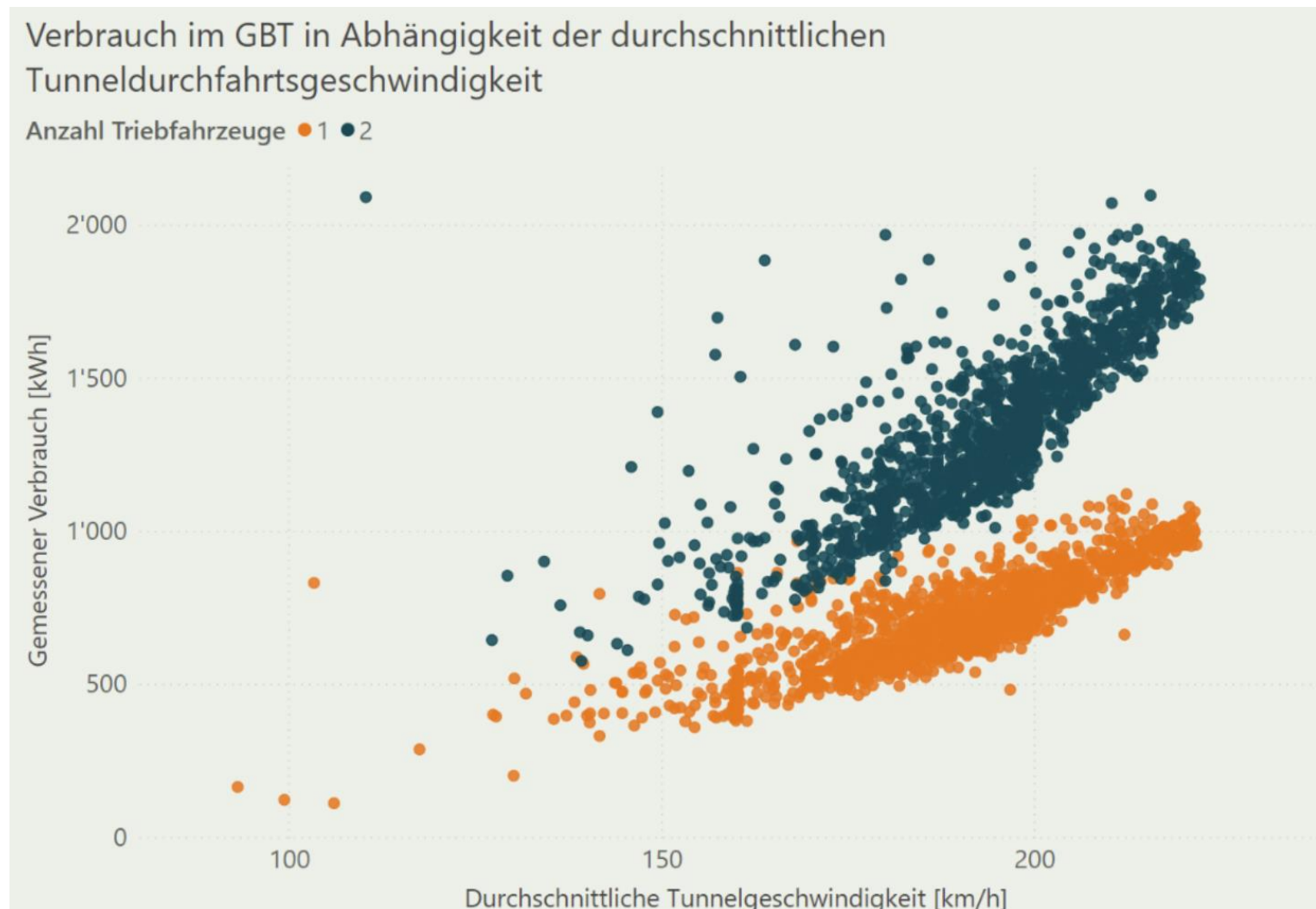
Mettre en  
œuvre les  
mesures



Vérifier les  
économies

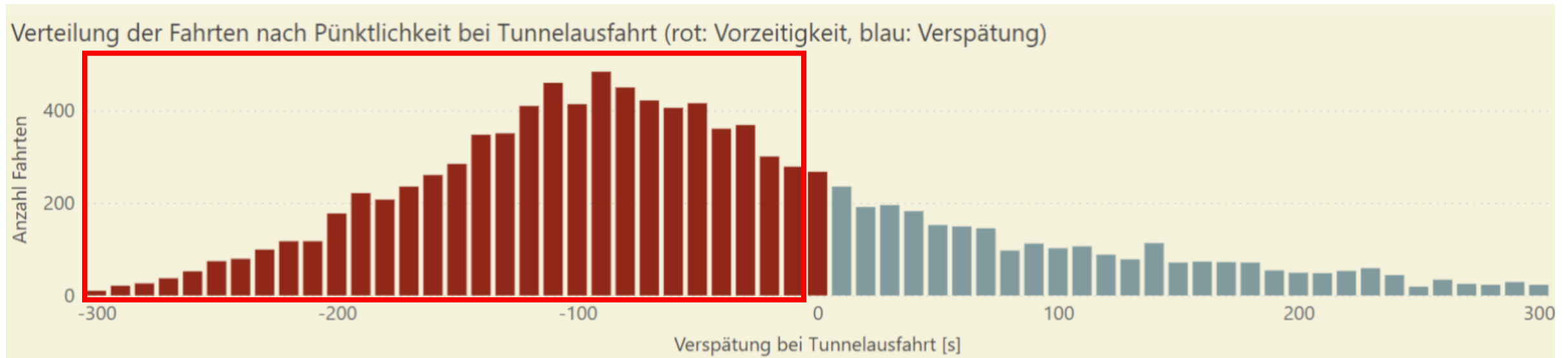


# Analyse de la consommation d'énergie dans le tunnel de base du Saint-Gothard





# Analyse de la consommation d'énergie dans le tunnel de base du Saint-Gothard



## Potentiel d'économies :

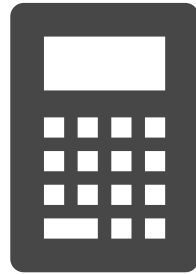
Potentielle durchschnittliche Energieersparnis pro Monat	Jährliches Spapotential
178'078 kWh	2'136'937 kWh

# Améliorer l'efficacité par l'adaptation ou le remplacement d'installations

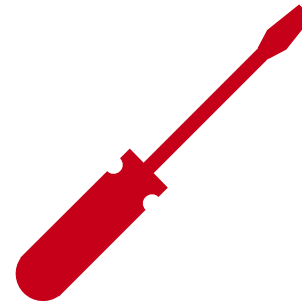
Analyser la  
consommation



Déterminer le  
potentiel  
d'efficacité



Mettre en  
œuvre les  
mesures



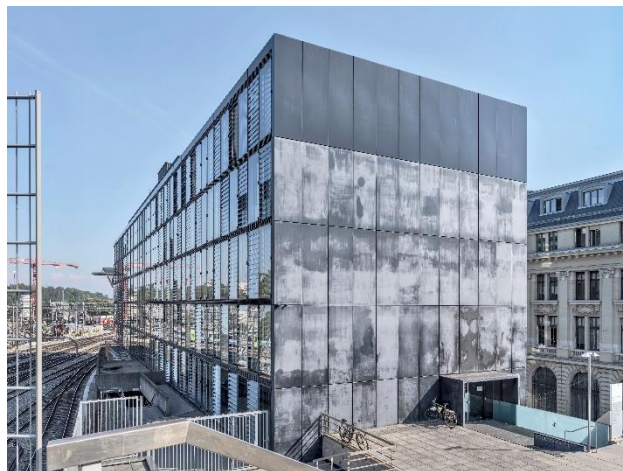
Vérifier les  
économies



# Optimiser l'exploitation

Économiser de l'énergie grâce aux données en temps réel

# Chauffage et climatisation prédictifs



Créer et optimiser une simulation numérique

Historique de l'installation

Modèle de simulation

Commande optimisée

Transférer la commande optimisée sur l'objet réel

Pronostics

Données de service

Commande optimisée

Gagner en efficacité



# L'efficacité énergétique dans l'approvisionnement

Les coûts du cycle de vie plutôt que les coûts d'investissement  
comme critère pertinent

# La connaissance de l'utilisation des actifs est importante pour pouvoir acheter de manière efficace\*

## Acquisition de véhicules routiers

- ⇒ Analyse du profil d'utilisation comme base pour déterminer combien de véhicules sont nécessaires et avec quelles exigences (4x4, taille de la batterie, etc.)



## Efficacité énergétique dans l'acquisition de matériel roulant

1. Analyse des futurs itinéraires de la flotte
2. Dédution de profils de conduite courts et vérifiables pour lesquels le constructeur doit indiquer les besoins énergétiques
3. Vérifier les besoins en énergie des profils de conduite

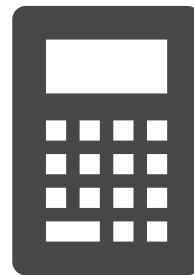


# Vérifier l'efficacité pour la mise à l'échelle ou d'autres étapes

Analyser la  
consommation



Déterminer le  
potentiel  
d'efficacité



Mettre en  
œuvre les  
mesures

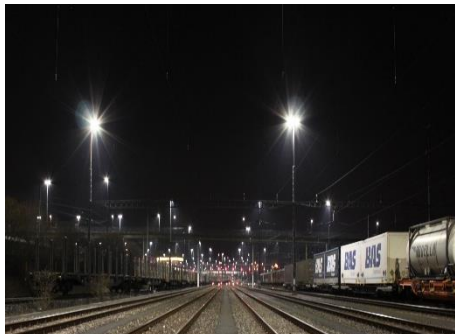


Vérifier les  
économies



# La vérification des mesures d'économie d'énergie peut s'avérer très complexe

## Difficulté de vérification / besoin de données



### Consommateurs statiques

- Consommation continue ou modèle de consommation simple (par ex. en fonction du temps)



### Consommateurs dépendant de l'environnement

- Consommation dépendant de la météo (température, précipitations, rayonnement solaire)

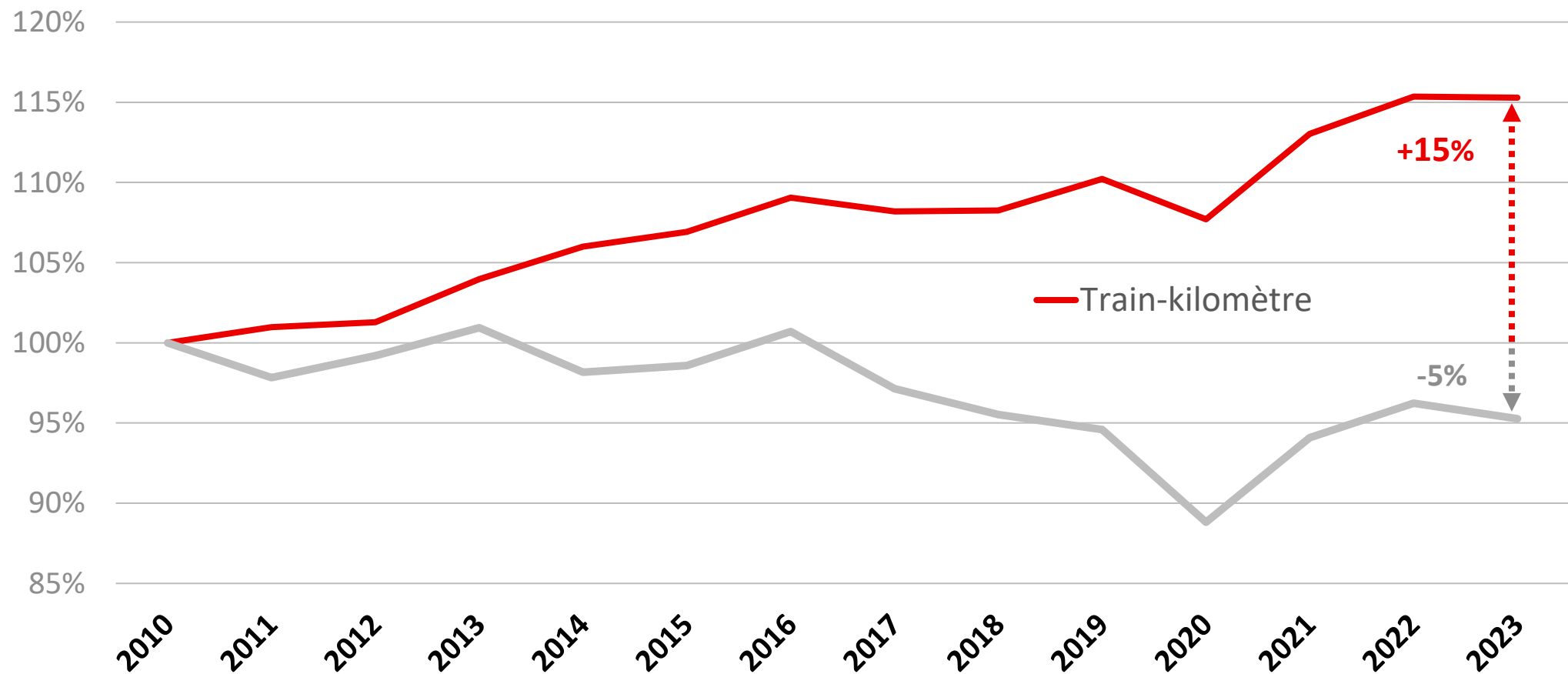


### Consommateurs comportementaux

- Matériel roulant
- Systèmes à commande manuelle



## Bilan sur l'ensemble du programme





Merci



# Informations sur l'après-midi

**12h40**

**Apéritif dînatoire**

**14h00**

**Ateliers**

**Salle**

Atelier N° 1

Le photovoltaïque sur les toits des arrêts et des quais

Plénum

Marcel Reinhard (CFF), André Guidi (BLS), Markus Allenspach (SOB),  
Rolf Frömcke (BVB)

Atelier N° 2

Approvisionnement énergétique du train de chantier du futur

Sud IV

Jürg Bolliger (BLS)

Atelier N° 3

Désactivation complète de matériel roulant ancien avec saisie d'une heure de réveil

Thomas Hürzeler (BLS)

Sud III

Atelier N° 4

Service de coordination relatif aux entraînements de bus propres

Beat Hinni (UTP), Thomas Hans (TPF) et Luc Ryffel (TPB)

Nord II

Atelier N° 5

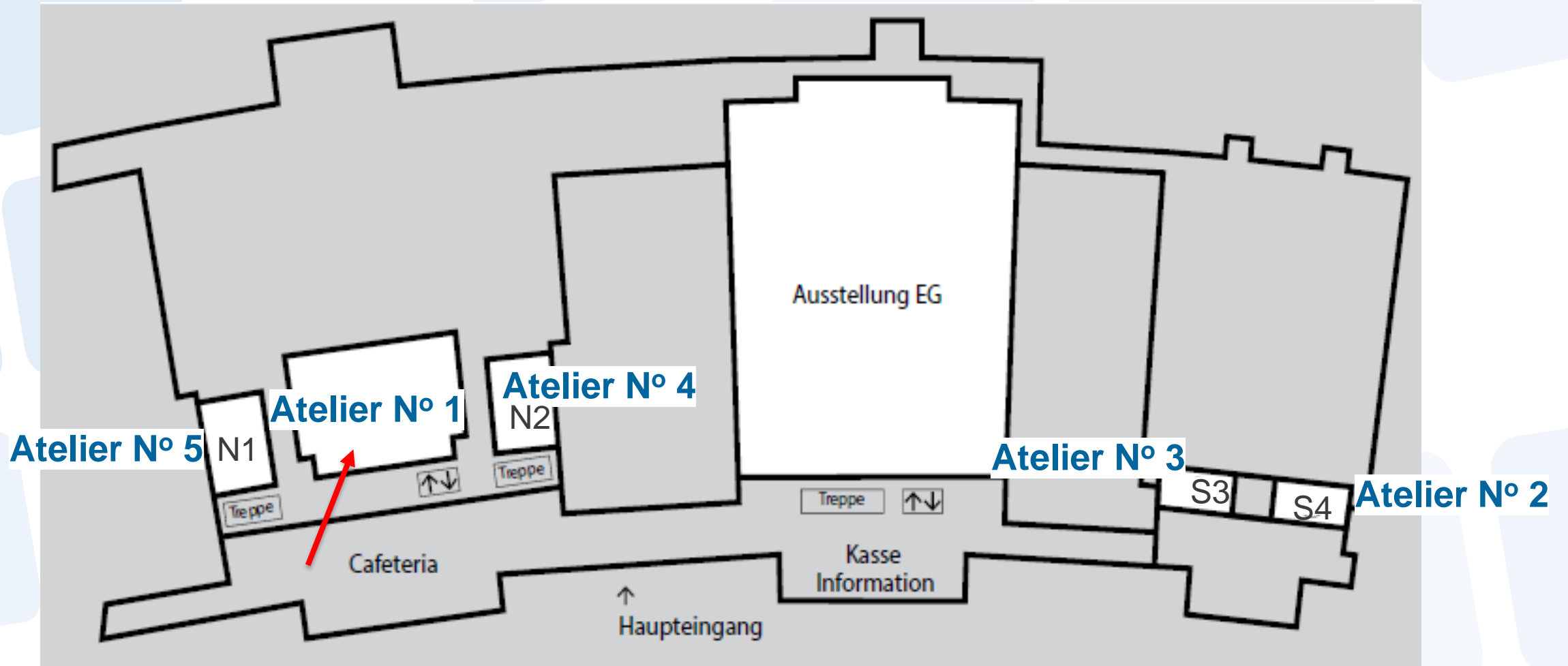
Économiser l'énergie grâce aux données: cas d'utilisation et synergies dans la branche

Robert Strietzel, Alexandre Mazaud, Cyrill Meier et Matthias Rücker (CFF)

Nord I



# Ateliers



**Pause de midi jusqu'à  
13h55**

**Début des ateliers à 14h00**



# Récapitulation des ateliers

- Marcel Reinhard (CFF), André Guidi (BLS), Markus Allenspach (SOB), Rolf Frömcke (BVB)
- Jürg Bolliger (BLS)
- Thomas Hürzeler (BLS)
- Beat Hinni (UTP), Thomas Hans (TPF) et Luc Ryffel (TPB)
- Robert Strietzel (CFF)



# Récapitulation des ateliers

# **Bilan de la manifestation et perspectives**

# Apéritif

**Un grand merci et  
un bon retour!**