



Electrification des Transports en Commun : Exemple Lyonnais d'une transition vers des bus électriques

SYTRAL Mobilités - 14/10/2026

Magalie Campmas, Responsable pôle Bus-Bateaux



Suivez l'actu !
sytral.fr

SYTRAL
MOBILITÉS



1. PRESENTATION DE SYTRAL MOBILITES ET DU RESEAU DE TC

SYTRAL MOBILITES

Etablissement Public,

Autorité Organisatrice des Mobilités des territoires lyonnais

Pilote, finance et développe le réseau de transports en commun « TCL »

39 élus (Métropole de Lyon, Région Rhône Alpes, 12 intercommunalités)

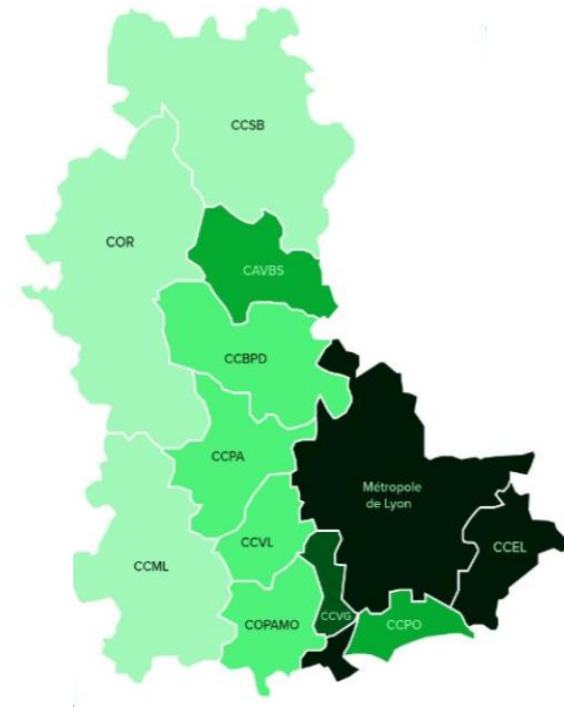
300 agents

6 000 collaborateurs sous contrat (KEOLIS, RATPDEV, TRANDEV...) pour l'exploitation de **2 réseaux urbains** (LYON et VILLEFRANCHE / SAONE) et d'un réseau interurbain (RHONE)

262 communes, 1.9 million d'habitants

519 millions de voyages / an, 70 millions de km / an

Budget de **1,5 Mds € / an**



Le Réseau **TCL** de Lyon

76% des voy / j sont effectués en mode électrique (45% sur le réseau Bus)

4 lignes de métro et 2 lignes de funiculaire

8 lignes de tramway

1 ligne fluviale (4 bateaux électriques)

113 lignes de Bus : **1000 véhicules** (77% diesel, 14% GNV, 9% électrique)
remisés dans **11 dépôts**



Au fait ...



GNV / BioGNV



ÉLECTRIQUE
À BATTERIE



TROLLEYBUS



DIESEL



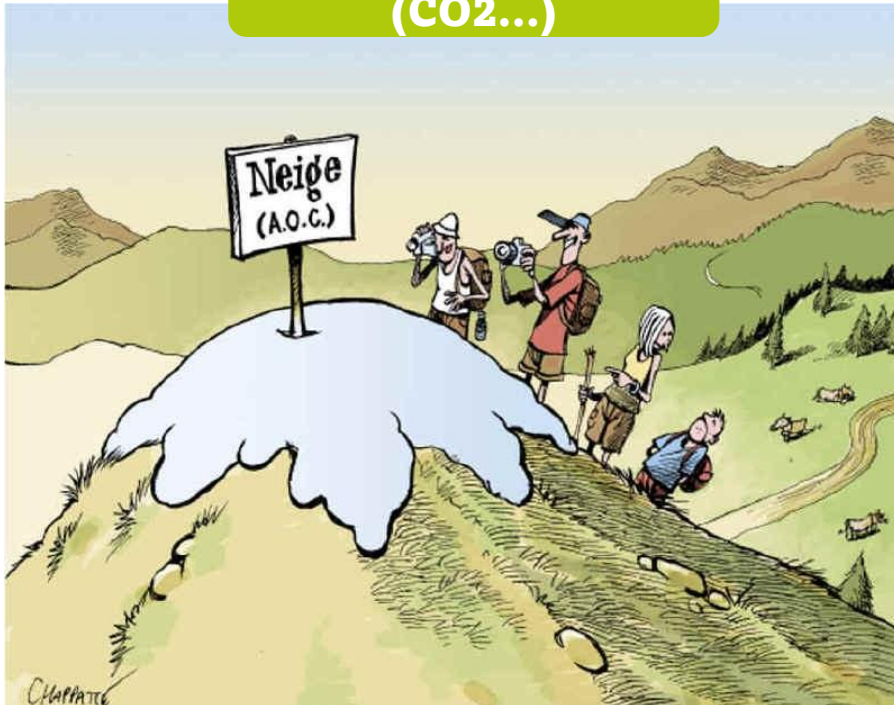
HYDROGÈNE



2. STRATEGIE DE TRANSITION ENERGETIQUE DU RESEAU TCL

La réglementation

**G E S effet mondial
(CO₂...)**



- ⇒ LOI SUR LA TRANSITION ENERGETIQUE (2015)
- ⇒ FIN DES VEHICULES THERMIQUES EN 2035

**Polluants effet local
(PM, MO_x, CO, HC)**



=> NORMES (EURO VI 2014 / EURO VII 2029)

Loi sur la Transition Energétique (LTECV)

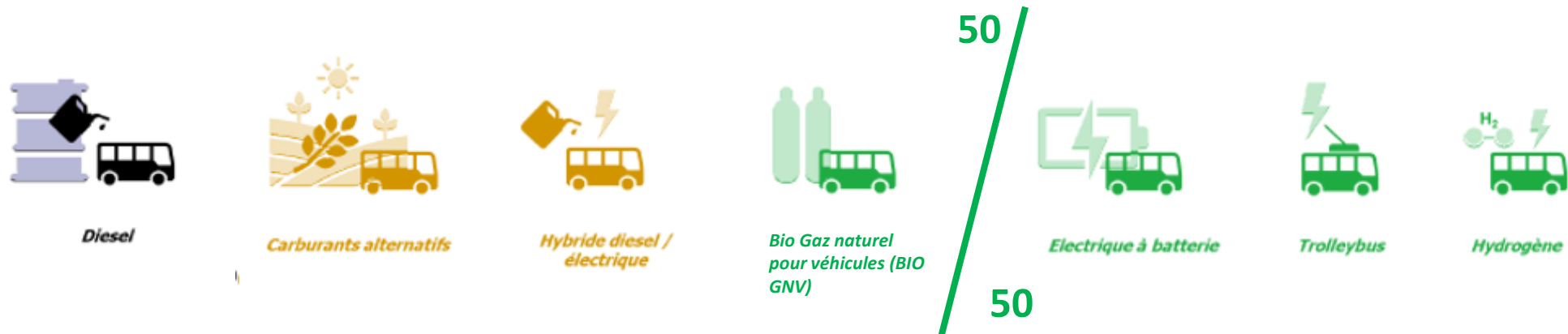
Loi LTECV 2015-992 du 17 août 2015

2020 : 50 % d'achats de « Bus Propres »

2025 : 100%

Décision SYTRAL Mobilités

Anticipation de la loi 100% bus « propres » dès 2020



Bus « propres » au regard de la Loi

Communes de plus de 250 000 habitants ou couverte par une ZFE

Communes de moins de 250 000 habitants avec un PPA (Plan de Protection de l'Atmosphère)

Communes de moins de 250 000 habitants non couvertes par un PPA ou ZFE

Technologies de « Bus Propres » choisies par SYTRAL Mobilités

7 tests de bus électriques, 1 expérimentation de bus hydrogène, 3 études d'impact et de faisabilité (électrique, GNV, hydrogène), 1 étude de marché sur le trolleybus, 1 étude de conversion totale du parc et des dépôts



	Bus BioGNV (durée vie 15 ans)	Bus Hydrogène (durée de vie 15 ans)	Trolleybus IMC (durée de vie 20 ans)	Bus à Batterie charge Rapide (15 à 20 ans)	Bus à Batterie charge Lente (15 à 20 ans)
MATURITE	Mature	En développement	Mature	Emergente	2 ^e gén. de batterie Début version articulé
	<u>Recharge lente</u> <u>ou en 8'</u>	<u>Charge 10' à 30'</u>	<u>Recharge en ligne</u>	<u>Charge en 5 à 15 '</u>	<u>Charge 3h à 6 h</u>
	100 passagers	100 passagers	100 passagers	100 passagers	90 passagers
	370 km	350 km	∞	450 km	200 km
	330k€/veh std 3M€/50 bus/dépôt	700 k€/veh std 4M€/6veh/dépôt	960k€/veh art 3M€/km de LAC	500k€/veh std 650 k€/mât 3M€/50 bus/ dépôt	650 k€/veh std 3M€/50 bus/dépôt

La transition énergétique du parc Bus

Entre 2021 et 2026 - 312 M€ budgétés pour démarrer la transition

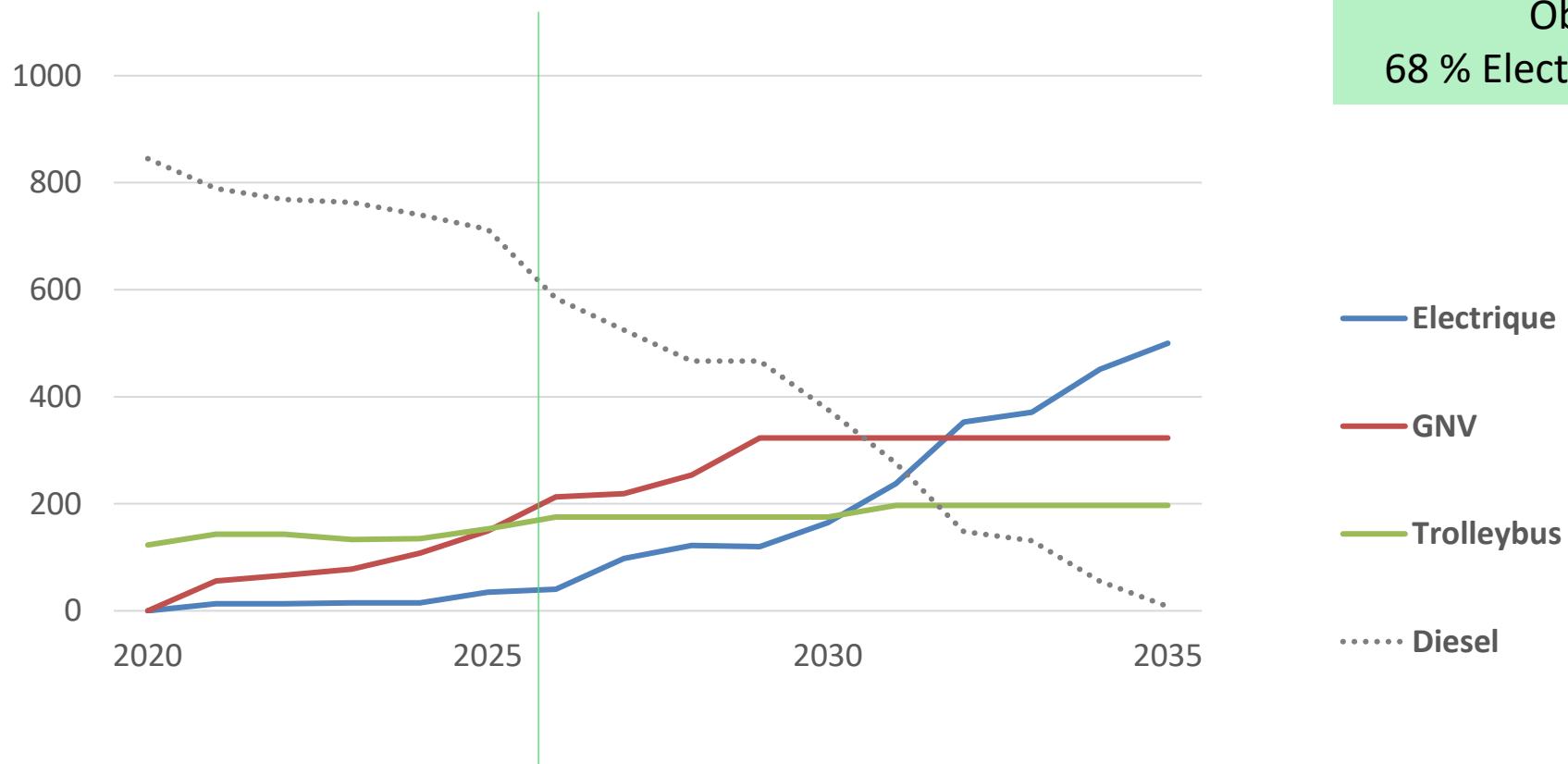
Sur un parc de 850 bus « diesel » :

- Mise en service de 13 bus électriques (en attente de 40 supplémentaires),
- Mise en service de 170 bus GNV (en attente de 60 supplémentaires)
- Mise en service de 80 trolleybus de nouvelle génération (en attente de 90 supplémentaires)

Conversions effectives de :

- 2 dépôts « diesel » au GNV,
- 1 dépôt « diesel » à l'électrique
- 13 places et 5 places « diesel » en l'électrique sur deux autres dépôts

2035 : Objectif de fin de la transition



3. RETOURS D'EXPERIENCES / Bus électriques à Batteries

Une nouvelle approche systémique, du « sur-mesure » dans chaque dépôt

Véhicules – chargeurs – smartcharging

Choix d'une ligne de 185 km / j / véhicule (engagement constructeur)

$\sum P_{\text{chargeurs}} < 600\text{kW}$ pour éviter les contraintes réglementaires

Exemple du dépôt TCL des Pins depuis 2021 :

- 13 bus électriques (385 KWH de batteries embarquées)
- Poste transfo et chargeurs (1 poste de livraison, 1 transfo 150 kVA, 10 chargeurs simples de 50kW et 1 chargeur double de 100kW)
- 1 outil de supervision de la charge



Constats

- Interopérabilité bus / chargeur fastidieuse
- Smartcharging complexe en cas de chargeurs mixtes
- Des bus non chargés en fin de nuit :
 - Temps de charge de 6h tout compris
 - Phénomène de baisse de puissance de recharge jusqu'à - 60% en fonction de la T° extérieure (derating) : ajout de ventilateurs, maintenance des filtres x 4
 - Des arrêts de charge inopinés. Relancement possible qu'avec un « débranchement / rebranchement » manuel
 - La T° interne des batteries limite la puissance de charge
- Des courses pas finies :
 - Consommation supérieure des bus (max grand froid 1,52 kWh / km, mini temps clément 1,1 kWh / km. Moyenne 1,28 kWh/km) => 160km d'autonomie par grand froid au lieu de 185km
 - Des pertes de pack batterie en ligne
- De nouvelles habitudes de conduite
 - Utilisation du frein électrique, éco-conduite
 - Pas de freinage électrique lorsque les batteries sont chargées à 100%

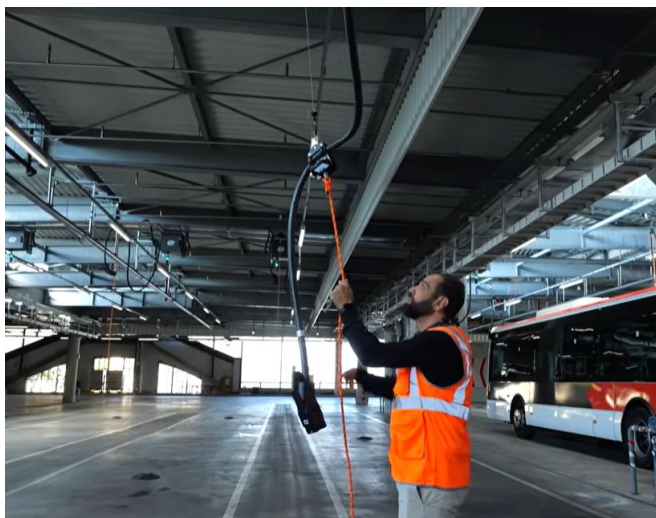
- Des bus fiables et disponibles :
 - 2 pannes / 10000 km (objectif tenu),
 - 95% de taux de disponibilité (objectif 97%)
- Vieillessement des batteries conforme voire moins intense que prévu (SOH à 4 ans ½ de 92%. Remplacement des batteries à un SOH de 80%)
- Un plaisir de conduite et de voyage
 - Réduction du bruit de 8dB

- Agent de nuit sur place systématiquement
- Préconditionnement du bus avant sa sortie impératif (via l'outil de smartcharging)
- Baisse de la température en zone passagers en hiver (passage de 19 à 13°C)
- Frein moteur par défaut pour augmenter la récupération d'énergie au freinage / ralentissement
- Regroupement des lignes

Evolutions 2026

Bus

- Pompe à chaleur (moins consommatrice d'énergie)
- Freinage électrique accentué pour optimiser la régénération d'énergie
- Augmentation de la densité des batteries (385 > 485 kWh) et acceptation de puissances de recharge plus importante



*Conversion du Dépôt de Perrache à 100% en électrique en **2026** : 88 bus standards (ou 60 std + 20 articulés)*



Chargeurs

- Augmentation de la Puissance des chargeurs (50 > 100 kW)
- Des chargeurs déportés et multiprises
- Système de ventilation pour éviter le « derating »

Smartcharging

- Préconditionnement via protocole standard



*Nouveau Dépôt à Chassieu en **2028** : 175 bus (99 GNV, 44 électriques, 32 trolleybus)*

4. RETOURS D'EXPERIENCES / expérimentation de Bus Hydrogènes

Consorsium pour une expérimentation de 3 ans minimum démarrée en 2023

- Condition : fonctionnement avec de l'hydrogène vert produit localement, seul modèle écologiquement vertueux
- SYTRAL : achat de 2 bus hydrogène et des contrats de maintenance associés
- CNR : production H2 vert
- ENGIE : vente de l'hydrogène
- IFPEN : suivi de l'expérimentation et des résultats
- Ligne testée : 64 (« vallée de la chimie »), 50 000 km / an, course la plus longue : 192 km, sans dénivelé, 560 voy/j.



Constats

- **Station hydrogène CNR / ENGIE impossible à mettre en route (échec électrolyseur) => plein en station publique (2h sont nécessaires pour avitailler les bus)**
- **Nombreux arrêts longs des véhicules :**
 - 12 mois sur le bus n°1 suite à un accident au passage sous un pont nécessitant le remplacement des réservoirs d'hydrogène,
 - 10 semaines sur le bus n°1 suite à 1 plein d'hydrogène pollué en station publique
 - 12 mois sur le bus n°2 suite au changement de la pile à combustible
 - immobilisation totale du bus n°2 depuis le 19/02/25 suite à la faillite du constructeur

Des bus fiables mais complexes à maintenir, une filière hydrogène à renforcer

Peu de pannes liées à l'hydrogène

Une **forte autonomie** de roulage entre deux pleins : 350 à 400km.

Consommation moyenne : 7,6 kg/100km (sans recharge de nuit), 6,8 kg/100km (bus rechargé de nuit)

Taux de disponibilité des stations publiques insuffisante : 85%

Véhicule 25% plus cher qu'un véhicule électrique 100%

Batterie

Coût au km de l'hydrogène 2 fois plus cher que celui de l'électricité

Formation conducteur nécessaire ne permettant pas une prise en main directe au pieds levé (intérimaires par exemple)

Composants spécifiques à l'hydrogène peu disponibles et conditions d'intervention contraignantes

	BUS N°1	BUS N°2
Taux de disponibilité du bus (objectif 97%)	92%	20%
Taux de fiabilité (objectif 2 pannes aux 10 000km)	1,46	10,84
% des jours où le bus n'est pas sorti par manque de conducteur	34%	10%
% des jours où le bus n'est pas sorti pour indispo du véhicule	8%	80%
% des jours où le bus n'est pas sorti pour indispo des stations	19%	3%
% des jours où le bus est sorti en exploitation	39%	7%