



Berne, le 12 mars 2020

Encourager le passage des véhicules de transport public aux énergies propres

Rapport du Conseil fédéral en réponse
au postulat 19.3000 CTT-CN du 15 janvier 2019

Table des matières

Résumé	3
1 Introduction	5
1.1 Contexte et objectif.....	5
1.2 Vue d'ensemble du rapport	7
1.3 Le postulat 19.3000.....	8
2 Potentiels d'utilisation de bus utilisant une énergie non fossile	10
2.1 Procédure d'évaluation du potentiel d'utilisation	10
2.2 Lignes de bus diesel: analyse de la situation.....	10
2.3 Technologies de propulsion utilisant une énergie non fossile	13
2.4 Potentiels d'utilisation techniques et opérationnels	18
3 Conséquences pour le climat, l'environnement et les coûts	19
3.1 Procédure et méthodologie	19
3.2 Potentiels de réduction écologiques	19
3.3 Comparaison environnementale: transport public vs trafic individuel motorisé.....	23
3.4 Conséquences en matière de coûts.....	24
3.5 Coûts d'évitement.....	28
3.6 Autres critères	30
3.7 Analyse globale des coûts et des avantages	30
4 Conditions-cadres réglementaires et possibilités d'encouragement	33
4.1 Conditions-cadres et possibilités d'encouragement existantes	33
4.2 À l'étranger	41
5 Potentiel d'utilisation en Suisse et besoin de financement	43
5.1 Démarche.....	43
5.2 Scénarios (potentiel)	43
5.3 Besoin de financement supplémentaire et instruments d'encouragement	50
6 Adaptation des conditions-cadres et autres possibilités d'encouragement	55
6.1 Suppression du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales à moyen terme	55
6.2 Accent sur les instruments nationaux existants: obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO ₂ et programme en faveur du trafic d'agglomération (PTA)	55
6.3 Encouragement supplémentaire dans le cadre du financement ordinaire des transports publics	56
6.4 Introduction d'objectifs environnementaux.....	56
6.5 Autres possibilités d'encouragement	57
6.6 Possibilités de financement et combinaison des instruments.....	57
7 Conclusion	61
8 Bibliographie	64
9 Liste des illustrations	65
10 Liste des tableaux	67
11 Liste des abréviations	68

Résumé

Les auteurs du postulat 19.3000 intitulé «Encourager le passage des véhicules de transport public aux énergies propres», déposé par la Commission des transports et des télécommunications du Conseil national (CTT-CN) le 15 janvier 2019, chargent le Conseil fédéral d'examiner les mesures permettant d'encourager financièrement le remplacement des bus diesel par des bus plus écologiques, utilisant une énergie non fossile neutre pour le climat (p. ex. des bus électriques).

Le présent rapport analyse les potentiels que renferme le remplacement des bus diesel actuels par des technologies de propulsion sans énergie fossile à court, à moyen ou à long terme à l'aide de trois scénarios («potentiel maximal», «potentiel réaliste» et «remplacement progressif»), met en évidence les potentiels au niveau de la réduction des émissions de CO₂, des émissions de polluants atmosphériques et du bruit et évalue les coûts supplémentaires correspondants. Enfin, il présente les instruments complémentaires qui permettront, à l'avenir, de couvrir ces coûts.

Dans une perspective globale des coûts et de l'impact environnemental, les bus électriques à batterie sont appelés à occuper une place importante déjà à court ou à moyen terme en tant qu'alternative sans énergie fossile aux bus diesel, mais uniquement dans les domaines où leur utilisation s'avère judicieuse sur le plan économique. Dans la grande majorité des cas, les dispositifs en place à l'heure actuelle ne permettent pas encore de couvrir intégralement les coûts supplémentaires. L'encouragement doit donc être coordonné et complété de manière ciblée.

Le présent rapport met en évidence les possibilités d'encouragement existantes et les conditions-cadres qui peuvent être adaptées pour le passage à des technologies de propulsion sans énergie fossile dans les transports publics routiers. En voici les principaux points:

1. **Exploitation maximale des programmes d'encouragement nationaux:** l'obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO₂ prévue par la loi fédérale du 23 décembre 2011 sur la réduction des émissions de CO₂ (loi sur le CO₂)¹ (p. ex. programme de compensation de «myclimate») et les contributions dans le cadre du Programme en faveur du trafic d'agglomération (PTA) renferment un potentiel qu'il s'agit d'exploiter au maximum. Ce faisant, il est possible de prendre en charge une partie des coûts supplémentaires liés à l'acquisition de nouveaux véhicules fonctionnant sans énergie fossile et à l'infrastructure de recharge. Mais cela ne suffira pas à court ou à moyen terme pour couvrir intégralement ces coûts.
2. **Moyens disponibles du fait du non-remboursement de l'impôt sur les huiles minérales:** dans le cadre de la révision totale de la loi sur le CO₂ (loi fédérale du 25 septembre 2020 sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre (nouvelle loi sur le CO₂)², le Parlement a décidé de supprimer progressivement le remboursement de l'impôt sur les huiles minérales aux entreprises de transport concessionnaires. Dès 2026, ce remboursement prend fin pour les véhicules utilisés dans le trafic local et, dès 2030, pour ceux utilisés dans le trafic régional de voyageurs. Pendant une durée déterminée, les fonds ainsi économisés seront consacrés au remplacement de lignes de bus diesel par des alternatives sans énergie fossile.
3. **Coûts supplémentaires dans le trafic régional de voyageurs (TRV):** la Confédération est en mesure de couvrir sa part des coûts supplémentaires estimés dans le trafic régional de voyageurs par les crédits d'engagement ordinaires existants (en particulier pendant la période 2022 à 2025). À partir de 2026, ces crédits devront être augmentés. Les cantons doivent assumer leur part des coûts supplémentaires. Les investissements prévus ne peuvent être faits que si les cantons mettent également à disposition les fonds nécessaires.

¹ RS 641.71

² FF 2020 7607

4. **Coûts supplémentaires dans le trafic local:** le financement du trafic local ne relève pas de la compétence de la Confédération. Étant donné qu'il n'a pas été possible de prendre en compte les nombreux autres instruments d'encouragement qui existent aux niveaux cantonal ou communal lors de l'évaluation des coûts supplémentaires du trafic local, les coûts supplémentaires établis représentent un plafond qui, dans certains cas, ne sera pas atteint. Les conséquences économiques découlant de la pandémie de coronavirus placent les entreprises de transports publics ainsi que les commanditaires cantonaux ou communaux devant des défis majeurs qui s'inscrivent sur le long terme.

5. **Fonds pour le climat:** le futur Fonds pour le climat permettra de financer des mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Il est actuellement en phase de constitution; ses premiers instruments seront mis en œuvre dès 2022 pour autant que la nouvelle loi sur le CO₂ soit adoptée dans le cadre d'un éventuel scrutin référendaire. Le soutien du remplacement de lignes de bus diesel par des technologies de propulsion utilisant une énergie non fossile par le Fonds pour le climat n'est pas exclu, même si la nouvelle loi sur le CO₂ ne mentionne pas explicitement cette mesure d'encouragement. Sur le long terme, les recettes supplémentaires qu'obtiendra la Confédération en raison de la suppression du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales sont plus adaptées pour soutenir ce remplacement, car la Confédération est tenue d'investir ces recettes dans le transport public sur route (cf. chap. 6.5.1).

Dans le cadre de leurs travaux, les trois échelons de l'État ont déjà entamé le dialogue politique autour de la question de la mise en œuvre concrète des mesures proposées. Ce dialogue est appelé à s'intensifier après la publication du présent rapport. Les acteurs concernés devront en outre pouvoir s'exprimer lors d'une consultation à large échelle.

1 Introduction

1.1 Contexte et objectif

Les bus électriques jouent un rôle clé dans la mise en place de transports publics routiers durables en Suisse: en effet, les bus propulsés par des carburants alternatifs basés sur des énergies renouvelables peuvent contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et donc à l'atteinte des objectifs énergétiques et climatiques de la Suisse.

Les transports sont aujourd'hui le principal consommateur d'énergie avec 38% de la consommation totale (Figure 1). L'essence et le diesel représentent près de 70% de la consommation d'énergie par les transports et les carburants d'aviation environ un quart. À l'heure actuelle, plus de 94% de la consommation totale d'énergie dans les transports sont basés sur des agents énergétiques fossiles. En 2019, quelque 12,2 milliards de francs suisses ont été dépensés pour des carburants (taxes incluses). L'approvisionnement énergétique du secteur des transports dépend presque entièrement de l'étranger. En raison de leur niveau de consommation, les transports représentent un domaine central dans la réalisation des objectifs énergétiques et climatiques de la Confédération. Il s'agit en outre du seul secteur n'ayant pas enregistré de recul notable de la consommation au cours des dernières années.

Consommation finale d'énergie 2019

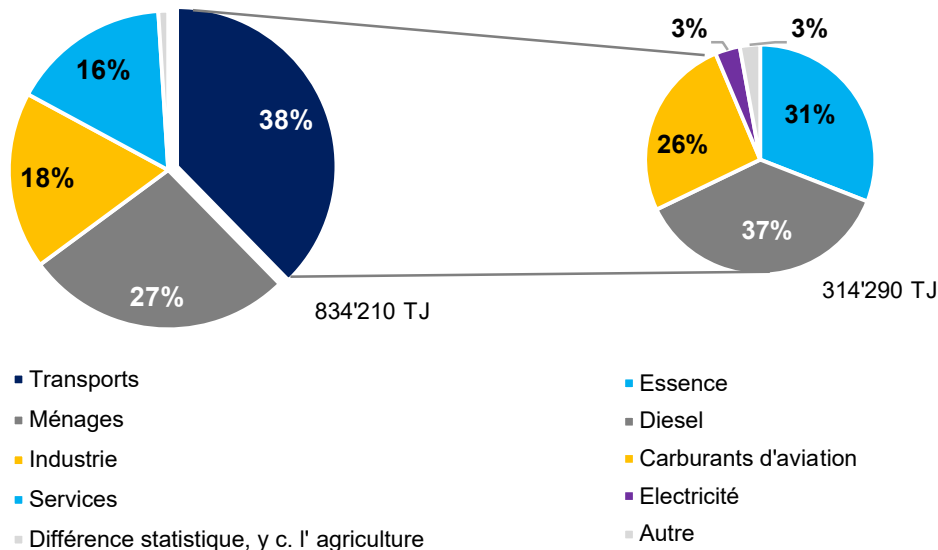


Figure 1: Consommation totale d'énergie en Suisse. Source: présentation de l'OFEN basée sur OFEN 2020.

En Suisse, le transport public ferroviaire est aujourd'hui presque entièrement électrifié. Avec un vaste réseau de trams et de trolleybus, la mobilité électrique joue également un rôle important dans le trafic local depuis de nombreuses années. Les développements techniques dans les domaines des batteries, des piles à combustibles et de la production d'hydrogène permettront à l'avenir de créer de nouveaux potentiels grâce au remplacement des bus diesel par des véhicules propulsés par des moteurs à faible émission.

Comparés au trafic individuel motorisé, les transports publics sont efficaces sur le plan énergétique. Ils prennent en charge environ 20% des personnes-kilomètres dans le trafic voyageurs et près de 40% des tonnes-kilomètres dans le transport des marchandises, alors que leur part dans le total de la consommation d'énergie du secteur des transports s'élève à 8% seulement (OFS 2020a, OFS 2020b et OFEN 2019), dont plus d'un tiers concerne les bus diesel (Figure 2). L'utilisation de propulsions alternatives renferme donc des potentiels considérables pour augmenter l'efficacité énergétique.

Répartition de la consommation d'énergie par les transports publics

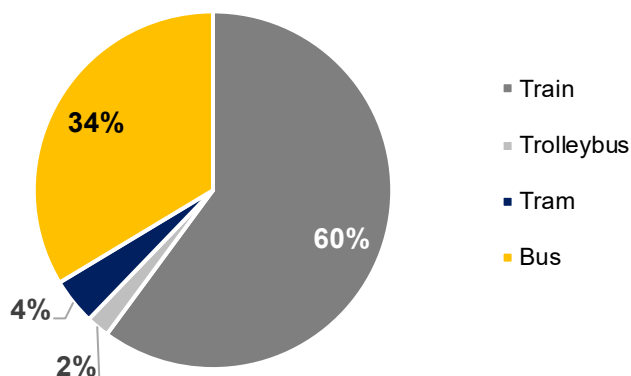


Figure 2: Consommation d'énergie par les transports publics, par moyen de transport. Source: présentation de l'OFEN basée sur OFEN 2019.

Les transports sont responsables de près de 32% des émissions en équivalents CO₂³, suivis des bâtiments, de l'industrie, de l'agriculture et de l'incinération des déchets (Figure 3). La figure suivante ne tient pas compte du trafic aérien international, qui émet 5,4 millions de tonnes d'équivalents CO₂ en plus. Si on l'y incluait, la part des transports dans les émissions de gaz à effet de serre passerait à environ 39%.

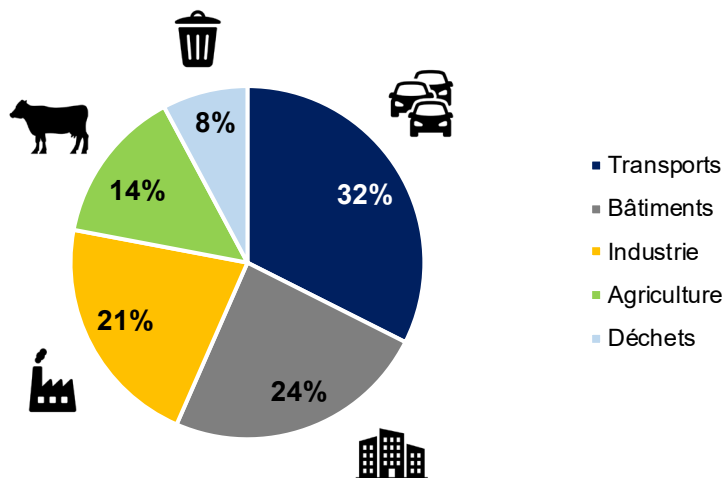


Figure 3: Émissions en équivalents CO₂ en 2018 selon les secteurs (émissions de gaz à effet de serre). Source: présentation de l'OFEN basée sur OFEV 2020.

La Figure 4 montre qu'environ 73% des émissions de CO₂ rejetées par les transports en Suisse sont dus aux véhicules de tourisme, environ 21% au transport de marchandises par la route et 3% aux bus (OFEV 2020). Dans les transports publics, ce sont les bus qui sont souvent utilisés dans les zones densément peuplées et qui affichent des prestations kilométriques annuelles élevées. À l'intérieur des localités, le degré d'efficacité des bus diesel est moindre (vitesses faibles, arrêts et redémarrages fréquents). Une part considérable de la population est touchée par les polluants atmosphériques et la pollution sonore, qui affectent également la qualité de vie dans l'espace public.

³ Équivalents CO₂: le dioxyde de carbone (CO₂) est le principal gaz à effet de serre, mais il en existe d'autres, par exemple le méthane ou le protoxyde d'azote. Les différents gaz n'ont pas le même impact sur l'effet de serre et leur durée de vie dans l'atmosphère varie. Les équivalents CO₂ (CO₂e) sont une unité de mesure visant à uniformiser l'impact climatique des différents gaz à effet de serre.

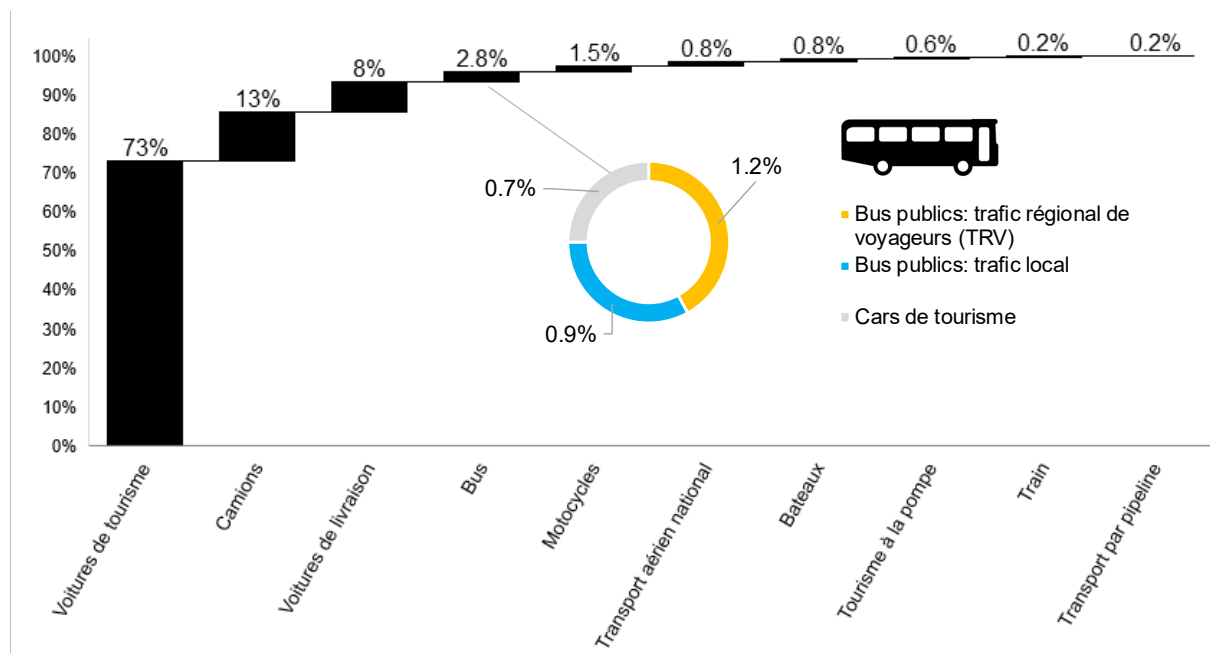


Figure 4: Part des différents moyens de transport dans les émissions de gaz à effet de serre des transports. Émissions en équivalents CO₂ en 2018 selon le mode de transport. Source: présentation de l'OFEN basée sur OFEV 2020.

Le présent rapport vise à recenser de manière exhaustive les potentiels d'utilisation actuels et futurs des propulsions sans énergie fossile en tant que substituts aux moteurs diesel ainsi que les potentiels de ces alternatives en matière de réduction des émissions. En outre, il présente les coûts actuels et futurs de manière transparente en les extrapolant pour l'ensemble de la Suisse sur la base des potentiels d'utilisation, afin de déduire et de quantifier le besoin de financement supplémentaire. Le présent rapport décrit également les conditions-cadres réglementaires en place ainsi que les possibilités d'encouragement aux niveaux national, cantonal ou communal et indique les moyens supplémentaires que la Confédération, les cantons et les communes doivent mobiliser pour accélérer la pénétration sur le marché des propulsions alternatives.

1.2 Vue d'ensemble du rapport

Le chapitre 1 rappelle le contexte ainsi que l'objectif et reproduit le contenu et les motifs du postulat 19.3000. Il explique l'avancement du processus politique et mentionne les objets apparentés. Le chapitre 2 évalue les potentiels d'utilisation techniques des bus utilisant une énergie non fossile en Suisse.

Le chapitre 3 analyse de manière plus approfondie l'impact des différentes options de propulsion sur le climat, sur l'environnement et sur les coûts. Il examine et met en évidence les potentiels de réduction écologiques. Il donne une estimation des coûts supplémentaires et des coûts d'évitement d'émissions de CO₂ dans les différents cas de figure au niveau du trafic local et du trafic régional de voyageurs pour la période 2021 à 2035. Ce chapitre contient en outre une vue d'ensemble des coûts et des avantages des différentes technologies de propulsion.

Le chapitre 4 étudie les conditions-cadres réglementaires en place et les possibilités d'encouragement qui existent aux niveaux national, cantonal ou communal. Il présente les principaux instruments sur la base de leurs forces et faiblesses. Le chapitre 5 évalue le potentiel d'utilisation technique, opérationnel et économique pour deux scénarios de transition en s'appuyant sur des cas de figure de toute la Suisse et en déduit le besoin de financement supplémentaire correspondant. Il propose diverses variantes de financement et met en évidence pour chacune d'elles les coûts supplémentaires non couverts.

Le chapitre 6 indique les adaptations des conditions-cadres et les possibilités d'encouragement actuelles et nouvelles qui s'avèrent pertinentes. Enfin, le chapitre 7 énonce les recommandations et les conclusions du rapport.

1.3 Le postulat 19.3000

1.3.1 Contenu du postulat

La Commission des transports et des télécommunications du Conseil national (CTT-CN) a déposé le postulat 19.3000 intitulé «Encourager le passage des véhicules de transport public aux énergies propres» le 15 janvier 2019 au Conseil national. Le postulat est libellé comme suit:

Texte déposé

Le Conseil fédéral est chargé de présenter au Parlement, dans un rapport, des mesures visant à encourager financièrement le remplacement des bus diesel par des bus plus écologiques, utilisant une énergie non fossile neutre pour le climat (par ex. des bus électriques).

Une minorité (Amstutz, Bühler, Hurter Thomas, Imark, Pieren, Rickli Natalie, Rutz Gregor, Quadri) propose de rejeter le postulat.

Développement

Même si les transports publics routiers ne sont pas les principaux émetteurs de CO₂, les bus diesel en émettent relativement beaucoup. C'est pourquoi de nombreuses villes prévoient, conformément à la stratégie énergétique de la Confédération, de remplacer à moyen terme leurs bus fonctionnant au diesel et au gaz naturel. En outre, le développement de bus respectueux de l'environnement, en premier lieu de bus électriques à batteries, a été spectaculaire ces dernières années, notamment dans les transports publics routiers. En effet, on connaît désormais bien la puissance maximale requise pour un bus dans les transports publics, ce qui permet de concevoir les batteries de manière précise.

Les bus électriques, les bus au biogaz et les bus équipés d'une pile à combustible sont silencieux, ne rejettent aucune substance nuisible, ne produisent qu'une fraction des émissions de CO₂ d'un bus diesel et consomment deux à trois fois moins d'énergie qu'un bus fonctionnant au diesel ou au gaz naturel et doté d'un moteur à combustion.

Cette technologie a énormément progressé. De nombreuses entreprises de transport procédant à des essais pilotes avec certains bus envisagent de se doter d'une flotte plus importante de bus électriques; or, leur plus grand défi ne concerne pas la technologie, mais le financement. Étant donné que la technologie est relativement récente et, partant, que la production de bus électriques est faible, les coûts par véhicule sont encore beaucoup plus élevés que ceux des bus diesel. En outre, il faut prévoir de nouvelles infrastructures pour recharger les véhicules électriques.

De nombreux pays de l'UE encouragent le remplacement des bus au moyen de subventions généreuses. La Suisse ne prévoit actuellement aucun programme de ce type.

Pour que les transports publics routiers suisses puissent eux aussi à l'avenir faire figure d'exemples, la Confédération doit prendre en charge une partie des coûts supplémentaires – sous forme d'incitations financières – pendant une certaine période, afin d'accélérer l'utilisation de bus respectueux de l'environnement sur tout le territoire.

Les incitations financières doivent être limitées dans le temps, car les coûts baisseront à moyen terme, lorsque la flotte de bus électriques sera plus importante. En outre, le soutien financier ne doit pas avantager une technologie plutôt qu'une autre, mais prendre en considération tous les types de propulsion respectueux de l'environnement.

1.3.2 Réponse du Conseil fédéral

Le 27 février 2019, le Conseil fédéral a proposé d'accepter le postulat et pris position comme suit:

Avis du Conseil fédéral du 27.02.2019

Le Conseil fédéral considère qu'il est juste de procéder à une analyse exhaustive coûts-avantages dans le cadre du rapport demandé par l'auteur du postulat et d'y répertorier les mesures d'encouragement actuelles de la Confédération, des cantons et des communes. À l'heure actuelle, ni les coûts ni les avantages découlant de la promotion de bus à propulsion alternative, en particulier les bus électriques, ne peuvent être définis de manière fiable.

Proposition du Conseil fédéral du 27.02.2019

Le Conseil fédéral propose d'accepter le postulat.

1.3.3 Traitement par les Chambres

Le Conseil national a adopté le postulat 19.3000 le 11 mars 2019.

1.3.4 Objets apparentés

Dans le cadre du dossier relatif à la réforme du transport régional de voyageurs, il est prévu d'examiner la possibilité d'un encouragement de l'innovation allant au-delà de ce type de transport. Cela permettrait de soutenir davantage les projets innovants également dans le domaine des propulsions alternatives.

Dans le cadre de la révision totale de la loi sur le CO₂, l'art. 48, al. 2, de la loi du 21 juin 1996 sur l'imposition des huiles minérales⁴ a également fait l'objet d'un remaniement. Celui-ci porte sur le remboursement de l'impôt sur les huiles minérales dans les transports publics. Ce remboursement sera supprimé à partir du 1^{er} janvier 2026 dans le trafic local et à partir du 1^{er} janvier 2030 dans le trafic régional de voyageurs, sauf s'il est impossible, pour des raisons liées à la topographie, de passer à des bus dotés d'une technologie de propulsion recourant à des sources d'énergie renouvelables et neutres du point de vue du CO₂. Un référendum contre la loi sur le CO₂ révisée ayant abouti, celle-ci sera soumise au vote populaire en juin 2021.

⁴ RS 641.61

2 Potentiels d'utilisation de bus utilisant une énergie non fossile

2.1 Procédure d'évaluation du potentiel d'utilisation

Les indicateurs concernant les flottes et les lignes de bus exploitées en Suisse constituent le point de départ de l'analyse. On considère alors les développements futurs des différentes technologies de propulsion et leurs potentiel de réduction des émissions pour ensuite sélectionner les options sans énergie fossile qui feront l'objet d'un examen approfondi. C'est sur cette base que l'on identifie les potentiels d'utilisation techniques et opérationnels en Suisse.

2.2 Lignes de bus diesel: analyse de la situation

Les indicateurs nécessaires ne sont pas tous recensés systématiquement dans les bases statistiques. L'Office fédéral des transports (OFT) relève les indicateurs concernant les lignes et les flottes dans le trafic régional de voyageurs (financé par la Confédération et les cantons). Quant au trafic local (financé par les villes et les cantons), les données ont été recueillies systématiquement dans toute la Suisse dans le cadre d'une enquête réalisée auprès des entreprises de transport.

À l'heure actuelle, plus de 5400 bus dotés d'un moteur diesel sont en service dans les transports publics routiers en Suisse. Les bus standard (12 m, 70 places assises ou debout) constituent près de la moitié de la flotte du trafic régional de voyageurs et du trafic local et les bus articulés (18 m, 110 places assises ou debout) environ un tiers. La part des bus midi (10 m, 40 places assises ou debout) s'élève à 12% et celle des minibus (7 m, 25 places assises ou debout) à 6%. Quelque 10% des bus sont utilisés uniquement dans le cadre du trafic local, 53% uniquement dans celui du trafic régional et environ 36% sont exploités de manière flexible tant pour le trafic local que pour le trafic régional (Figure 5).

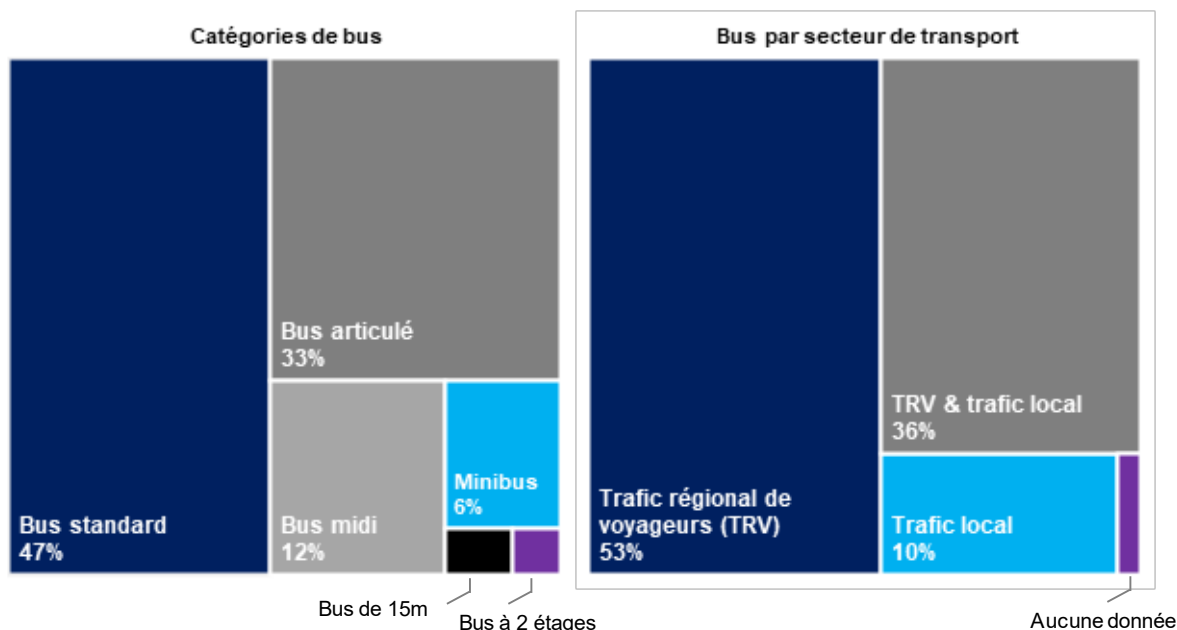


Figure 5: Indicateurs relatifs aux flottes (grandeur de référence: 5271 bus). Source: présentation de l'OFEN basée sur l'enquête OFEN/UTP auprès des entreprises de transport 2020.

L'analyse portant sur les bus en service en Suisse selon leur âge montre que les véhicules sont parfois exploités au-delà de leur durée d'amortissement comptable (environ douze ans pour les bus standard et articulés, un peu moins pour les bus midi et les minibus; cf. Figure 6). En ce qui concerne les gaz d'échappement, environ la moitié des bus actuellement en service répond à la norme stricte Euro 6 et 40% sont conformes à la norme Euro 5. La part des bus répondant aux normes Euro 3 et 4 encore en service s'élève à environ 10%.

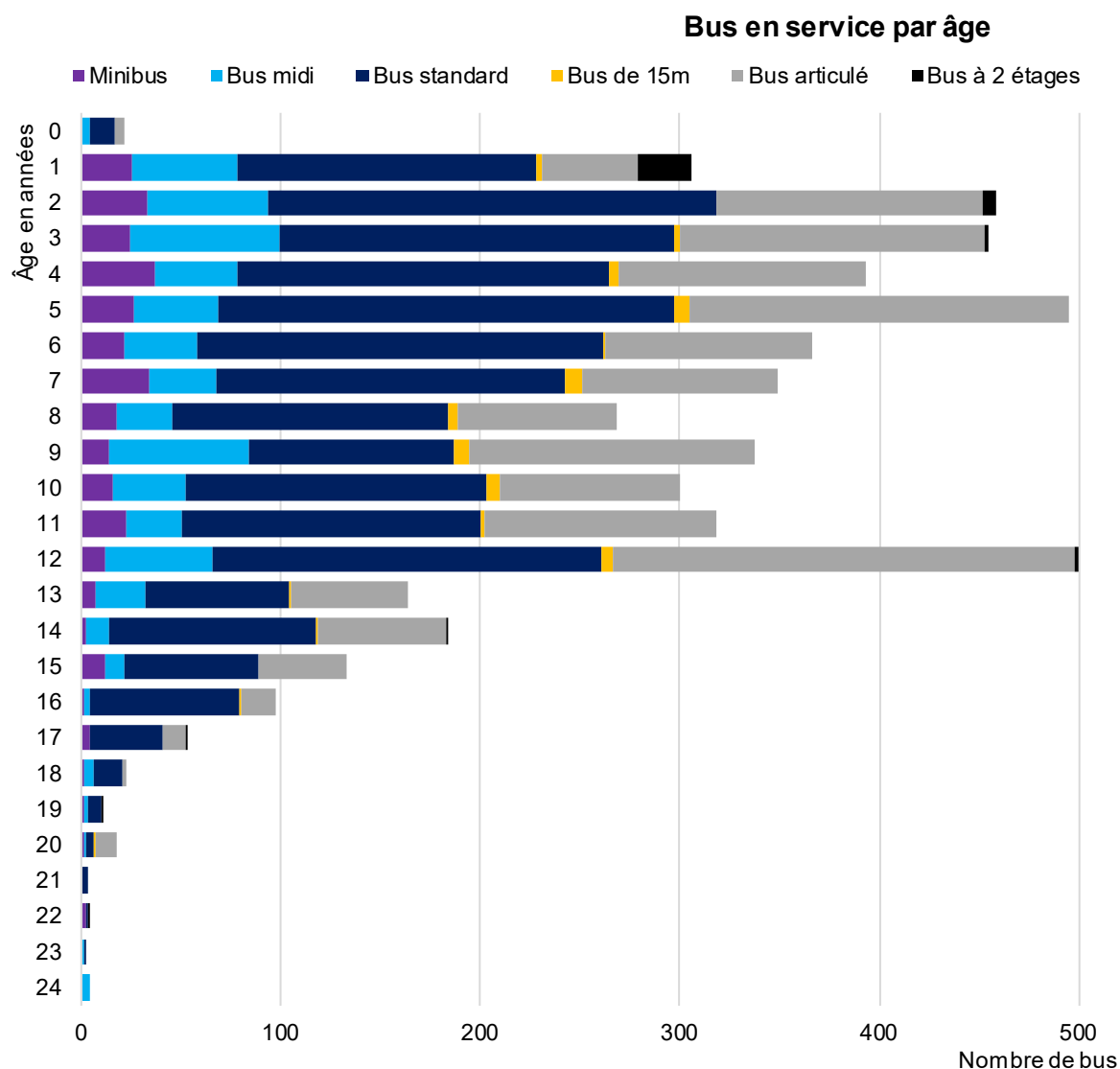






Figure 6: Bus en service en 2020, par âge. Source: présentation de l'OFEN basée sur l'enquête OFEN/UTP auprès des entreprises de transport 2020.

Le Tableau 1 compare les coûts d'acquisition actuels des différents types de bus selon la technologie de propulsion. Les bus à batterie coûtent en moyenne deux fois plus cher que les bus diesel.

Tableau 1: Coûts d'acquisition selon le type de bus et la technologie de propulsion (prix 2020). Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020. Pictogramme: VBZ

Coût d'acquisition en CHF	Bus diesel (référence)	Bus biodiesel	Bus à biogaz	Bus à batterie (rechargé au dépôt)	Bus à batterie (système de biberonnage)	Trolleybus	Bus à pile à combustible
 Bus articulé	500'000	520'000 (+4 %)	545'000 (+9 %)	935'000 (+87 %)	810'000 (+62 %)	1'055'000 (+111 %)	1'300'000 (+160 %)
 Bus standard	350'000	370'000 (+6 %)	395'000 (+13 %)	745'000 (+113 %)	625'000 (+79 %)	825'000 (+136 %)	1'045'000 (+199 %)
 Bus midi	330'000	350'000 (+6 %)	375'000 (+14 %)	640'000 (+94 %)	540'000 (+64 %)	–	780'000 (+136 %)
 Minibus	100'000	115'000 (+15 %)	135'000 (+35 %)	300'000 (+200 %)	–	–	440'000 (+340 %)

Dans le trafic local, l'analyse de la longueur des lignes montre qu'environ 70% de celles-ci ne dépassent pas les 10 km (Figure 7) et que près de la moitié (47%) d'entre elles sont desservies par des bus standard. En outre, 30% des lignes sont desservies par des bus articulés et 14% par des bus midi. La part des minibus est comparativement faible et n'atteint pas les 10%.

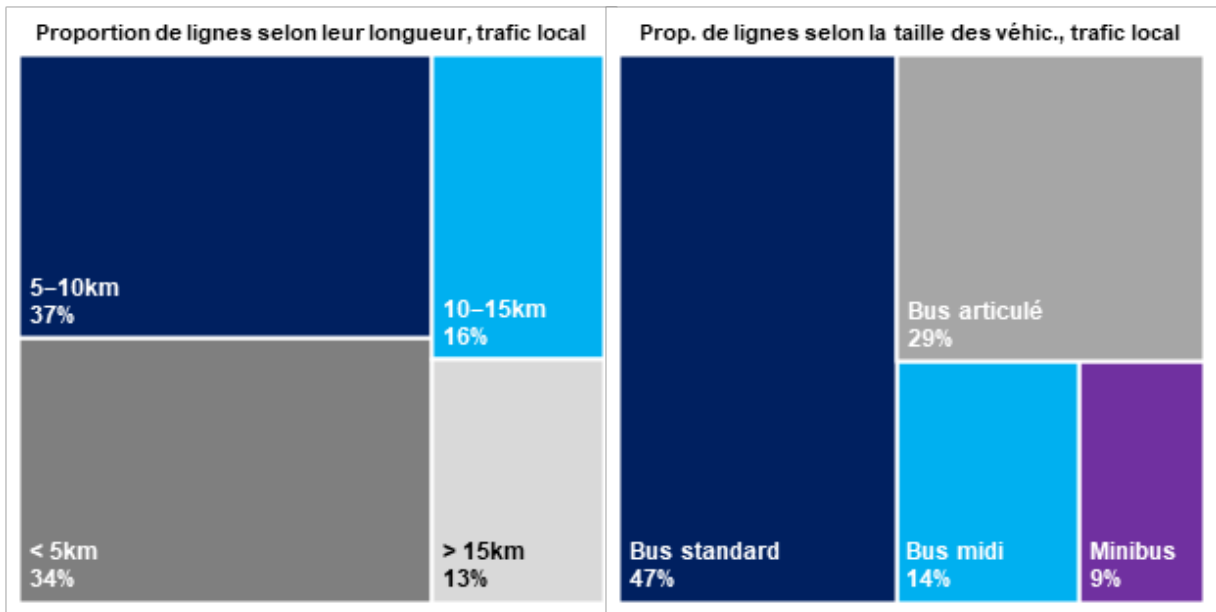


Figure 7: Proportion de lignes selon leur longueur et la taille des véhicules dans le trafic local (grandeur de référence: 588 lignes, la part des bus à 2 étages et des bus de 15 m est inférieure à 1%). Source: présentation de l'OFEN basée sur l'enquête OFEN/UTP auprès des entreprises de transport 2020.

Dans le trafic régional de voyageurs, un peu plus de la moitié des lignes (55%) ont une longueur inférieure à 15 km (Figure 8) et quelque 14% des lignes sont très longues (plus de 25 km). Environ la moitié (53%) des lignes sont desservies par des bus standard. En outre, 25% des lignes sont desservies par des bus articulés et 18% par des bus midi. Quant aux minibus, leur part est inférieure à 10%.

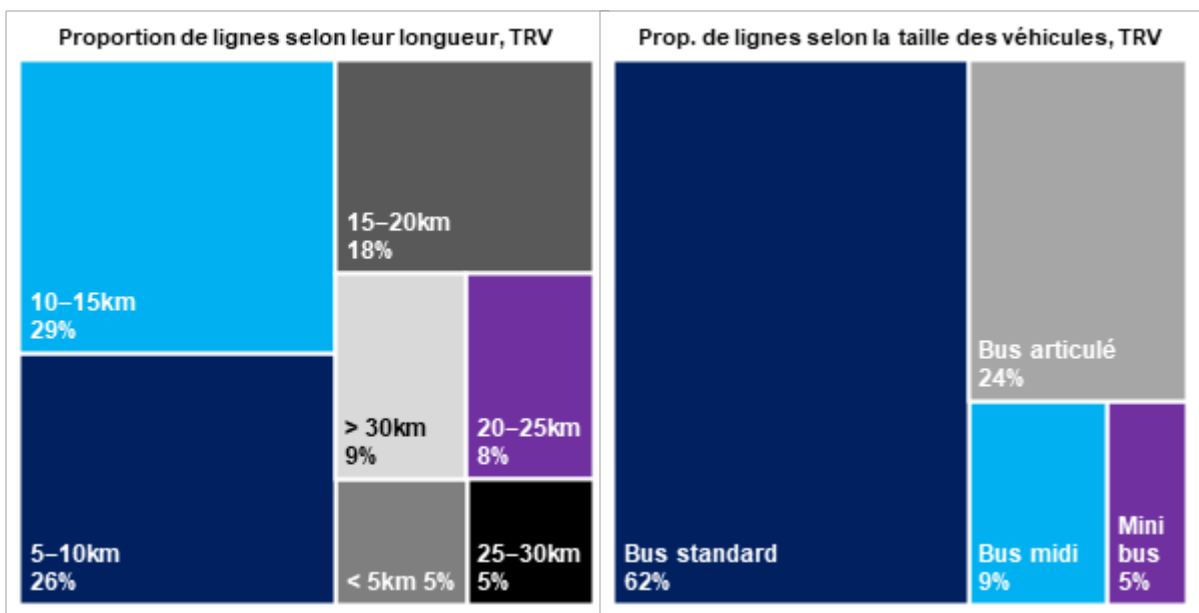


Figure 8: Proportion de lignes selon leur longueur et la taille des véhicules dans le trafic régional de voyageurs (TRV) (grandeur de référence: 1104 lignes, la part des bus à 2 étages et des bus de 15 m est inférieure à 1%). Source: présentation de l'OFEN basée sur l'enquête OFEN/UTP auprès des entreprises de transport 2020.

En 2019, les coûts complets⁵ de l'ensemble des services de bus dans le trafic régional de voyageurs se sont élevés à quelque 1200 millions de francs suisses par an et les indemnités pour les prestations correspondantes à 620 millions de francs par an, dont la moitié environ est prise en charge par la Confédération et les cantons (Tableau 2). Pour le trafic local, on ne dispose pas d'une enquête exhaustive, mais uniquement d'un échantillon tiré de l'enquête effectuée auprès des entreprises de transport. Cet échantillon englobe les services de bus diesel, dont les coûts d'exploitation avoisinent les 900 millions de francs suisses par an. Les indemnités pour les prestations correspondantes s'élèvent à environ 520 millions de francs par an et sont prises en charge par les communes et les cantons. La part respective de ces deux acteurs n'est toutefois pas connue. L'échantillon correspond approximativement à 70 à 80% du trafic local en Suisse.

Tableau 2: Coûts complets et indemnités 2019 pour les lignes du trafic régional de voyageurs (TRV) (enquête exhaustive, source: OFT, état 2020) et les lignes du trafic local (échantillon, source: enquête OFEN/UTP auprès des entreprises de transport 2020).

	Coûts complets CHF/a	Indemnités CHF/a	Part canton CHF/a	Part Confédération CHF/a	Courses-km km/a	Nombre de lignes Échantillon
Lignes TRV						
Minibus	16'671'149	12'462'273	4'795'421	7'666'852	2'788'676	57
Bus midi	66'163'801	41'481'311	17'741'967	23'739'344	8'561'545	100
Bus standard	599'989'456	340'339'342	160'905'032	179'434'310	93'823'392	678
Bus articulé	496'123'405	219'307'046	120'497'908	98'809'138	71'520'018	262
Bus à 2 étages	10'670'514	3'139'663	1'479'537	1'660'126	1'256'806	4
Total	1'189'618'326	616'729'635	305'419'865	311'309'770	177'950'436	1'101
Lignes du trafic local						
Minibus	21'485'598	20'206'883	–	–	3'138'837	44
Bus midi	62'593'599	52'428'003	–	–	7'989'746	74
Bus standard	249'437'833	150'857'734	–	–	30'434'545	230
Bus de 15m	11'584'347	6'603'101	–	–	1'249'580	4
Bus articulé	542'281'265	291'407'634	–	–	56'893'336	162
Bus à 2 étages	8'809'283	5'099'392	–	–	1'223'717	3
Total	896'191'925	526'602'747	–	–	100'929'761	517

2.3 Technologies de propulsion utilisant une énergie non fossile

Les options de propulsion utilisant une énergie non fossile ont été discutées avec le groupe d'accompagnement dans le cadre de l'étude de base et des critères permettant de sélectionner les technologies à analyser de manière approfondie ont été définis.

2.3.1 Définition des technologies de propulsion utilisant une énergie non fossile

Les technologies ou les familles de technologies dont on considère qu'elles n'utilisent pas d'énergie fossile sont définies à la Figure 9.

⁵ Les coûts complets englobent les investissements dans les véhicules et leur entretien, les coûts de l'énergie, les investissements dans les infrastructures de recharge et leur entretien, les coûts du personnel roulant, les coûts administratifs et d'autres frais généraux.

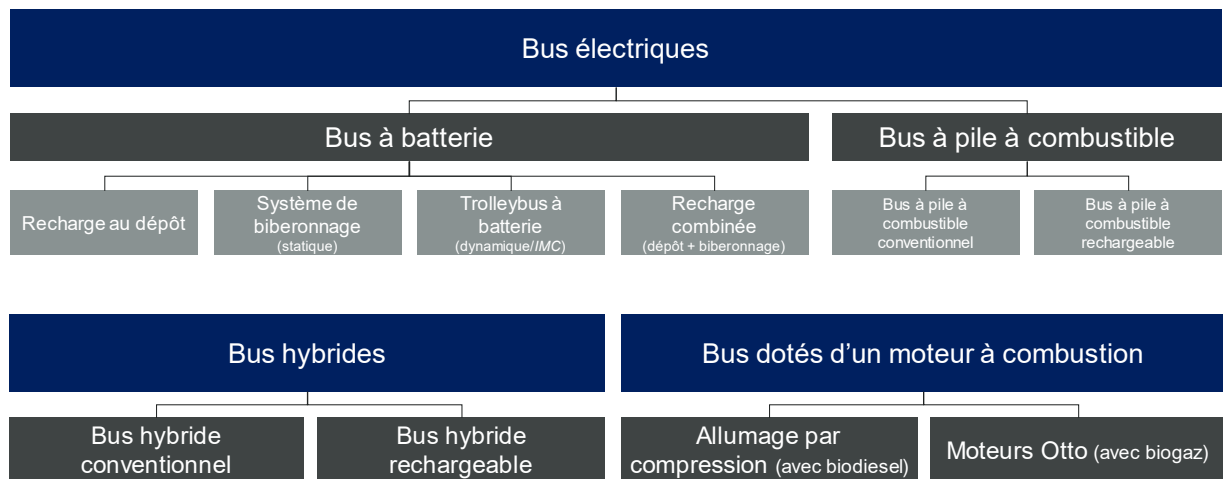


Figure 9: Définition des technologies de propulsion utilisant une énergie non fossile (IMC = *in motion charging*, en français: recharge pendant le voyage). Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

Les **bus électriques** sont propulsés uniquement par un moteur électrique. Les bus alimentés par batterie et les bus à pile à combustible font partie de cette catégorie de véhicules.

Dans les bus à batterie, l'énergie nécessaire au voyage est fournie par une batterie, qui est rechargée sur le réseau électrique. Font partie de cette catégorie:

- les bus qui se *rechargent au dépôt*, typiquement la nuit et pendant plusieurs heures;
- les bus qui utilisent un *système de biberonnage* pour se recharger en cours de route, soit très rapidement à certains arrêts soit en quelques minutes au terminus;
- les *trolleybus à batterie*, qui se rechargent en roulant (*IMC: in motion charging*): ils utilisent en partie les lignes aériennes de contact pour rouler et pour recharger une batterie, qui leur permet de rouler également sans caténaire;
- les bus disposant d'une batterie de grande taille qui leur permet une *recharge combinée*, à savoir au dépôt et de temps en temps également en roulant.

Les **bus à pile à combustible** sont des bus électriques transportant une pile à combustible qui sert à recharger la batterie nécessaire à la couverture du besoin énergétique pendant les trajets. Cette catégorie de bus comporte deux variantes: les bus à pile à combustible conventionnels, dont la batterie de taille relativement petite permet de compenser les pics de puissance, mais ne s'utilise pas pour stocker de l'énergie, et les bus à pile à combustible rechargeables, qui disposent d'une grande batterie rechargée en règle générale sur le réseau électrique, mais également au moyen d'un système de pile à combustible embarqué. L'autonomie des bus à pile à combustible atteindra à l'avenir 400 à 800 km, ce qui fait qu'un seul ravitaillement quotidien sera probablement suffisant. Comme dans le cas des bus à batterie, environ 70% de l'énergie fournie par la batterie des bus à pile à combustible peuvent être transformés en mouvement. En revanche, la transformation d'électricité en hydrogène par électrolyse, puis la transformation d'hydrogène en électricité dans la pile à combustible du véhicule impliquent une perte d'énergie considérable. On s'attend certes à une amélioration continue de l'efficacité des piles à combustible, mais la consommation d'énergie de ces bus sera toujours nettement supérieure à celle des bus à batterie. L'acquisition de bus à pile à combustible suppose l'existence ou la construction d'au moins une station-service à hydrogène à proximité du dépôt de bus. Pour des raisons opérationnelles et au vu de l'importance du besoin, l'utilisation de stations-services à hydrogène publiques n'est envisageable que dans des cas exceptionnels. En soi, l'hydrogène pourrait être acheté ou produit directement sur place. Les bus à pile à combustible ont fait l'objet de tests dans le cadre de quelques projets pilotes. Jusqu'à présent, les coûts de la production d'hydrogène et de la pile à combustible ont sans doute constitué l'obstacle le plus important à l'utilisation de ces bus à large échelle, sans parler de leur durée de vie encore relativement courte. L'étude de base d'INFRAS (2020, annexes A2 et A3.2) contient des informations supplémentaires sur les piles à combustible et la production d'hydrogène.

Les **bus hybrides** sont dotés aussi bien d'un moteur électrique muni d'une batterie que d'un moteur à combustion. Ce dernier peut être utilisé directement comme moteur d'entraînement ou encore comme générateur destiné à recharger la batterie. Il existe également des formes mixtes de ce type de bus: les bus hybrides conventionnels, dont la batterie ne se recharge pas sur le réseau électrique et les bus hybrides rechargeables, dont la batterie est rechargée entre autres sur ce réseau. Étant donné que les bus hybrides sont dotés de moteurs à combustion efficaces, ils doivent être considérés comme une technologie de transition. En effet, ils n'ont recours à aucune énergie fossile que s'ils sont alimentés par du biodiesel ou du biogaz. Sur le long terme, leur utilisation n'a de sens qu'en l'absence d'alternative exempte d'émissions. En outre, le biodiesel adapté n'est disponible qu'en quantités limitées.

La catégorie des **bus dotés d'un moteur à combustion** regroupe les systèmes à allumage par compression, habituellement alimentés par du diesel, et les moteurs Otto, conçus typiquement pour une exploitation avec du méthane (gaz naturel comprimé GNC ou gaz naturel liquéfié GNL). Ces bus peuvent être considérés comme n'utilisant pas d'énergie fossile seulement s'ils sont alimentés par des carburants biogènes⁶.

2.3.2 Sélection des technologies de propulsion à analyser

L'état des lieux de toutes les combinaisons d'options de propulsion et de carburants entrant en ligne de compte aujourd'hui et à l'avenir dans les transports publics par bus a été effectué sur la base des critères «efficacité énergétique», «caractère renouvelable» et «technologie à faible émission», qui sont brièvement décrits ci-après.

- **Critère «efficacité énergétique»:** on examine aussi bien l'efficacité de la transformation d'énergie dans les véhicules que l'efficacité de la transformation de l'agent énergétique primaire⁷ en énergie permettant d'utiliser le bus⁸.
- **Critère «caractère renouvelable»:** la production d'électricité est considérée comme renouvelable lorsque l'énergie transformée en électricité provient d'une source renouvelable. Les carburants sont considérés comme renouvelables lorsqu'ils sont produits à partir de biomasse ou d'électricité renouvelable.
- **Critère «technologie à faible émission»:** ce critère s'applique aux technologies qui rejettent peu de gaz à effet de serre durant le cycle de vie (depuis la production jusqu'à l'élimination) et qui émettent une faible quantité de polluants et de bruit pendant leur utilisation.

Une évaluation sommaire a permis dans un premier temps d'exclure les options qui ne répondent pas ou que de manière insuffisante aux trois critères cités. Parmi les options restantes, celles qui répondent aux trois critères et qui se démarquent au niveau des aspects opérationnels et des coûts (Tableau 3) ont été retenues pour l'analyse approfondie. Le choix a été coordonné avec le groupe d'accompagnement dans le cadre de l'étude de base.

⁶ On considère ici le biogaz au sens de l'exonération de l'impôt sur les huiles minérales et de la loi sur la protection de l'environnement. La révision totale de la loi sur le CO₂ prévoit des modifications dans cette dernière visant à renforcer les exigences posées aux gaz utilisés en Suisse.

⁷ Énergie primaire: teneur énergétique de l'agent énergétique après la première étape du processus de valorisation technique, par exemple le pouvoir calorifique du pétrole brut, du bois ou des déchets, l'électricité provenant directement de la cellule photovoltaïque ou l'énergie mécanique produite par le rotor d'une centrale hydraulique ou d'une éolienne.

⁸ Traction et électricité, froid et chaleur pour les consommateurs auxiliaires.

Tableau 3: Vue d'ensemble et sélection des options de propulsion et des carburants (CCS: *Carbon Capture and Storage*). Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

Sélection des technologies de propulsion à analyser			Diesel			Méthane			Hydrogène			Électricité				
			Fossile	Bio	Power-to-Liquid (électricité renouvelable)	Fossile	Bio	Power-to-Liquid (électricité renouvelable)	Reformage à la vapeur sans CCS	Reformage à la vapeur avec CCS	Électrolyse (électricité renouvelable)	Non renouvelable	Renouvelable			
Bus électriques	Bus à batterie	Recharge au dépôt														
		Système de biberonnage (statique)														
		Système de biberonnage (dynamique)														
	Recharge combinée															
	Bus à pile à combustible	Conventionnel														
	Rechargeable															
Bus hybrides	Allumage par compression	Conventionnel														
		Rechargeable														
	Otto	Conventionnel														
		Rechargeable														
Bus dotés d'un moteur à combustion	Allumage par compression	Diesel														
		Essence														
		Gaz (méthane)														
	Otto	Gaz (méthane)														
		Essence														

Pas une option sur le plan technique

Non renouvelable

Pas efficace

Référence

À analyser en détail

Les options de propulsion non fossiles ci-après répondent globalement bien aux critères «efficacité énergétique», «caractère renouvelable» et «technologie à faible émission» et font donc l'objet d'une analyse approfondie dans la suite du document:

- bus électrique rechargé au dépôt;
- bus électrique utilisant un système de biberonnage statique tout au long du trajet;
- bus électrique à recharge combinée;
- trolleybus à batterie;
- bus électrique à pile à combustible, conventionnel ou rechargeable;
- bus hybride alimenté par biodiesel, conventionnel ou rechargeable;
- bus hybride alimenté par du biogaz, conventionnel.

2.3.3 Évolution de la densité énergétique et des coûts d'acquisition

Les batteries rechargées au dépôt sont optimisées sur le plan énergétique et, proportionnellement à leur poids, peuvent stocker beaucoup d'énergie. Les batteries rechargées par un système de biberonnage, elles, sont optimisées au niveau de la performance, autrement dit elles sont en mesure d'emmagasiner ou de fournir une grande quantité d'énergie par unité de temps. En raison du développement technologique continu, il faut partir du principe que la densité énergétique augmentera considérablement. Cette amélioration permettra d'accroître sensiblement l'autonomie des batteries rechargées au dépôt (Figure 10).

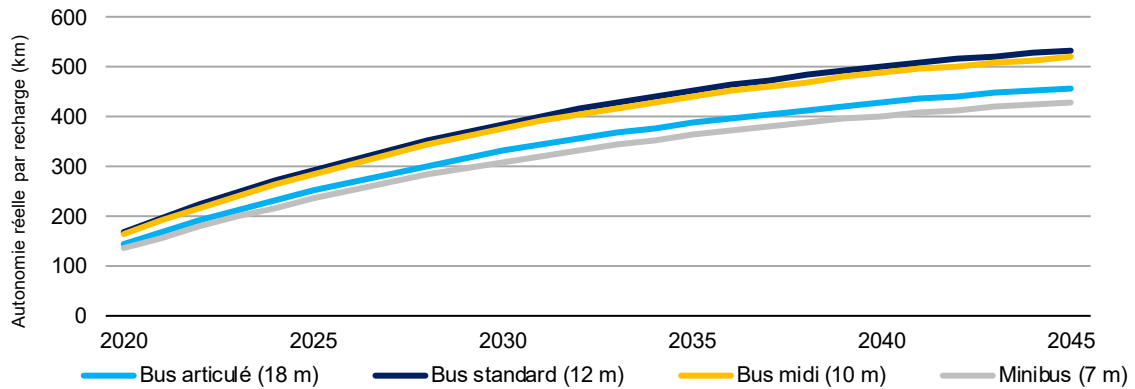


Figure 10: Évolution de l'autonomie réelle des bus à batterie rechargés au dépôt. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

Les batteries destinées au bus sont nettement plus onéreuses que celles destinées aux voitures électriques. Cela s'explique par les exigences plus élevées concernant le nombre de cycles de recharge, les prestations kilométriques journalières bien plus importantes que celles des voitures de tourisme, les économies d'échelle moindres, la complexité du refroidissement et la gestion des grandes batteries de bus. On peut s'attendre à une forte baisse des coûts de ces batteries en raison des futurs progrès technologiques, de nouvelles compositions des batteries et de la hausse du nombre de pièces vendues. Les coûts d'acquisition des bus électriques, dont la batterie constitue un facteur de coût significatif, baisseront en conséquence. La Figure 11 présente l'évolution des coûts d'acquisition des différentes technologies à l'exemple d'un bus articulé. La batterie rechargée au dépôt affiche une légère hausse des coûts jusqu'en 2025. En effet, dans ce cas, on part du principe que la capacité des batteries continuera à augmenter jusqu'à cette date en raison des développements attendus.

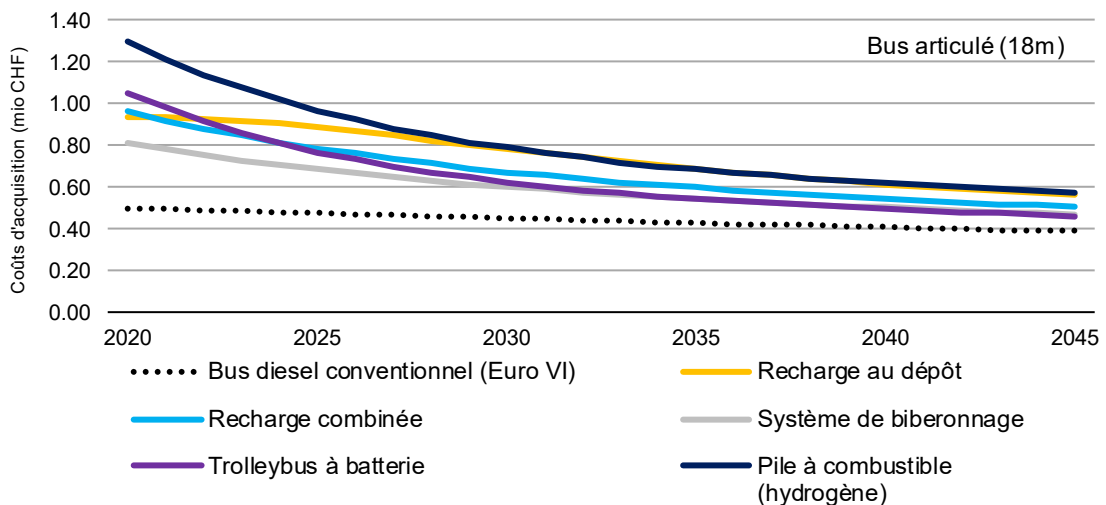


Figure 11: Évolution des coûts d'acquisition des options de propulsion dans le temps. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

2.4 Potentiels d'utilisation techniques et opérationnels

D'un point de vue purement technique, toutes les options de propulsion utilisant une énergie non fossile peuvent être mises en œuvre en Suisse aussi bien dans le trafic régional de voyageurs (TRV) que dans le trafic local (Tableau 4). Toutefois, en l'absence de lignes aériennes de contact, les trolleybus à batterie sont moins adaptés au TRV. Cette alternative nécessitant des investissements considérables, elle ne serait pas économique dans le cas de lignes régionales isolées. Pour ce qui est des lignes d'agglomération, qui partent de villes disposant déjà d'un réseau de trolleybus, les trolleybus à batterie constitueraient toutefois une option envisageable.

Tableau 4: Évaluation des alternatives de propulsion d'un point de vue technique et opérationnel.

	Convient pour une utilisation dans le			
	trafic local		trafic régional	
	niveau technique	niveau opérationnel	niveau technique	niveau opérationnel
Bus rechargé au dépôt	✓	✓ Dépend de l'autonomie; le potentiel reste limité sur le court/moyen terme	✓	✓ Dépend de l'autonomie; le potentiel reste limité sur le court/moyen terme
Bus à biberonnage	✓	(✓) Sous réserve de temps de rebroussement suffisants	✓	(✓) Sous réserve de temps de rebroussement suffisants
Bus à recharge combinée	✓	(✓) Situation spécifique requise	✓	(✓) Situation spécifique requise
Trolleybus à batterie	✓	✓	✗	✗
Bus à pile à combustible (hydrogène)	✓	✓	✓	✓
Bus biodiesel	✓	✓	✓	✓
Bus à biogaz	✓	✓	✓	✓

Légende: ✓ adapté, (✓) partiellement adapté, ✗ inadapté

Les conclusions sont les suivantes en ce qui concerne le **potentiel d'utilisation opérationnel**:

- Les possibilités d'utilisation de bus électriques rechargés au dépôt dépendent des prestations kilométriques journalières requises. Sur ce plan, le potentiel d'utilisation à court ou à moyen terme reste en partie limité. À long terme, les batteries rechargées au dépôt seront en mesure d'atteindre une autonomie de 350 à 400 km sans recharge.
- La possibilité d'utiliser des bus électriques rechargés par un système de biberonnage au terminus dépend de la situation spécifique de la ligne. Étant donné que les temps de rebroussement ne suffisent en général pas pour recharger la batterie sans compromettre la stabilité de l'horaire de la ligne, les possibilités d'utilisation de cette technologie sont limitées. Cette option de propulsion implique des rotations supplémentaires de véhicules et donc des coûts supplémentaires au niveau de la flotte et surtout du personnel roulant, qui s'élèvent généralement à 50 à 60% des coûts de la ligne. À l'avenir, il sera nécessaire d'optimiser la planification des rotations et des temps de rebroussement. Pour ce qui est des systèmes de biberonnage statiques, il convient en outre de noter que l'autonomie limitée des petites batteries ne permet guère une exploitation spéciale en dehors de l'horaire régulier.
- Le système de recharge combinée nécessite également une situation spécifique permettant une utilisation appropriée. En raison de la taille plus importante de la batterie, cette technologie offre toutefois davantage de souplesse pour une utilisation en dehors de l'horaire proposé.
- Les bus à pile à combustible ainsi que les bus alimentés par du biodiesel ou du biogaz sont comparables au bus diesel du point de vue de l'utilisation opérationnelle.

3 Conséquences pour le climat, l'environnement et les coûts

3.1 Procédure et méthodologie

Les potentiels en matière de réduction des émissions de CO₂, les autres conséquences écologiques et les conséquences pour les coûts ont été analysés en détail et mis en évidence à l'aide d'études de cas représentant divers champs d'application en Suisse (Tableau 5). À cet effet, on a comparé le bus diesel avec les types de véhicules alternatifs utilisant une énergie non fossile et appliqué différents autres critères pour évaluer les options de propulsion. Enfin, les coûts et les avantages des options alternatives ont fait l'objet d'une évaluation globale.

Tableau 5: Cas étudiés. HDP: heures de pointe.

Type de ligne	Taille du bus	Cadence
Ligne locale et d'agglomération	Bus articulé	Intégrale
	Bus standard	Densifiée aux HDP
Ligne régionale Plateau	Bus articulé	Intégrale
		Densifiée aux HDP
	Bus standard	Intégrale
		Densifiée aux HDP
Ligne régionale régions de montagne	Bus standard	Intégrale
	Minibus	Intégrale

3.2 Potentiels de réduction écologiques

Les conséquences écologiques ont été déterminées au moyen d'un bilan écologique simplifié et d'une analyse des cycles de vie. Outre l'exploitation des véhicules, la fabrication et l'élimination de ceux-ci et de la batterie ainsi que la fourniture d'énergie ont été prises en compte dans le calcul du besoin énergétique et la mesure de l'impact climatique. L'électrification des véhicules représente une part importante de la charge environnementale totale liée à la fabrication, à l'élimination et à la fourniture d'énergie. Pour ce qui est des émissions de polluants atmosphériques pertinentes au niveau local, seule la phase d'exploitation a été prise en compte. Cette analyse a permis d'estimer les potentiels des technologies de propulsion utilisant une énergie non fossile en matière de réduction des émissions en comparaison avec la technologie de référence (bus diesel Euro 6).

3.2.1 Émissions de gaz à effet de serre

La Figure 12 montre le potentiel en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre que présentent les options de propulsion utilisant une énergie non fossile par rapport au bus diesel, à l'exemple d'une ligne du trafic local desservie par des bus articulés. Ce potentiel est du même ordre pour le trafic local et régional (cela vaut également pour les autres cas).

Emissions de gaz à effet de serre sur 12 ans (bus articulé dans le trafic local)

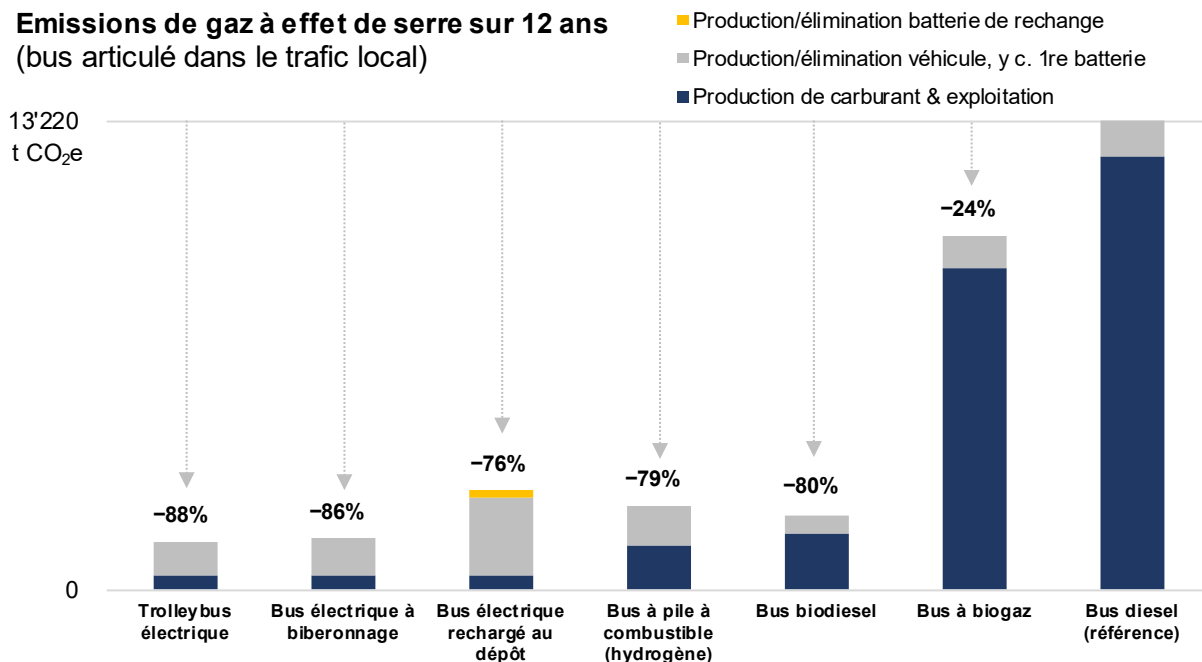


Figure 12: Émissions de gaz à effet de serre des différentes technologies de propulsion sur douze ans (état: 2020), bus articulé dans le trafic local. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

Les constats relatifs aux différentes options de propulsion sont les suivants:

- Le potentiel des bus électriques alimentés par de l'électricité renouvelable en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre se situe entre 75 et 90%.
- Dans la catégorie des bus fonctionnant sur batterie, ceux munis d'une batterie de petite taille rechargée au moyen d'un système de biberonnage obtiennent des résultats légèrement meilleurs (réduction de 85 à 90%) que ceux munis d'une batterie de grande taille qui se rechargent au dépôt (réduction de 75 à 80%), dont la fabrication implique davantage d'émissions de gaz à effet de serre.
- Bien que munis d'une batterie de petite taille, les bus à pile à combustible rejettent autant de gaz à effet de serre que les bus à batterie rechargés au dépôt, car la fabrication des piles à combustible et la production d'hydrogène génèrent aussi des gaz à effet de serre.
- Le potentiel des bus alimentés par du biodiesel en matière de réduction des émissions est comparable à celui des bus qui se rechargent au dépôt et des bus à pile à combustible, dans la mesure où le biodiesel est produit à partir d'huile comestible usagée. Ce carburant n'est pas disponible en quantités suffisantes pour tous les bus des transports publics, mais il représente une option pour certaines lignes.
- Comparés aux autres options, les bus alimentés par du biogaz ne présentent qu'un faible potentiel en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre, à hauteur de quelque 20%. Cela s'explique par les émanations de méthane⁹ lors de la production de biogaz. Une nouvelle étude, non encore publiée, réalisée sur mandat de l'Association suisse de l'industrie gazière (ASIG), montre que les installations récentes gèrent mieux ces émanations et sont à même de les réduire considérablement. Le potentiel du biogaz en matière de réduction des émissions de CO₂ pourrait donc augmenter à moyen terme.

⁹ Définition des émanations de méthane: échappement de méthane dans l'atmosphère, émis, par exemple, par des installations de biogaz ou des moteurs à gaz. La problématique est double: une perte d'énergie exploitable et surtout, le rejet dans l'atmosphère d'un gaz dont l'impact en matière d'effet de serre est important.

3.2.2 Consommation d'énergie primaire

La Figure 13 présente la consommation d'énergie primaire des options de propulsion non fossiles en comparaison avec le bus diesel, à l'exemple d'une ligne du trafic local desservie par des bus articulés. Le besoin en énergie primaire est du même ordre dans le trafic local et régional (cela vaut également pour les autres cas).

Consommation d'énergie primaire sur 12 ans (bus articulé dans le trafic local)

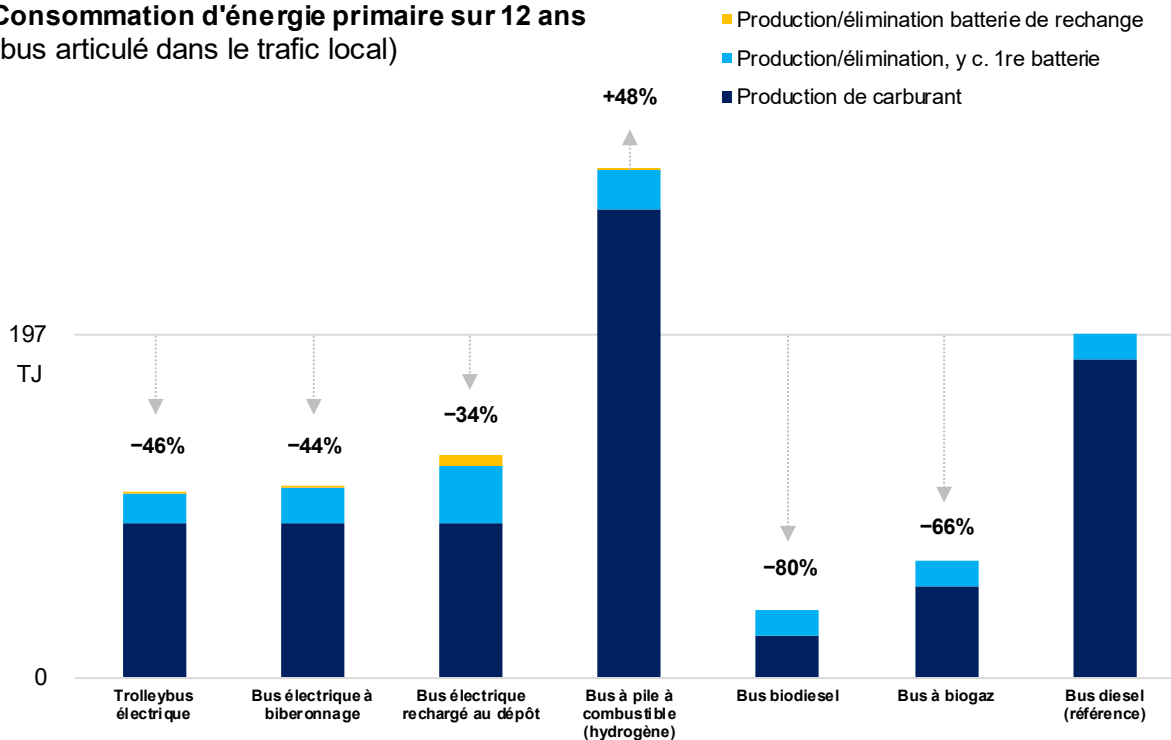


Figure 13: Consommation d'énergie primaire des options de propulsion utilisant une énergie non fossile en comparaison avec le bus diesel (= 100%). Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

Les principaux paramètres influençant le besoin en énergie primaire sont les suivants:

- En général, la part la plus importante revient à la production de carburant ou d'électricité. La fourchette va de 70% pour les bus rechargés au dépôt à 95% pour les bus biodiesel. La fabrication du véhicule et de la batterie ou de la pile à combustible constitue donc un paramètre moins important.
- Les trois options de bus à batterie réduisent le besoin en énergie primaire de 40 à 50% par rapport au bus diesel. En raison de la petite taille de leurs batteries, les deux alternatives utilisant un système de biberonnage affichent en général des résultats un peu meilleurs que le bus qui se recharge au dépôt, dont la batterie est plus grande.
- En revanche, l'option de la pile à combustible implique un besoin supplémentaire en énergie primaire allant de 40 à 50% par rapport au bus diesel. Cela s'explique par la production énergivore de l'hydrogène et les pertes liées à la transformation dans la pile à combustible.
- Par rapport au bus diesel, le besoin en énergie primaire des options utilisant du biogaz ou du biodiesel issu d'huile comestible usagée est encore plus réduit que celui des bus à batterie: la différence dépasse 60%. Toutefois, il faut tenir compte des limites du système prises en compte. Cette analyse ne considère que la dernière étape du traitement du biodiesel (estérification) et du biogaz (fermentation des boues d'épuration). Elle applique la méthode «cut-off» dans les limites inhérentes au système des produits de recyclage et de déchets. Dans le contexte de la détermination du besoin en énergie primaire du biodiesel et du biogaz, cela signifie que la teneur énergétique de la matière première n'est pas imputée aux biocarburants, mais aux processus en amont.

3.2.3 Émissions de polluants atmosphériques

La Figure 14 montre l'impact des options de propulsion utilisant une énergie non fossile sur les polluants atmosphériques au niveau local en comparaison avec le bus diesel, à l'exemple d'une ligne du trafic local desservie par des bus articulés. Les propulsions électriques n'émettent pas d'oxyde d'azote et permettent également de réduire considérablement les émissions de particules.

Emissions de polluants atmosphériques pendant le service sur 12 ans (bus articulé dans le trafic local)

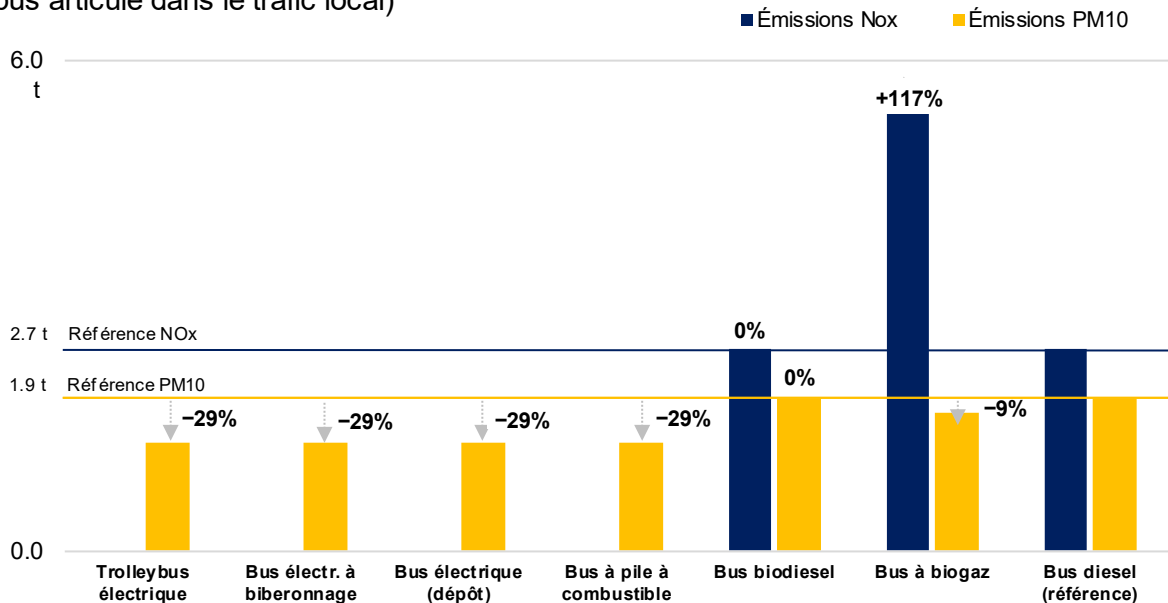


Figure 14: Émissions d'oxyde d'azote (NO_x) et de particules fines (PM10) des options de propulsion utilisant une énergie non fossile pendant le service en comparaison avec le bus diesel, pour un bus articulé circulant dans le trafic local. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

Les constats relatifs à la réduction des émissions de polluants atmosphériques par les différentes options de propulsion sont les suivants:

- Les bus propulsés par batterie ou pile à combustible n'émettent pas d'oxyde d'azote lorsqu'ils sont en service. Les émissions du bus alimenté par du biodiesel sont comparables à celles du bus diesel conventionnel et celles du bus alimenté par du biogaz sont supérieures¹⁰.
- S'agissant des émissions de particules fines, il convient de distinguer entre émissions provenant des gaz d'échappement et celles provenant d'autres sources telles que la resuspension des particules déposées et l'abrasion des freins et des pneus. Les gaz d'échappement des bus électriques ne contiennent pas de particules fines. Grâce à la possibilité de récupération, les émissions de ces bus provenant de l'abrasion des freins sont réduites de moitié par rapport aux bus dotés d'un moteur à combustion. L'abrasion des revêtements routiers et des pneus ainsi que la resuspension sont en revanche comparables. Une abrasion plus conséquente des pneus peut potentiellement apparaître dans le cas des bus électriques, car le couple disponible aux roues au moment du démarrage est plus important et peut être accéléré plus rapidement. Globalement, les bus électriques permettent de réduire les émissions de particules fines d'environ 30% par rapport au bus diesel.

Du point de vue des émissions locales de polluants atmosphériques, les conséquences dans le trafic local et régional de voyageurs sont comparables. En ce qui concerne la concentration de polluants dans l'air et l'impact pour la population, les conséquences sont plus importantes dans le trafic local que dans le trafic régional: en effet, dans les zones résidentielles denses, le nombre de personnes qui bénéficient des réductions est plus élevé, et celui des personnes touchées par les émissions d'oxyde d'azote (dans le cas du biogaz) l'est également.

¹⁰ Sur la base de mesures de la TU Graz effectuées sur des bus alimentés par du GNC (gaz naturel comprimé) et des bus diesel et prises en compte dans le Manuel informatisé des coefficients d'émission du trafic routier (MICET 4.1).

3.2.4 Émissions sonores

Le bruit des bus a un effet sur les passagers, mais aussi sur les personnes qui y sont exposées à l'extérieur des bus. Pour ces dernières, il convient de distinguer entre le bruit des bus qui roulent et le bruit émis au repos aux arrêts, qui comprend également le bruit des stations ou du processus de recharge.

Des sondages ont montré que les passagers de bus électriques jugent ceux-ci plus silencieux et plus confortables que les bus diesel. Cette conclusion concorde avec le fait que le bruit de moteur audible à l'intérieur du véhicule n'est pratiquement pas perçu dans les bus électriques.

Pendant le trajet, le bruit des moteurs électriques est sensiblement moins fort que celui des moteurs à combustion. La différence est particulièrement perceptible lorsque la vitesse est réduite (démarrage et trafic urbain) ou dans les montées. Lorsque la vitesse augmente, le bruit de roulement l'emporte et il est alors pratiquement identique pour les bus diesel et les bus électriques. Le remplacement des bus diesel par des bus électriques dans les quartiers, sur les routes moins bruyantes et peu fréquentées et pendant les heures creuses, a un effet considérable sur la réduction du bruit.

Aux arrêts de courte durée, les bus électriques sont nettement moins bruyants que les bus diesel dont le moteur tourne. Les éventuels bruits proviennent des installations de climatisation et de ventilation. Le refroidissement de l'infrastructure de recharge en cas de système de biberonnage peut également être source de nuisances sonores pénibles. Dans ces cas, il convient de veiller à la bonne isolation phonique de ces installations.

3.3 Comparaison environnementale: transport public vs trafic individuel motorisé

En Suisse, une partie essentielle des transports publics est déjà électrifiée (trains, trams et trolleybus). La moyenne des émissions de CO₂ spécifiques des transports publics par personne-kilomètre est donc nettement inférieure (- 87%) à celle du trafic individuel motorisé (TIM)¹¹ (Figure 15). Avec un taux d'utilisation quotidien moyen de 17%, les bus diesel qui roulent actuellement rejettent toujours 25% de CO₂ en moins que les voitures de tourisme. Dans les zones urbaines, les bus diesel obtiennent des résultats nettement meilleurs pendant les heures de pointe (- 77%; taux de remplissage des bus: 35%; voitures de tourisme: 1,1 personne par voiture). Le taux de remplissage est un paramètre décisif. Plus il est élevé dans les transports publics, plus les avantages écologiques de ceux-ci sont notables.

Ainsi, dans la situation actuelle et indépendamment de la technologie de propulsion, le report du trafic individuel motorisé vers les transports publics contribuerait largement à la réduction des émissions de CO₂ dues aux transports. Pour cela, les transports publics (TP) doivent mettre en place une offre attractive et orientée vers la clientèle.

¹¹ Le trafic individuel motorisé (TIM) est représenté ici par une voiture de tourisme moyenne.

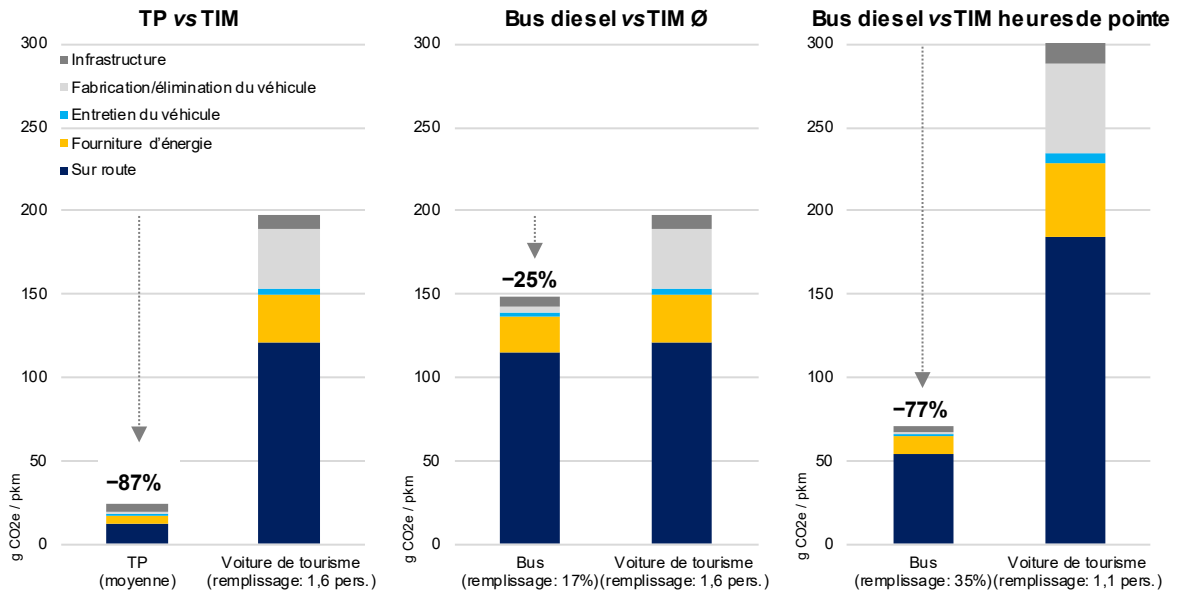


Figure 15: Comparaison environnementale entre les transports publics et les voitures de tourisme. Source: présentation de l'OFEN basée sur mobitool.ch.

3.4 Conséquences en matière de coûts

3.4.1 Méthodologie

Les conséquences en matière de coûts ont été estimées au moyen d'un calcul de rentabilité dynamique effectué selon la méthode de la valeur actualisée nette. Cette méthode tient compte de l'ensemble des flux de coûts sur une période donnée (p. ex. pendant la durée de vie d'une génération de véhicules) et considère donc également l'acquisition de divers composants de rechange, tels que les batteries des véhicules. Le calcul de rentabilité englobe les catégories de coûts suivantes:

- infrastructure le long des lignes et dans les installations au dépôt ou à l'atelier: coûts d'investissement, de maintenance et d'entretien;
- véhicules, y compris batterie: coûts d'acquisition et d'entretien;
- coûts de l'énergie;
- coûts supplémentaires du personnel roulant occasionnés par l'impact des différentes options sur le plan opérationnel (p. ex. rotations supplémentaires de véhicules dues aux processus de recharge).

L'analyse détaillée a porté sur les éléments de coûts qui varient considérablement d'une option à l'autre (investissements dans les véhicules, entretien des véhicules, coûts de l'énergie, investissements dans les infrastructures de recharge et entretien de celles-ci, coûts supplémentaires du personnel roulant résultant des processus de recharge). Les coûts supplémentaires absolus identifiés ont été placés dans le contexte des coûts complets (y c. personnel roulant, frais administratifs et autres frais généraux) d'un bus ou d'une ligne. Les conclusions concernant les coûts supplémentaires relatifs ainsi obtenus se rapportent toujours aux coûts complets. Les coûts supplémentaires relatifs des différentes options de propulsion utilisant une énergie non fossile pour 2021 et pour 2035 ont été comparés aux coûts de la technologie de référence (bus diesel Euro 6) pour le trafic local et le trafic régional de voyageurs sur le Plateau et dans les régions de montagne.

3.4.2 Trafic local

La Figure 16 présente les coûts supplémentaires relatifs d'un bus articulé dans le trafic local, où ce type de bus constitue la principale catégorie de véhicules munis d'un moteur diesel à l'heure actuelle.

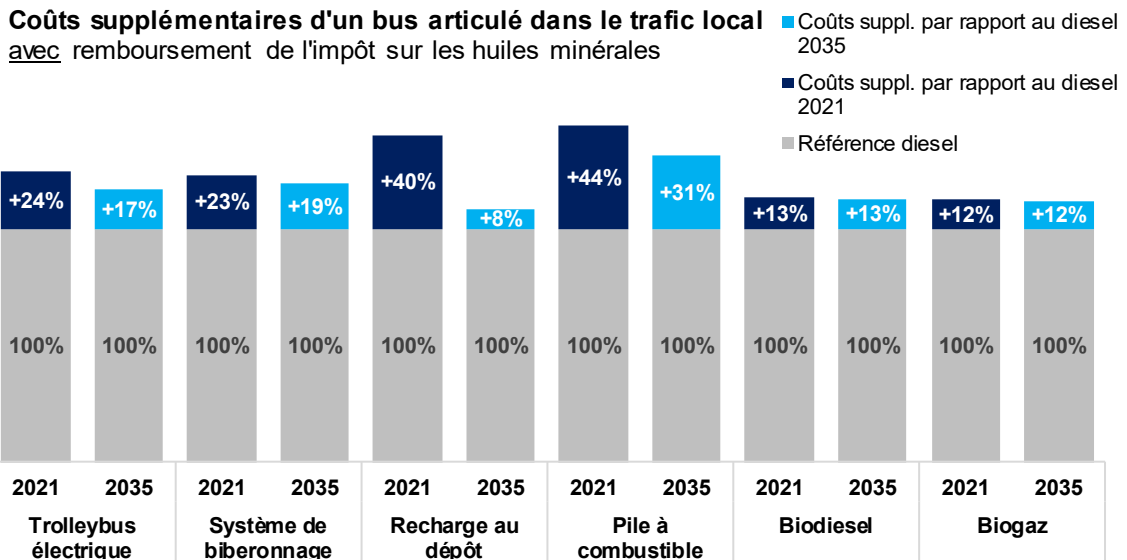


Figure 16: Coûts supplémentaires dans le trafic local et d'agglomération en comparaison avec le bus diesel Euro 6 (prise en compte des coûts complets) avec remboursement de l'impôt sur les huiles minérales. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

À court terme, les options de propulsion utilisant une énergie non fossile les plus avantageuses dans le trafic local sont les bus alimentés par des biocarburants ou les bus à batterie rechargés par un système de biberonnage statique pendant le trajet, pour autant qu'il ne soit pas nécessaire d'ajouter des rotations supplémentaires de véhicules. Les coûts supplémentaires de ces options par rapport au bus diesel se situent à 12 à 13%, voire à 23% pour le système de biberonnage. Le trolleybus à batterie constitue également une bonne option (+ 24%) s'il ne nécessite que peu de lignes aériennes de contact supplémentaires.

À l'horizon 2035, les coûts supplémentaires des options les plus avantageuses restent dans le même ordre de grandeur. L'option du bus rechargé au dépôt devient également intéressante si elle n'implique pas un besoin supplémentaire de véhicules et que l'autonomie des bus est suffisante. Ces bus à batterie affichent alors des coûts supplémentaires inférieurs à 10% et obtiennent ainsi un meilleur résultat que les options avec biocarburants.

Le remboursement de l'impôt sur les huiles minérales joue un rôle important dans les calculs¹². Sa suppression à partir du 1^{er} janvier 2026 pour les entreprises de transport concessionnaires du trafic local entraînera le renchérissement de la variante de référence diesel et la diminution des coûts supplémentaires des options de propulsion utilisant une énergie non fossile. Comme le montre la Figure 17, les coûts supplémentaires des bus à batterie diminuent de 30 à 40% sur le court terme et parfois beaucoup plus sur le long terme, notamment pour ce qui est des bus rechargés au dépôt, qui ne présentent alors presque plus de coûts supplémentaires par rapport aux bus diesel (+ 2%). En ce qui concerne les bus alimentés par des biocarburants, leurs coûts supplémentaires par rapport aux bus diesel diminuent de plus de la moitié.

¹² Actuellement 60,05 centimes par litre de diesel pour les bus équipés d'un filtre à particules ou d'un système équivalent et 31,46 centimes pour les bus sans filtre à particules ou système équivalent (jusqu'à fin 2020: 58,59 centimes, respectivement 30 centimes par litre de diesel).

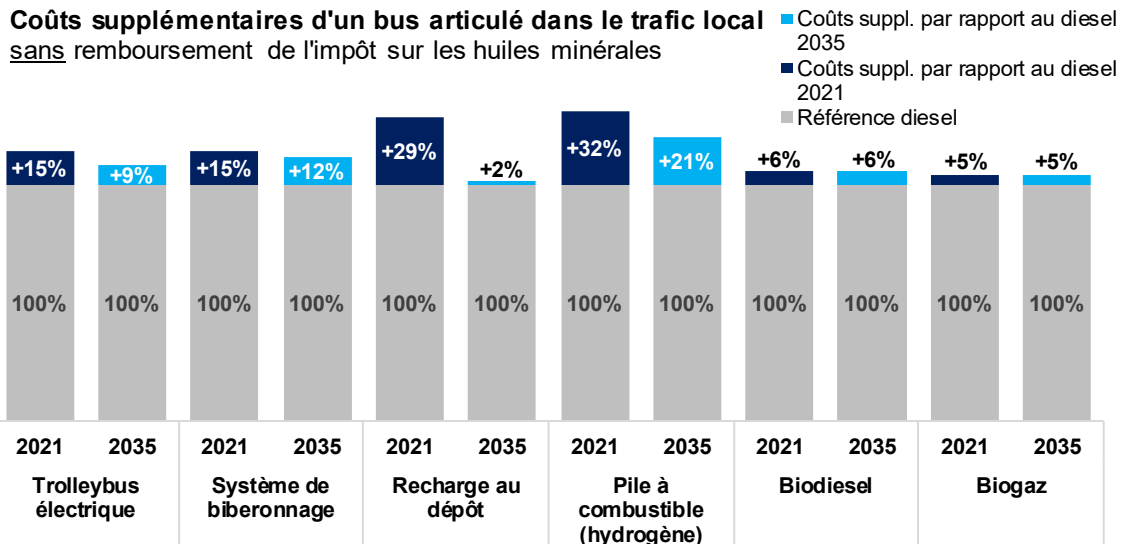


Figure 17: Coûts supplémentaires dans le trafic local et d'agglomération en comparaison avec le bus diesel Euro 6 (prise en compte des coûts complets) sans remboursement de l'impôt sur les huiles minérales. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

En admettant que la durée de vie des batteries s'allonge (douze ans au lieu de six), les bus rechargés au dépôt deviennent particulièrement intéressants sur le plan financier en raison de leurs batteries de grande taille, qui sont onéreuses. Les coûts supplémentaires diminuent de 20 à 30% à court et à moyen terme et de plus de 60% à long terme, à l'horizon 2035. L'effet est moins prononcé dans le cas des bus à biberonnage, car leurs batteries sont plus petites et moins onéreuses. À long terme, la suppression prévue du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales rendra les bus à batterie plus avantageux que les bus diesel.

3.4.3 Trafic régional de voyageurs sur le Plateau

La Figure 18 présente les coûts supplémentaires relatifs des différentes options de propulsion utilisant une énergie non fossile pour un bus standard dans le trafic régional de voyageurs. Les bus standard constituent la principale catégorie de véhicules munis d'un moteur diesel utilisée dans le trafic régional de voyageurs sur le Plateau.

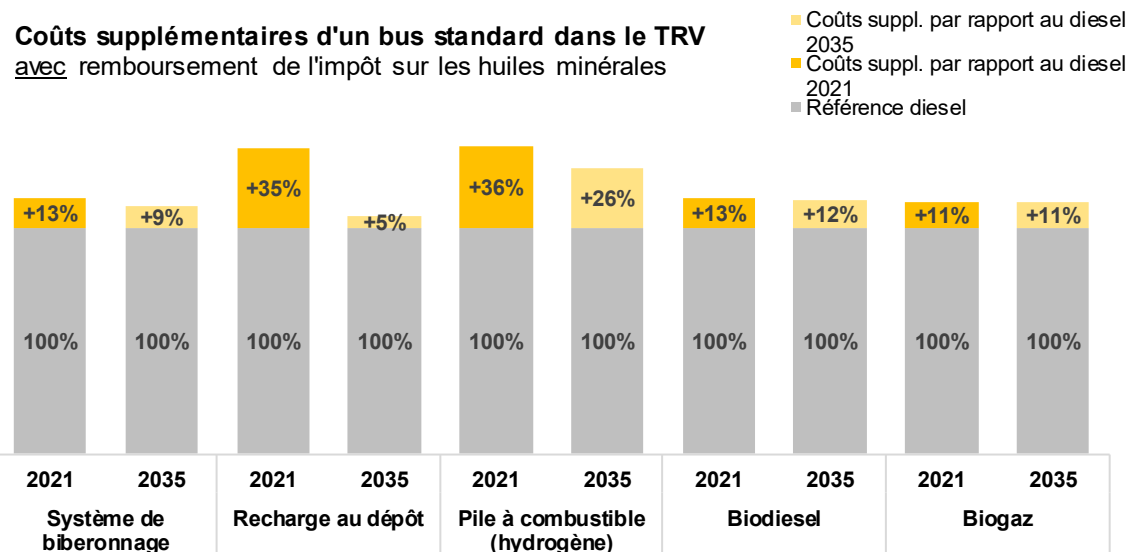


Figure 18: Coûts supplémentaires dans le trafic régional de voyageurs sur le Plateau en comparaison avec le bus diesel Euro 6 (prise en compte des coûts complets) avec remboursement de l'impôt sur les huiles minérales. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

À court terme, les options de propulsion utilisant une énergie non fossile les plus avantageuses dans le trafic régional de voyageurs sont les bus alimentés par des biocarburants et les bus à batterie rechargés par un système de biberonnage statique pendant le trajet, pour autant qu'il ne soit pas nécessaire d'ajouter des rotations supplémentaires de véhicules. Les coûts supplémentaires de ces bus par rapport aux bus diesel se situent entre 10 et 15%.

À long terme, à l'horizon 2035, les coûts supplémentaires de toutes les options de propulsion alternatives sont de même ordre. Les bus rechargés au dépôt constituent en particulier une option valable (+ 5%) pour autant qu'ils disposent d'une autonomie suffisante et qu'il ne soit pas nécessaire d'ajouter des véhicules supplémentaires. Dans des conditions d'utilisation favorables, les coûts supplémentaires des bus à batterie passent en dessous de 10% et obtiennent ainsi un meilleur résultat que les options avec biocarburants. En ce qui concerne la suppression du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales (Figure 19), les constats sont les mêmes que dans le cas du trafic local; toutefois, cette suppression n'intervient que le 1^{er} janvier 2030 dans le TRV (chap. 3.4.2). Là aussi, le bus rechargé du dépôt atteint le même niveau de coûts que la référence diesel.

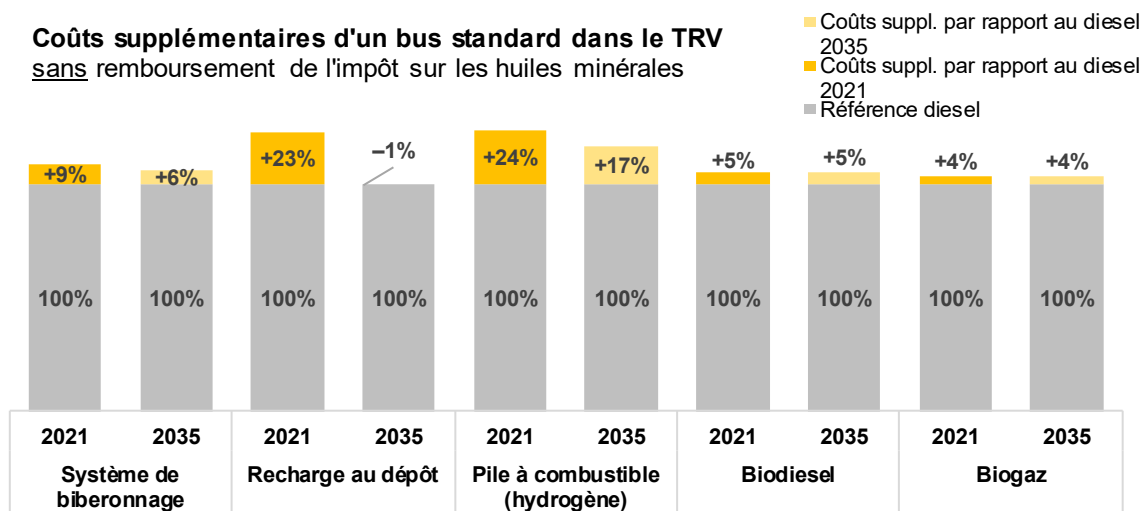


Figure 19: Coûts supplémentaires dans le trafic régional de voyageurs sur le Plateau en comparaison avec le bus diesel Euro 6 (prise en compte des coûts complets) sans remboursement de l'impôt sur les huiles minérales. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

3.4.4 Trafic régional de voyageurs dans les régions de montagne

À court terme, les options de propulsion utilisant une énergie non fossile les plus avantageuses dans le trafic régional de voyageurs desservant les régions de montagne sont les bus alimentés par des biocarburants et les bus à batterie rechargés par un système de biberonnage statique pendant le trajet, pour autant qu'il ne soit pas nécessaire d'ajouter des rotations supplémentaires de véhicules. Les coûts supplémentaires de ces bus par rapport aux bus diesel se situent entre 10 et 15%.

À long terme, à l'horizon 2035, les coûts supplémentaires des options les plus avantageuses restent également dans le même ordre de grandeur. Les bus rechargés au dépôt constituent également une option valable, pour autant qu'ils disposent d'une autonomie suffisante et qu'il ne soit pas nécessaire d'ajouter des véhicules supplémentaires. Dans des conditions d'utilisation favorables, les coûts supplémentaires des bus à batterie passent même en dessous de 10%, ce qui fait que ces bus deviennent plus avantageux que ceux alimentés par des biocarburants.

En ce qui concerne la suppression du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales, les constats sont les mêmes que dans le cas du trafic local; toutefois, cette suppression n'intervient que le 1^{er} janvier 2030 dans le TRV (chap. 3.4.2).

3.5 Coûts d'évitement

Si on rapporte les coûts supplémentaires des technologies de propulsion utilisant une énergie non fossile uniquement au volume de la réduction des émissions de CO₂, on obtient les coûts d'évitement décrits ci-après. Il convient toutefois de noter que le passage à des options sans énergie fossile contribue à la réduction d'autres coûts externes dans les domaines du bruit et des polluants atmosphériques.

En présence des conditions-cadres actuelles, qui prévoient le remboursement de l'impôt sur les huiles minérales dans les transports publics, les options de propulsion utilisant une énergie non fossile les plus avantageuses **à court terme** présentent des coûts de réduction de l'ordre de 500 francs suisses par tonne d'équivalents CO₂. Cela vaut pour le bus alimenté par biodiesel, le bus à batterie utilisant un système de biberonnage statique (pour autant qu'il ne soit pas nécessaire d'ajouter des rotations supplémentaires de véhicules) et le bus à recharge combinée (si les conditions-cadres sont adéquates).

Des coûts de réduction de l'ordre de 500 francs suisses par tonne d'équivalents CO₂ sont également envisageables à court terme dans le cas des trolleybus à batterie, pour autant que cela ne nécessite pas ou que peu de nouvelles lignes aériennes de contact. À titre de comparaison, le programme d'encouragement pour les bus électriques ou hybrides lancé par «myclimate» dans le cadre de l'obligation faite aux importateurs de carburants de compenser les émissions de CO₂ se base sur une contribution de soutien actuelle de 112 francs par tonne d'équivalents CO₂¹³. À partir de 2021, la contribution pour les bus électriques augmente considérablement et passe à 200 francs par tonne d'équivalents CO₂. Dans d'autres secteurs, tel que le bâtiment, les coûts d'évitement pour les mesures isolées sont estimés à environ 140 francs suisses par tonne d'équivalents CO₂¹⁴.

À long terme, à l'horizon 2035, les bus rechargés au dépôt utilisés dans des contextes où une autonomie d'environ 350 km par chargement est suffisante et les bus à biberonnage utilisés dans des conditions idéales permettent de diminuer les coûts d'évitement à moins de 200 francs suisses par tonne d'équivalents CO₂ (ce qui est nettement inférieur au biodiesel). Compte tenu de la suppression prévue du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales, les coûts des bus à batterie descendront au même niveau que ceux des bus diesel à l'horizon 2035. Quant aux coûts d'évitement, ils se situeront aux alentours de zéro (Figure 20).

¹³ Obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO₂ / Fondation KliK.

¹⁴ Ecoplan 2012.

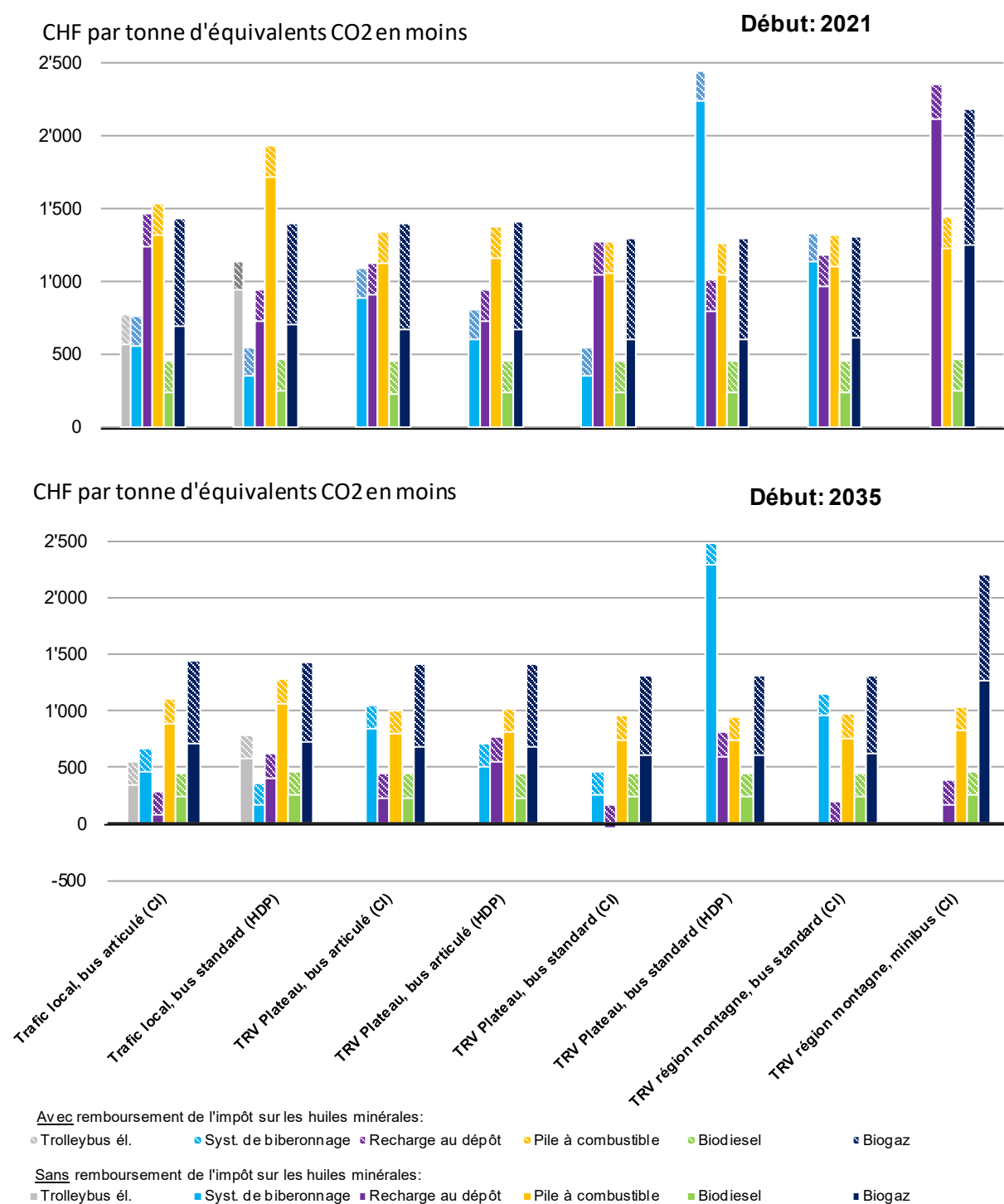


Figure 20: Coûts de réduction par tonne d'équivalents CO₂ à court ou à long terme, avec ou sans remboursement de l'impôt sur les huiles minérales (CI: cadence intégrale; HDP: horaire cadencé avec renforcements aux heures de pointe). Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

3.6 Autres critères

Outre les potentiels de réduction et les coûts supplémentaires examinés, il convient de prendre en considération d'autres critères, liés en particulier aux aspects opérationnels, à la planification de l'offre ainsi qu'à l'espace urbain, au confort des passagers et à la procédure d'approbation. Le Tableau 6 présente les résultats de l'évaluation qualitative des différentes options de propulsion.

Tableau 6: Évaluation qualitative d'autres critères. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

	Évaluation qualitative en comparaison avec le bus diesel					
	Trolleybus à batterie	Bus à bibe-ronnage	Bus re-chargé au dépôt	Bus à pile à combustible	Bus biodiesel	Bus à biogaz
Exploitation/offre						
Flexibilité véhicule – flotte			*			
Interventions en cas de pannes						
Déploiement du personnel/planification du service						
Planification de l'offre/flexibilité			*			
Service 24h/24						
Utilisation de bus à double articulation						
Aménagement des garages/ateliers						
Espace urbain						
Confort des passagers						
Procédures de mise en œuvre/d'approbation						
Légende	Plus mauvais que le diesel	Légèrement plus mauvais que le diesel	Comparable au diesel	Légèrement meilleur que le diesel	Meilleur que le diesel	

* Si l'autonomie est suffisante

3.7 Analyse globale des coûts et des avantages

L'analyse globale des coûts et des avantages tient également compte des potentiels de réduction écologiques, des coûts supplémentaires et d'autres critères qualitatifs.

Figure 21 présente le résultat de l'analyse des conséquences sous forme de profils d'évaluation des options de propulsion utilisant une énergie non fossile qui ont été examinées en tant qu'alternatives au bus diesel.

D'un **point de vue écologique**, les bus à batterie présentent des avantages évidents tant sur le plan des émissions de gaz à effet de serre et du besoin en énergie primaire que sur le plan des émissions locales de polluants atmosphériques et des nuisances sonores dans les quartiers. En ce qui concerne les émissions, les effets positifs sur la pollution locale se situent au même niveau dans le trafic local et le trafic régional de voyageurs. Quant aux immissions et à leur impact, les effets sont plus importants dans le trafic local, car le nombre de personnes bénéficiant de la réduction de la pollution est plus élevé en raison de la densité des zones résidentielles.

En comparaison avec les bus diesel, les bus électriques, en particulier les bus rechargés au dépôt munis de batteries de grande taille, contiennent potentiellement davantage de **matériaux critiques**, dont les plus importants sont le lithium, le cobalt, le graphite et les terres rares. Les trois premiers entrent surtout dans la composition des batteries et les terres rares dans celle des moteurs électriques. Les procédés de recyclage connus à ce jour permettent de récupérer presque l'intégralité de ces matériaux. Étant donné la valeur des matériaux contenus dans les batteries, on peut partir du principe que les batteries de bus feront effectivement l'objet d'un recyclage à la fin de leur vie.

L'application de la méthode «cut-off» en ce qui concerne les limites au système des produits de recyclage et de déchets permet de montrer que les **biocarburants** présentent un besoin en énergie primaire inférieur à toutes les autres options. Toutefois, leur potentiel en matière de réduction des gaz à effet de serre (biogaz) est moindre que celui des bus électriques et, comparés aux bus diesel, ils n'apportent pas d'améliorations déterminantes au niveau des émissions locales de polluants atmosphériques et des nuisances sonores (biogaz et biodiesel).

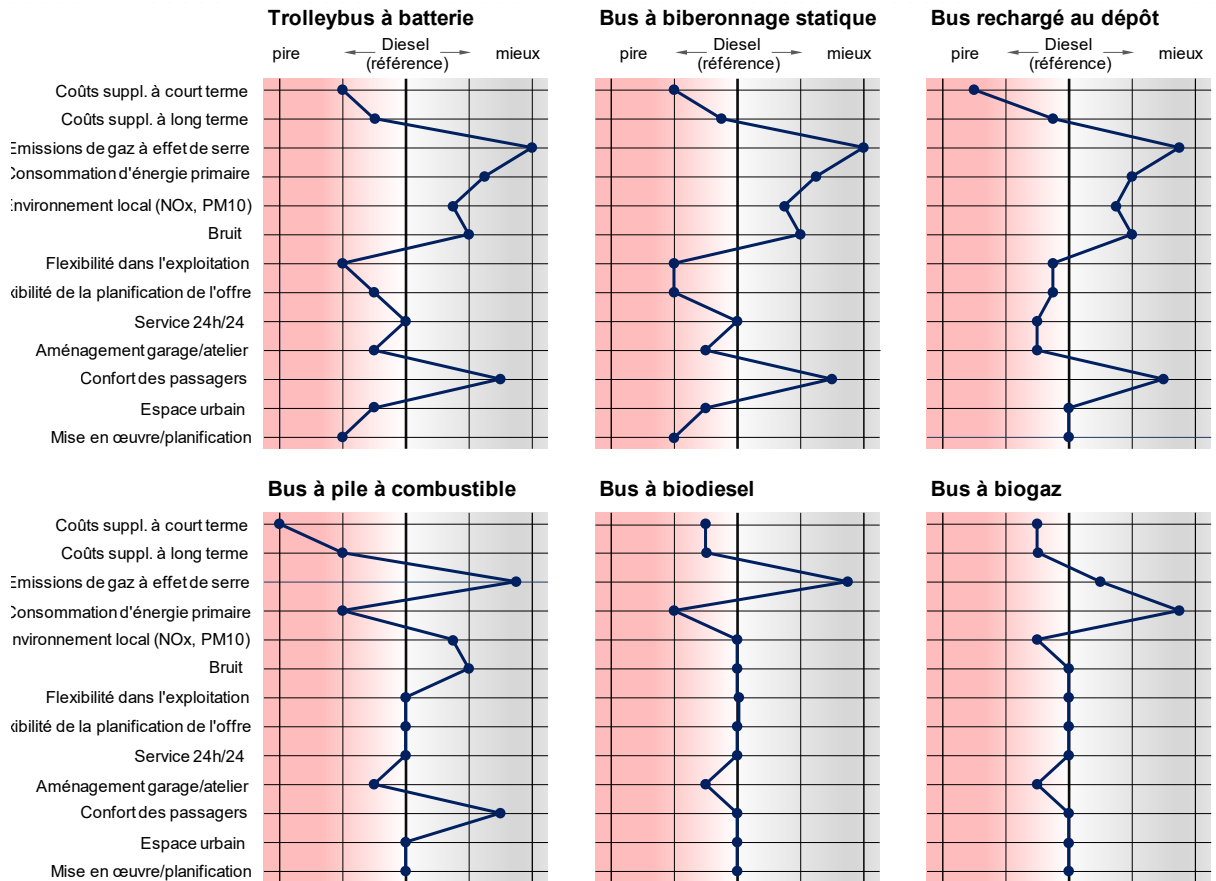


Figure 21: Profils d'évaluation des options de propulsion utilisant une énergie non fossile ayant fait l'objet de l'analyse. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

Les **bus à pile à combustible** obtiennent pratiquement les mêmes résultats sur le plan des émissions de gaz à effet de serre et des émissions locales de polluants atmosphériques que les bus à batterie, mais leur efficacité énergétique est faible en raison de leur besoin en énergie primaire très important dû aux pertes générées par les processus de transformation (tels que la production d'hydrogène, puis la transformation de l'hydrogène en électricité dans la pile à combustible).

À court terme, les bus à batterie restent comparativement **onéreux** et présentent encore un potentiel limité quant à une utilisation adéquate. Selon les conditions d'utilisation, ils peuvent toutefois devenir l'option la plus avantageuse sur le long terme. La suppression prévue du **remboursement de l'impôt sur les huiles minérales** aura une influence particulièrement bénéfique sur le coût des bus à batterie.

Les biocarburants représentent l'alternative la plus avantageuse à court terme. La question est toutefois de savoir s'il faut passer à ces options en attendant que les bus à batterie déploient pleinement leurs avantages. Cela impliquerait la construction de stations-services au biodiesel ou au biogaz, l'aménagement des ateliers et la formation du personnel. La disponibilité limitée des biocarburants produits en Suisse constitue également un problème dans ce domaine. Le biodiesel suisse obtenu à partir d'huile comestible usagée ne suffirait sans doute pas à alimenter l'ensemble des bus des transports publics et serait au mieux une option pour certaines lignes. Dans ce contexte, la question est de savoir s'il faut privilégier l'utilisation de ces biocarburants dans les domaines où les alternatives pour réduire les émissions de gaz à effet de serre font encore défaut, à savoir les poids lourds effectuant de longues distances, les navires de haute mer, le trafic aérien ou l'agriculture.

L'analyse globale des coûts et des avantages montre que **les bus à batterie peuvent constituer, déjà aujourd'hui, une alternative sans énergie fossile pertinente aux bus diesel**, mais qui reste tributaire de conditions-cadres opérationnelles et financières spécifiques.

À long terme, le potentiel d'utilisation adéquate s'élargira considérablement en raison des développements prévisibles dans le domaine des bus à batterie tant au niveau technique qu'au niveau des coûts. Les coûts d'évitement des émissions de CO₂ liés aux bus électriques passeront alors largement en dessous de 200 francs suisses par tonne de CO₂. Avec la suppression du **remboursement de l'impôt sur les huiles minérales**, ils tendront même à disparaître en cas d'utilisation de ces bus dans des conditions idéales. En ce qui concerne les coûts d'évitement des émissions de CO₂ encore élevés actuellement, il convient de noter que, contrairement aux bus alimentés par des biocarburants, les bus électriques contribuent à la réduction d'autres coûts externes dans les domaines des nuisances sonores et des polluants atmosphériques. Les coûts supplémentaires ne doivent donc pas être considérés uniquement dans la perspective de la réduction des émissions de CO₂. Enfin, ce sont les conditions spécifiques liées à l'environnement et à l'utilisation qui déterminent pour chaque ligne ou réseau le type de bus à batterie – trolleybus à batterie, bus rechargé au dépôt, bus à biberonnage statique, voire bus à pile à combustible – à privilégier dans les cas concrets.

4 Conditions-cadres réglementaires et possibilités d'encouragement

4.1 Conditions-cadres et possibilités d'encouragement existantes

4.1.1 Vue d'ensemble

Dans le cadre du financement ordinaire des transports publics, la Confédération et les cantons soutiennent le trafic régional de voyageurs, tandis que le trafic local est financé conjointement par les cantons et les communes.

Tableau 7: Financement des transports publics¹⁵ par les pouvoirs publics. Source: Litra 2019.

Segment de marché	Collectivité	Moyens financiers (mio CHF)		Part (en %)
Trafic régional	Confédération	969	969	26%
	Cantons	977		
Trafic local			1'940	51%
	Cantons	963		
	Communes	855	855	23%

Aujourd'hui, les programmes d'encouragement proposés par les cantons et les communes se concentrent principalement sur le soutien d'une infrastructure de recharge. Les lignes déjà desservies par des bus électriques ont pour la plupart bénéficié de fonds d'encouragement cantonaux ou municipaux ainsi que de fonds octroyés par le programme de «myclimate» pour les bus électriques ou hybrides dans le cadre de l'instrument de l'obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO₂.

4.1.2 Mesures d'encouragement nationales existantes

Les différentes mesures d'encouragement nationales déjà en vigueur et le financement ordinaire des transports publics couvrent toutes les phases de l'introduction des nouvelles technologies (Figure 22). Les mesures cantonales et communales venant s'ajouter au financement ordinaire sont plutôt exceptionnelles.

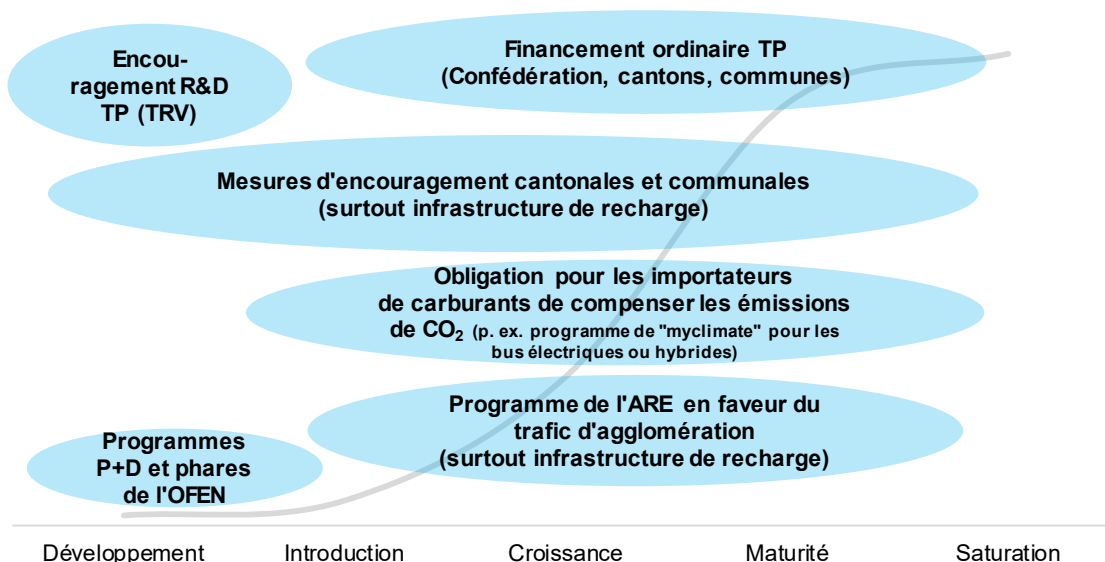


Figure 22: Classification des possibilités de financement. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

¹⁵ Le tableau présente uniquement la part qui concerne le trafic et ne porte pas sur l'infrastructure. Étant donné que des lignes de chemin de fer sont également financées dans le cadre du TRV, il manque le financement de l'infrastructure ferroviaire par les fonds fédéraux.

Le programme de compensation de «myclimate» pour les bus électriques ou hybrides devrait jouer un rôle significatif jusqu'à la pénétration sur le marché de ces catégories de bus. Une fois cette phase achevée, le critère du manque de rentabilité prévu par la loi ne sera plus rempli et il ne sera plus possible de faire valoir des réductions d'émission et de demander les attestations correspondantes.

Dans les possibilités de financement et les mesures d'encouragement en place, les compétences, le volume de l'encouragement et le champ d'application varient (Tableau 8). Les procédures sont également soumises à des lois différentes. Le financement ordinaire des transports publics et le programme en faveur du trafic d'agglomération (PTA) sont des procédures qui se déroulent régulièrement et qui sont généralement relancées tous les deux ou quatre ans. Le financement ordinaire des transports publics implique les trois niveaux des collectivités, sachant que les cantons y jouent un rôle central. D'autres mesures d'encouragement cantonales ou communales n'existent que dans des cas particuliers.

Tableau 8: Vue d'ensemble du financement des transports publics et des mesures d'encouragement existants.

Possibilité de financement/d'encouragement	Compétence	Véhicules		Infrastructure de recharge		Segment de marché		
		Inv./am.	CE	Inv./am.	CE	TL	TRV	TGL
Financement ordinaire TP (Confédération, cantons, communes)	Confédération, cantons, communes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
R&D et innovations dans les TP via le crédit TRV (dès 2020)	Confédération (OFT)	✓		✓		(✓)***	✓	(✓)***
Programme P+D et programme de projets phares	Confédération (OFEN)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Programme en faveur du trafic d'agglomération (PTA)*	Confédération (ARE)	(✓)		✓		✓	(✓)	
Obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO ₂ , programme de «myclimate» pour les bus électriques ou hybrides	«myclimate» / KliK Confédération (OFEV/OFEN)	✓				✓	✓	✓
Programme d'encouragement cantonal infrastructure de recharge (p. ex. Berne)	Canton			✓		✓	✓	
Encouragement communal infrastructure de recharge (p. ex. fonds écologique/ewb)	Commune			✓		✓	(✓)	
Encouragement communal véhicule + infrastructure de recharge (p. ex. fonds économie d'électricité/ewb)	Commune	✓		✓		✓	(✓)	

Légende: ✓ oui / (✓) possible à certaines conditions

Inv.: investissements; am.: amortissement; CE: coûts d'exploitation; TL: trafic local; TRV: trafic régional de voyageurs; TGL: trafic grandes lignes

* Possibilité de cofinancement des coûts supplémentaires engendrés par l'acquisition de véhicules (surtout véhicules électriques rechargés au dépôt ou via un système de biberonnage) pour autant que ceux-ci permettent de réaliser des économies au niveau des coûts d'infrastructure des lignes aériennes de contact pour trolleybus (art. 17a, al. 2^{bis}, LUMIn).

** Désormais également pour les trolleybus hybrides

*** R&D (recherche et développement)

Les mesures d'encouragement qui viennent s'ajouter au financement ordinaire sont axées principalement sur les véhicules à propulsion électrique (Tableau 9). Aujourd'hui, les bus à biodiesel ou à biogaz sont financés en particulier dans le cadre de la commande des transports publics. Les nouvelles solutions et innovations relevant de la recherche et du développement, les innovations dans le domaine des transports publics (Office fédéral des transports, OFT), le programme de projets pilote et de démonstration et le programme de projets phares (Office fédéral de l'énergie, OFEN) ne sont pas pertinents en ce qui concerne la pénétration sur le marché. Le programme en faveur du trafic d'agglomération (Office

fédéral du développement territorial, ARE) finance principalement des mesures portant sur l'infrastructure et ne soutient l'acquisition de véhicules que dans des cas particuliers.

Le programme de compensation pour les bus électriques ou hybrides est actuellement le seul programme au niveau national qui vient compléter le financement des transports publics en soutenant les technologies de propulsion n'utilisant pas ou que peu d'énergie fossile par un financement partiel des coûts supplémentaires, sachant que le principe de l'additionnalité¹⁶ doit être respecté et que l'entreprise de transports publics ne peut pas se faire imputer la réduction des émissions de CO₂ en cas de cession de celle-ci aux importateurs de carburants soumis à l'obligation de compenser.

Le Tableau 10 présente un résumé des points forts et des points faibles des financements et des possibilités d'encouragement existants.

Tableau 9: Financement et possibilités d'encouragement des véhicules et des technologies de propulsion.

	Bus rechargé au dépôt	Bus à bibe-ronnage	Trolleybus à batterie	Bus à pile à combustible	Bus biodiesel	Bus à biogaz
Financement ordinaire TP	✓	✓	✓	✓	✓	✓
R&D et innovations dans les TP via le crédit TRV (dès 2020)*	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)
Programme P+D et programme de projets phares*	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)
Programme en faveur du trafic d'agglomération (PTA)**	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO ₂ , programme de «myclimate» pour les bus électriques ou hybrides	✓	✓	✓			
Encouragement communal véhicule + infrastructure de recharge (p. ex. fonds économie d'électricité/ewb)	✓	✓	✓	✓		

* Aucune technologie de propulsion n'est exclue, mais les possibilités de financement ont perdu de leur importance (absence de caractère innovant de nouveaux investissements).

** Possibilité de cofinancement des lignes aériennes de contact, des stations de recharge et des coûts supplémentaires en lien avec l'acquisition de véhicules spéciaux, pour autant que ces dépenses permettent de réaliser des économies au niveau des coûts d'infrastructure (art. 17a, al. 2^{bis}, LUMin).

¹⁶ Le principe de l'additionnalité est l'exigence centrale posée aux projets et aux programmes visant à réduire les émissions en Suisse. Dans ce contexte, on ne délivre des attestations de réduction des émissions de CO₂ que pour les réductions obtenues dans le cadre de projets et de programmes qui n'auraient pas été réalisés sans le produit de la vente des attestations. C'est notamment le cas lorsque le projet ou le programme n'est rentable que grâce à la vente des attestations et prévoit des mesures allant au-delà de l'évolution de référence.

Tableau 10: Points forts et points faibles des financements et des possibilités d'encouragement existants.

Possibilités	Points forts	Points faibles
Financement ordinaire des transports publics	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Possibilité d'indemnisation des coûts supplémentaires annuels des véhicules et en règle générale de l'infrastructure de recharge (Confédération et presque tous les cantons) ▪ Processus continu (garantie de services de base) ▪ Possibilité de crédits d'investissement supplémentaires (mais pas de la part de la Confédération) et d'un cautionnement des investissements dans le trafic régional de voyageurs par la Confédération ▪ Interfaces avec les stratégies des propriétaires (p. ex. Bâle-Ville) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lié au processus budgétaire (annuel), généralement garanti pour deux ans; crédit d'engagement de la Confédération et certains crédits cantonaux: tous les quatre ans ▪ Repose généralement sur le dernier budget annuel, rendement financier incertain (concurrence des moyens financiers et priorité au maintien de l'offre en place) ▪ Pas de prise en compte des objectifs environnementaux dans le trafic régional de voyageurs (système de gestion de la qualité); possible en revanche lors des commandes visées à l'art. 31a de la loi du 20 mars 2009 sur le transport de voyageurs (LTV)¹⁷ ▪ Conditions-cadres différentes s'appliquant au trafic régional de voyageurs, au trafic local et entre les cantons ▪ Disponibilité très variable des moyens financiers au niveau de la Confédération, des cantons et des communes
R&D et innovations dans le domaine des transports publics via le crédit alloué au TRV (dès 2022)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Développement, essais pilotes, etc. de technologies novatrices pour l'ensemble des transports publics ▪ Encouragement supplémentaire des innovations dans le trafic régional de voyageurs ▪ Interfaces avec le financement ordinaire des transports publics (TRV) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limitation des solutions novatrices (pas d'exploitation pilote/pas de lancement sur le marché), d'où l'absence de pertinence ▪ Inconvénients si seul le transport régional de voyageurs en profite ▪ Rendement financier (5 millions de francs suisses par an) incertain (p. ex. charges supplémentaires)
Programme de projets pilote et de démonstration, programme de projets phares	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Possibilité d'encouragement supplémentaire des véhicules et de l'infrastructure de recharge (acquisition et exploitation) dans le trafic de grandes lignes, le trafic régional et le trafic local ▪ Soutien à la constitution du réseau 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Concentration sur l'expérimentation et la démonstration d'innovations (pas de lancement sur le marché), perte de pertinence ▪ Interfaces supplémentaires au financement ordinaire des transports publics
Programme en faveur du trafic d'agglomération (PTA)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cofinancement complémentaire du trafic d'agglomération ▪ Cofinancement de mesures portant sur l'infrastructure de transport (lignes aériennes de contact des trolleybus, stations de recharge aux arrêts ou au dépôt avec les installations électriques nécessaires) si un concept global est disponible ▪ Cofinancement des coûts supplémentaires du matériel roulant (y c. véhicules routiers) s'il est possible de réaliser des économies considérables au niveau des coûts d'infrastructure (en particulier les coûts supplémentaires des nouvelles générations de bus électriques qui peuvent rouler sans lignes aériennes de contact) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pas d'encouragement général du remplacement des bus diesel par des bus efficaces utilisant une énergie non fossile (cofinancement dans des cas exceptionnels) ▪ Processus proportionnellement plus long

¹⁷ RS 745.1

Possibilités	Points forts	Points faibles
Obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO₂, programme de «myclimate» pour les bus électriques ou hybrides	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Encouragement de l'acquisition de bus électriques ou hybrides, et désormais également de trolleybus hybrides, au lieu de bus diesel (que ce soit dans le trafic local, régional ou grandes lignes) ▪ Possibilité de financement préalable au moment de l'investissement ▪ Pas de fonds publics, donc pas lié au processus budgétaire (processus politique), simple procédure d'inscription ▪ En principe pas de limitation du nombre de bus soutenus ▪ L'instrument est ouvert à d'autres programmes 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La contribution par tonne de CO₂ ne se base pas sur les coûts supplémentaires (résultat de négociations «myclimate» /KliK) ▪ Le programme est surtout intéressant pour les participants qui sont prêts à payer des prix élevés pour le remplacement de la flotte ▪ Pas de prise en compte possible de la compensation des émissions de CO₂ par les entreprises de transport concessionnaires ▪ Pas d'encouragement de l'infrastructure de recharge
Programme d'encouragement Énergie - Infrastructure de recharge (p. ex. Berne)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moyens en plus du financement ordinaire des transports publics en faveur de l'infrastructure de recharge dans le trafic local et régional ▪ Basé sur les coûts d'investissement imputables 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limité à l'infrastructure de recharge, pas d'encouragement d'autres mesures de construction portant sur l'installation ou le raccordement électrique ▪ Pas de prise en compte de la compensation des émissions de CO₂ par les entreprises de transport concessionnaires ou de cession à une autre organisation
Encouragement communal de l'infrastructure de recharge (p. ex. fonds écologique/ewb)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moyens en plus du financement ordinaire de l'infrastructure de recharge des transports publics, en particulier dans le trafic local (fonds écologique) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limité aux coûts d'investissement et sur le plan local ▪ Rendement financier incertain ▪ Pas de financement des véhicules
Encouragement communal des véhicules et de l'infrastructure de recharge (p. ex. fonds économie d'électricité/ewz)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moyens en plus du financement ordinaire des transports publics, en particulier dans le trafic local (fonds économie d'électricité) ▪ Infrastructure de recharge et véhicules ▪ Basé sur les coûts d'investissement imputables 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limité aux coûts d'investissement et sur le plan local

Étant donné que les transports publics sont commandés et financés par les pouvoirs publics¹⁸, on peut se demander s'il est nécessaire d'adopter des mesures d'encouragement supplémentaires ou s'il est possible d'encourager le passage à des véhicules efficaces utilisant une énergie non fossile dans les transports publics au niveau du processus de commande et des objectifs stratégiques des entreprises publiques. Dans ce contexte, les cantons jouent un rôle important, car ils coordonnent les commandes dans le domaine du trafic régional de voyageurs et participent souvent au financement du trafic local. Les stratégies et les concepts cantonaux en faveur de transports publics efficaces utilisant une énergie non fossile sont à même de favoriser la pénétration des technologies, mais doivent être accompagnés des moyens financiers correspondants mis à disposition par la Confédération, les cantons et les communes.

¹⁸ À l'exception du trafic grandes lignes et des offres touristiques, qui ne font pas forcément l'objet d'une commande et d'une indemnisation.

Le processus de commande et le système de mesure de la qualité du transport régional de voyageurs ne tiennent aujourd'hui pas compte d'objectifs environnementaux. Il est prévu d'introduire un système national d'étalonnage des performances (*benchmarking*) pour l'ensemble des commandes concernant les transports publics (réforme TRV). Un tel système permettrait de définir des objectifs environnementaux et de mettre en place le monitoring et l'évaluation correspondants. Ceux-ci simplifieraient la justification des éventuels coûts supplémentaires intervenant au niveau de la commande et de l'acquisition. Il faut toutefois veiller à maintenir l'équilibre avec les projets menés dans le cadre de l'obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO₂. Si le commanditaire émet des exigences concernant les normes environnementales des bus à acquérir, la preuve de l'additionnalité peut s'avérer difficile à apporter.

4.1.3 Mesures d'encouragement cantonales et mesures dans différentes communes

Les conditions-cadres, le financement et les possibilités d'encouragement varient selon les cantons (Tableau 11). Parmi ces derniers, environ un tiers suit actuellement une stratégie visant la mise en place de transports publics efficaces et utilisant une énergie non fossile et deux tiers sont en train de préparer une telle stratégie. Dans presque tous les cantons, le financement ordinaire des transports publics permet, ou a déjà permis, de payer les coûts supplémentaires de bus efficaces utilisant une énergie non fossile.

Les exemples suivants illustrent des cas où diverses mesures nationales ont joué un rôle dans l'acquisition et l'encouragement de bus fonctionnant sans énergie fossile:

- obligation de compensation des émissions de CO₂ pour les importateurs de carburants, programme de «myclimate» pour les bus électriques ou hybrides;
- projet d'agglomération en faveur de l'infrastructure (principalement lignes aériennes de contact pour les trolleybus, mais également stations de recharge, etc.);
- programme de projets pilotes et de démonstration et programme de projets phares, par exemple en faveur de Genève (Transports publics genevois, tpg) et de Zurich (Verkehrsbetriebe Zürich, VBZ).

Le canton de Berne propose des mesures d'encouragement en complément au financement ordinaire des transports publics. Son programme d'encouragement permet de cofinancer l'infrastructure de recharge pour les transports publics. La réduction des émissions de CO₂ est imputée au canton de Berne.

Certaines communes sont disposées à compléter le financement ordinaire par un encouragement portant principalement sur l'infrastructure de recharge. On peut citer l'exemple de *Elektrizitätswerk der Stadt Zürich* (communes à Zurich et dans les Grisons), qui propose un programme d'encouragement visant à financer les véhicules et l'infrastructure de recharge, ainsi que celui de *Energie Wasser Bern* (ville de Berne), dont le programme encourage les stations de recharge.

Les fonds provenant de mesures d'encouragement européennes sont pratiquement négligeables.

Tableau 11: Encouragements financiers en faveur des transports publics utilisant une énergie non fossile.

Canton	Stratégie ou autre	Base légale	Financement des coûts supplémentaires sur le budget des TP en principe possible	Programme d'encouragement cantonal en faveur des TP	Inv. véh. (amor.)	Coûts d'exploitation	Infras-truc-ture de re-charge
Argovie	non (en préparation)	non	oui	Non	x		X
Appenzell Rhodes-Intérieures	non	non	oui	Non	x	X	
Appenzell Rhodes-Extérieures	non	non	aucune indication	Non	aucune indication		
Berne	oui	oui	oui	oui*	x	X	X
Bâle-Campagne	oui	non	oui	Non	x	X	X
Bâle-Ville	oui	oui	oui	Non	x	X	X
Fribourg	oui	oui	oui	Non		X	X
Genève	oui	oui	oui	Non	x	X	X
Glaris	non	oui	oui	Non	x	X	aucune indication
Grisons	non	non	oui	Non	x	X	X
Jura	non	non	oui	Non	x	X	aucune indication
Lucerne	oui	non	oui	Non	x	X	X
Neuchâtel	non	non	oui	Non	x	X	aucune indication
Nidwald	non	non	oui	Non	x	X	aucune indication
Obwald	non	non	oui	Non	x	X	aucune indication
Schaffhouse	non	non	TRV: non; TL: oui	Non	(x)**	(x)**	(x)**
Soleure	non	non (en préparation)	oui	non (en préparation)	x	X	aucune indication
Saint-Gall	oui	oui	oui	Non	x	X	X
Schwyz	non	non	oui	Non	x	X	
Thurgovie	non (prévu)	non	non	Non	x		X
Tessin	non	non	oui	Non	x	X	
Uri	non	non	oui	Non	aucune indication		
Vaud	non	non	oui	Non	x	X	X
Valais	non	oui	oui	Non		X	
Zoug	non	non	oui	Non	x		X
Zurich	oui	non	oui	Non	x	X	X

TL: trafic local; TRV: trafic régional de voyageurs; inv. véh.: investissements dans les véhicules; amor.: amortissement
 * pour stations de recharge dans le trafic local; ** financement par la ville de Schaffhouse

4.1.4 Remboursement de l'impôt sur les huiles minérales pour les bus dans le trafic concessionnaire

Dans le secteur des transports, les activités relevant de la concession sont exonérées de l'impôt fédéral direct dans la mesure où elles font l'objet d'une commande et d'une indemnisation (art. 56, let. d, LIFD, RS 642.11).

L'impôt sur les huiles minérales prélevé sur les carburants utilisés par les entreprises de transport concessionnaires de la Confédération est remboursé totalement ou en partie (art. 18, al. 1^{bis}, Limpmin). Le Conseil fédéral a fixé que ce remboursement doit être différencié sur la base de motifs écologiques (art. 49 Oimpmin). L'ordonnance du Département fédéral des finances du 22 novembre 2013 sur les allègements fiscaux pour l'impôt sur les huiles minérales¹⁹ définit les détails de cette différenciation. Les entreprises de transport concessionnaires obtiennent chaque année environ 70 millions de francs suisses en moyenne à titre de remboursement de l'impôt sur les huiles minérales, dont un tiers revient à CarPostal Suisse SA²⁰.

Tableau 12: Détails du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales.

Véhicule	Remboursement
Véhicules routiers sans filtre à particules ni système équivalent	Surtaxe sur les huiles minérales (31,46 centimes par litre de diesel) ²¹
Véhicules routiers avec filtre à particules ou système équivalent et véhicules répondant aux normes EURO IV, EURO V et EEV sans filtre à particules ni système équivalent qui, selon le permis de circulation, ont été admis pour la première fois à la circulation au plus tard le 31 décembre 2007	Surtaxe sur les huiles minérales et en partie impôt sur les huiles minérales (60,05 centimes par litre de diesel) ²²

EEV: *Enhanced environmentally friendly vehicle*

Le remboursement forfaitaire de l'impôt sur les huiles minérales favorise l'achat et l'utilisation de véhicules diesel et constitue donc une mauvaise incitation par rapport à l'encouragement des véhicules respectueux de l'environnement. Dans le cadre de la révision totale de la loi sur le CO₂, le Parlement a décidé de modifier le remboursement de l'impôt sur les huiles minérales pour les entreprises de transport concessionnaires (modification de la loi sur les huiles minérales). Dès 2026, ce remboursement sera supprimé pour les véhicules de transport local et, dès 2030, pour ceux du trafic régional de voyageurs, pour autant que les conditions topographiques permettent le passage à des bus utilisant une énergie non fossile sur les lignes concernées. Les recettes supplémentaires générées pour la Confédération du fait de la suppression du remboursement seront affectées à la promotion de technologies de propulsion alternatives²³.

De manière générale, il convient de noter que la suppression du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales en vue d'éliminer cette incitation inadéquate entraînera une réduction des coûts supplémentaires des bus utilisant une énergie non fossile par rapport aux bus diesel, autrement dit ces derniers deviendront comparativement plus chers et les premiers, plus attractifs. Parallèlement, si on suppose que les tarifs (et donc les recettes) des entreprises de transport restent identiques, les indemnités des commanditaires augmenteront également. Les recettes supplémentaires visées au nouvel art. 48, al. 2^{bis} Limpmin doivent être affectées à la promotion de technologies de propulsion neutres s'agissant des émissions de CO₂ et recourant à des sources d'énergie renouvelables pour les transports publics par la route.

¹⁹ RS 641.612

²⁰ 19.3375 Interpellation CN Grossen «Remboursement de l'impôt sur les huiles minérales. Va-t-on dans la bonne direction?» (<https://www.parlament.ch/fr/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaefte?AffairId=20193375>).

²¹ Jusqu'à fin 2020: 30 centimes par litre de diesel.

²² Jusqu'à fin 2020: 58,59 centimes par litre de diesel.

²³ Loi sur le CO₂ révisée: <https://www.admin.ch/opc/fr/federal-gazette/2020/7607.pdf>

4.2 À l'étranger

Les cas de figure sélectionnés (Allemagne, France, Angleterre, Pays-Bas et Autriche) révèlent de grandes différences au niveau des mesures d'encouragement financières et des stratégies nationales en matière d'encouragement (Tableau 13). Dans le cadre d'une comparaison avec l'étranger, il convient toujours de considérer les mesures d'encouragement dans le contexte des conditions-cadres réglementaires et des responsabilités financières relatives aux transports publics, en tenant également compte des éventuelles mesures complémentaires.

Le cadre juridique européen (*Clean Vehicle Directive*)²⁴ prévoit l'encouragement des véhicules munis de propulsions alternatives au niveau des objectifs en matière de marchés publics par la fixation d'une part minimale de véhicules propres sur le total des véhicules acquis, complété par des mesures d'encouragement financières appropriées. Jusqu'à présent, la directive modifiée a été transposée dans le droit français.

En Allemagne et en Grande-Bretagne, la pénétration sur le marché des bus utilisant une énergie non fossile est largement soutenue sur le plan financier dans le cadre de programmes d'encouragement nationaux. Des taux d'encouragement très élevés, pouvant ensuite être abaissés progressivement (cf. l'exemple de l'Angleterre), sont octroyés en particulier au début pour les coûts d'investissement supplémentaires. En Allemagne, le taux d'encouragement s'élève actuellement à 40% (bus hybrides rechargeables et infrastructure de recharge), voire à 80% (bus électriques), des coûts d'investissement supplémentaires. En Angleterre, le montant de la contribution est désormais ajusté aussi bien aux coûts d'investissement supplémentaires qu'à la réduction des quantités de CO₂ émises.

Les Pays-Bas et la France appliquent des objectifs sectoriels. La pénétration sur le marché est ancrée dans la loi sous forme d'exigences minimales concernant l'acquisition de nouveaux véhicules. Des mesures d'ordre réglementaire (zones environnementales pour les bus), telles que celles introduites en France et en Grande-Bretagne, peuvent compléter l'encouragement de la pénétration sur le marché.

Tableau 13: Vue d'ensemble des cas de figure à l'étranger.

Pays	Programmes d'encouragement nationaux	Exemples	Divers
Allemagne	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Sofortprogramm Saubere Luft 2017–2020</i> ▪ <i>Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP II)</i> 	Stratégie des BVG (<i>Berliner Verkehrsbetriebe</i> – entreprise des transports publics berlinois)	Taxe sur l'électricité: réduite pour la recharge des bus électriques
France	<i>MoéBUS</i>	Bus des transports publics locaux de Paris: remplacement de l'ensemble de la flotte de 4700 bus par des bus électriques ou à biogaz (financement par des <i>green bonds</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redevance électrique: fortement réduite pour les entreprises de transports publics ▪ Introduction de zones à circulation restreinte (ZCR)
Angleterre	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Green Bus Fund</i> (2009 à 2015) ▪ <i>Low Emission Bus Scheme</i> (2015 à 2017) ▪ <i>Ultra-Low Emission Bus Scheme</i> (2018 à 2021) 	Versement de 6 pennies par kilomètre parcouru par les bus respectueux du climat (bonus)	Création de zones de bus à faibles émissions

²⁴ Directive (UE) 2019/1161 du Parlement européen et du Conseil du 20 juin 2019 modifiant la directive 2009/33/CE relative à la promotion de véhicules de transport routier propres et économes en énergie, JO L 188 du 12.7.2019, p. 116.

Pays	Programmes d'encouragement nationaux	Exemples	Divers
Pays-Bas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ MIA (<i>Environmental investment allowance</i>) et Vamil (<i>Random depreciation of environmental investments scheme</i>) ▪ Programme d'encouragement «DKTI-Verkehr 2019» 	Accord national en vue de l'acquisition de bus à faibles émissions (<i>Bestuursakkoord Zero Emissie Regionaal Openbaar Vervoer Per Bus</i>)	Soutien considérable par les programmes d'encouragement de l'UE
Autriche	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Initiative pour la protection du climat «<i>klimaaktiv mobil</i>» ▪ Programme d'encouragement «<i>Zero Emission Mobility</i>» 	Holding Graz: <i>move2zero</i>	

5 Potentiel d'utilisation en Suisse et besoin de financement

5.1 Démarche

Dans une perspective globale des coûts et des avantages écologiques, les bus à batterie figurent au premier rang en tant qu'option de propulsion utilisant une énergie non fossile pour le remplacement des bus diesel (chap. 3.7). La suite du document présente le potentiel global d'un tel remplacement, qui a été déterminé à partir de l'analyse de la situation relative des flottes de bus dans le trafic régional de voyageurs et le trafic local en Suisse. Cette analyse a permis d'estimer les potentiels en matière de réduction des émissions de CO₂ ainsi que les coûts supplémentaires actuels et futurs engendrés dans toute la Suisse et de déterminer ainsi le besoin de financement supplémentaire compte tenu des possibilités d'encouragement nationales existantes.

5.2 Scénarios (potentiel)

Les chapitres qui suivent décrivent brièvement les potentiels que renferme le passage à des technologies de propulsion utilisant une énergie non fossile à court, à moyen ou à long terme à l'aide de trois scénarios («potentiel maximal», «potentiel réaliste» et «remplacement progressif») et évaluent le besoin de financement correspondant. Les scénarios mettent en évidence des trajectoires envisageables et présentent la fourchette dans laquelle se situent les objectifs pour le remplacement des bus diesel par des bus sans énergie fossile. Le scénario «maximal» modélise le potentiel maximal et table sur le remplacement de tous les bus diesel par des bus à batterie à partir de 2023. Le scénario «potentiel réaliste» correspond à la voie ambitieuse de transition. Le scénario «remplacement progressif» se projette sur un horizon à plus long terme.

5.2.1 Nombre de bus diesel à remplacer: scénario «potentiel maximal»

Au cours des quinze prochaines années, le potentiel maximal escompté en matière de bus à batterie est d'environ 3700 véhicules dans le trafic régional (jusqu'à 400 bus par an) et 1800 véhicules dans le trafic local (100 à 200 bus par an) (Figure 23).

D'un point de vue purement technique, ce potentiel est réalisable dans son intégralité. Toutefois, comme le montre l'analyse des conséquences relative aux cas étudiés, l'exploitation des différentes options de bus à batterie reste encore souvent difficile sur les plans technique et opérationnel et les coûts sont comparativement élevés. Sur le court terme, ces options sont par conséquent jugées inadéquates pour certains champs d'application. En effet, les véhicules et les batteries sont en général beaucoup plus onéreux que les bus diesel. En outre, les bus à batterie impliqueraient la mise en service de véhicules supplémentaires pour des raisons opérationnelles liées à leur faible autonomie ou entraîneraient des coûts supplémentaires pour le personnel roulant en raison des temps de rebroussement insuffisants pour la recharge à la fin des lignes. D'un point de vue écologique, l'acquisition de bus électriques supplémentaires serait un désavantage en ce qui concerne le respect de la feuille de route, car la fabrication de ces bus, et en particulier des batteries, est très gourmande en ressources et en énergie et entraîne des émissions supplémentaires de gaz à effet de serre.

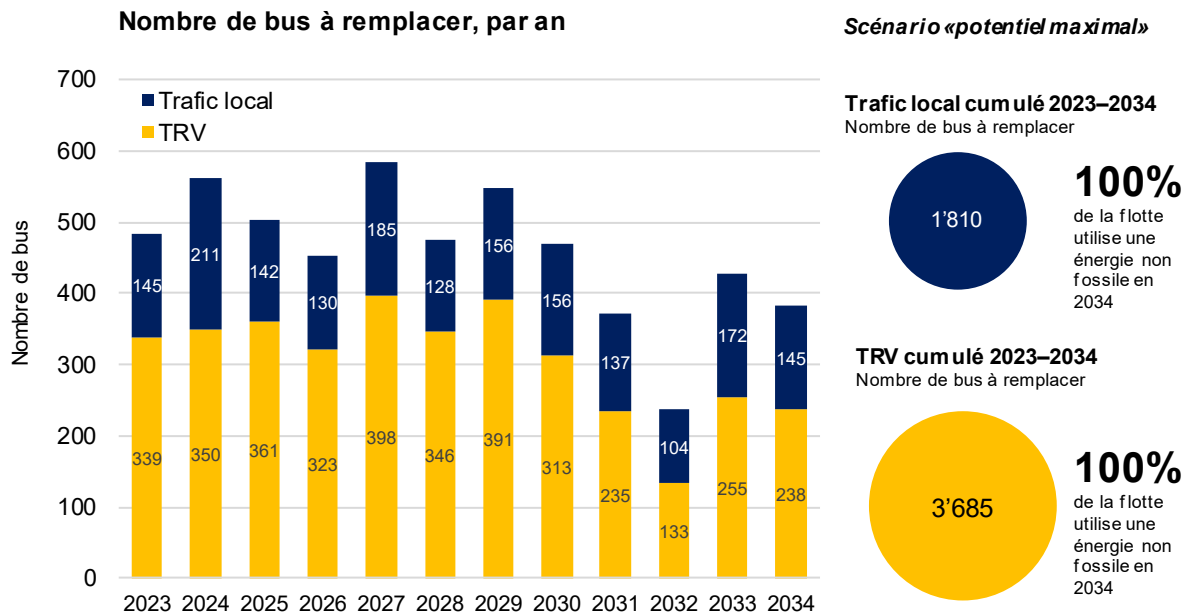


Figure 23: Potentiel maximal en matière de remplacement des bus diesel par des bus à batterie dans le trafic régional de voyageurs et le trafic local. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

5.2.2 Nombre de bus diesel à remplacer: scénario «potentiel réaliste»

Pour des considérations principalement liées aux coûts, mais également à l'environnement et aux ressources, le remplacement de tous les bus diesel par des bus à batterie lors des achats de remplacement qui interviendront au cours des années à venir ne constitue pas une solution judicieuse à court ou à moyen terme. Pour cette raison, un scénario «potentiel réaliste» a été défini pour le remplacement des bus diesel en accord avec les stratégies actuelles des entreprises de transport en matière de bus électrique. Ce scénario a été conçu différemment pour le trafic local et le trafic régional de voyageurs: on a considéré que le passage à des bus électriques sera plus rapide dans le trafic local et d'agglomération, car les lignes plus courtes, une topographie moins complexe et l'infrastructure de lignes aériennes de contact partiellement disponible offrent des conditions plus favorables. Cette démarche permet également de tenir compte du développement technologique rapide dans le domaine des batteries, qui aboutira à une baisse des coûts de celles-ci, à une augmentation de la densité énergétique et donc à une amélioration de l'autonomie des bus.

Le scénario prévoit des parts allant de 25 à 50% déjà à court terme dans le trafic local et de 10 à 30% dans le trafic régional de voyageurs. Il s'agit d'un scénario ambitieux, en particulier pour les petites entreprises de transport, qui n'ont jusqu'à présent pas vraiment abordé en profondeur la question des bus électriques. Ce scénario prévoit l'achat de bus à batterie dans le cadre de toutes les acquisitions de remplacement à partir de 2030 dans le trafic local, puis à partir de 2032 dans le trafic régional de voyageurs (Figure 24).

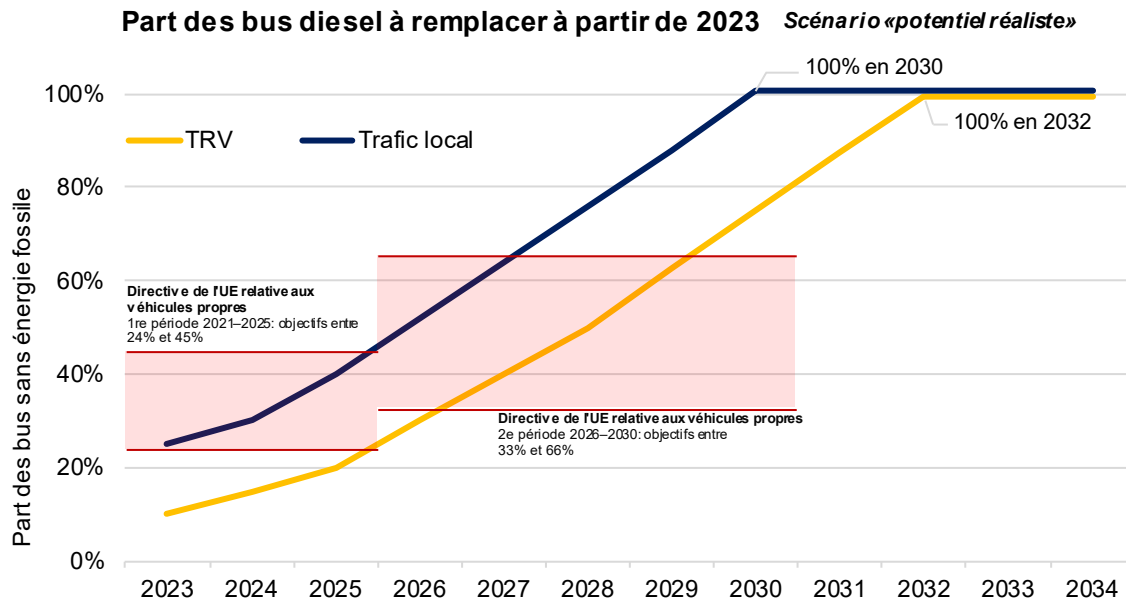


Figure 24: Part des bus utilisant une énergie non fossile par rapport au total des bus diesel à remplacer par année, dans le scénario «potentiel réaliste». Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020. Directive de l'UE relative aux véhicules propres (*Clean Vehicles Directive*): les surfaces rouges représentent la fourchette dans laquelle se situent les objectifs des États membres pour les années 2025 et 2030²⁵.

Entre 2023 et 2034, 1900 bus diesel devraient être remplacés par des bus à batterie, soit environ 50% des bus diesel, dans le trafic régional de voyageurs et 1300, soit environ 70%, dans le trafic local (Figure 25).

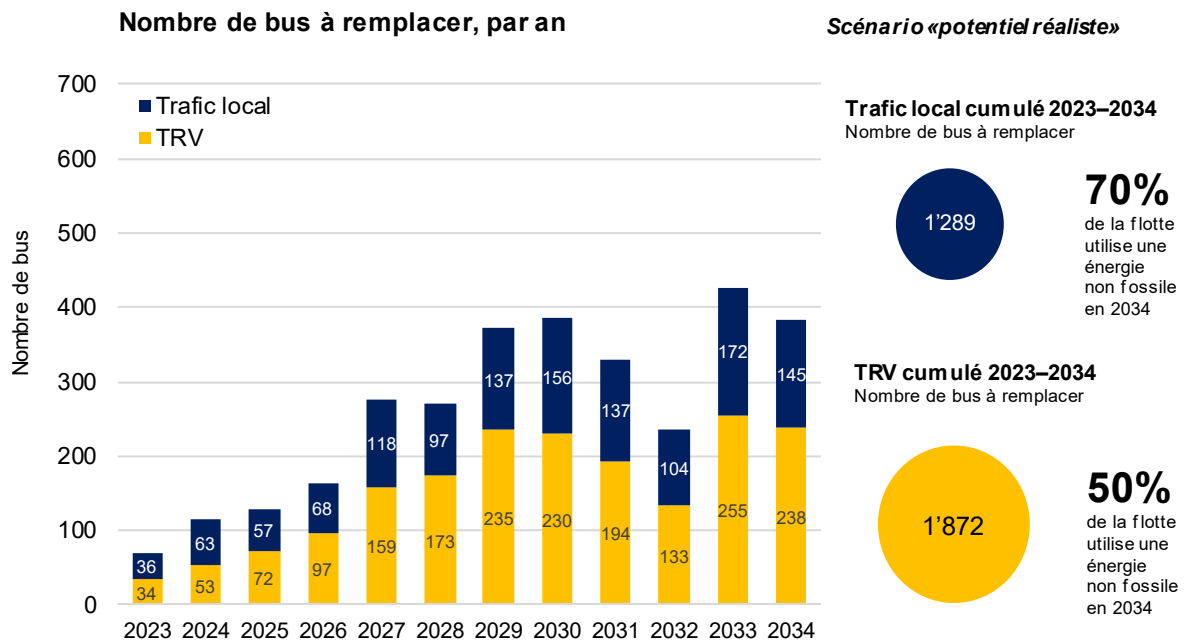


Figure 25: Potentiel réaliste en matière de remplacement des bus à batterie dans le trafic régional de voyageurs et le trafic local. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

²⁵ Source: Directive (UE) 2019/1161 du Parlement européen et du Conseil du 20 juin 2019 modifiant la directive 2009/33/CE relative à la promotion de véhicules de transport routier propres et économes en énergie, JO L 188 du 12.7.2019, p. 116 (<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/1161/oj>).

5.2.3 Nombre de bus diesel à remplacer: scénario «remplacement progressif»

Les conséquences économiques découlant de la pandémie de coronavirus placent les entreprises de transports publics ainsi que les commanditaires aux niveaux de la Confédération, des cantons et des communes devant des défis majeurs qui s'inscrivent sur le long terme. Pour cette raison, l'analyse a également porté sur un scénario qui prévoit un remplacement progressif sur une période plus longue. La Figure 26 montre la part des bus diesel à remplacer selon le scénario «remplacement progressif» (les acquisitions de bus utilisant une énergie non fossile atteignent 100% en 2035 pour le TRV et en 2037 pour le trafic local). Entre 2023 et 2034, 1500 bus diesel devraient être remplacés par des bus à batterie, soit environ 40% des bus diesel, dans le trafic régional de voyageurs et 1000, soit environ 55%, dans le trafic local (Figure 27). Globalement, les coûts supplémentaires seront moins élevés, car la période de transition plus longue permet aux entreprises et aux commanditaires de profiter de la baisse progressive des coûts d'acquisition et de système des bus.

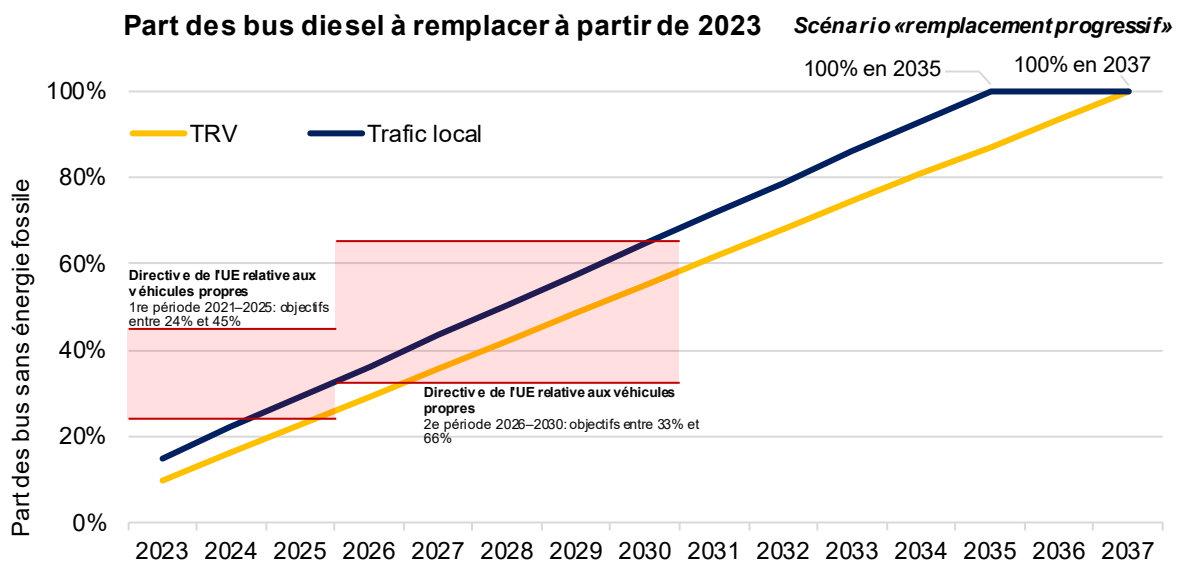


Figure 26: Part des bus utilisant une énergie non fossile par rapport au total des bus diesel à remplacer par année, dans le scénario «remplacement progressif». Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020. Directive de l'UE relative aux véhicules propres (*Clean Vehicles Directive*): les surfaces rouges représentent la fourchette dans laquelle se situent les objectifs des États membres pour les années 2025 et 2030²⁶.

²⁶ Source: Directive (UE) 2019/1161 du Parlement européen et du Conseil du 20 juin 2019 modifiant la directive 2009/33/CE relative à la promotion de véhicules de transport routier propres et économes en énergie, JO L 188 du 12.7.2019, p. 116 (<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/1161/oj>).

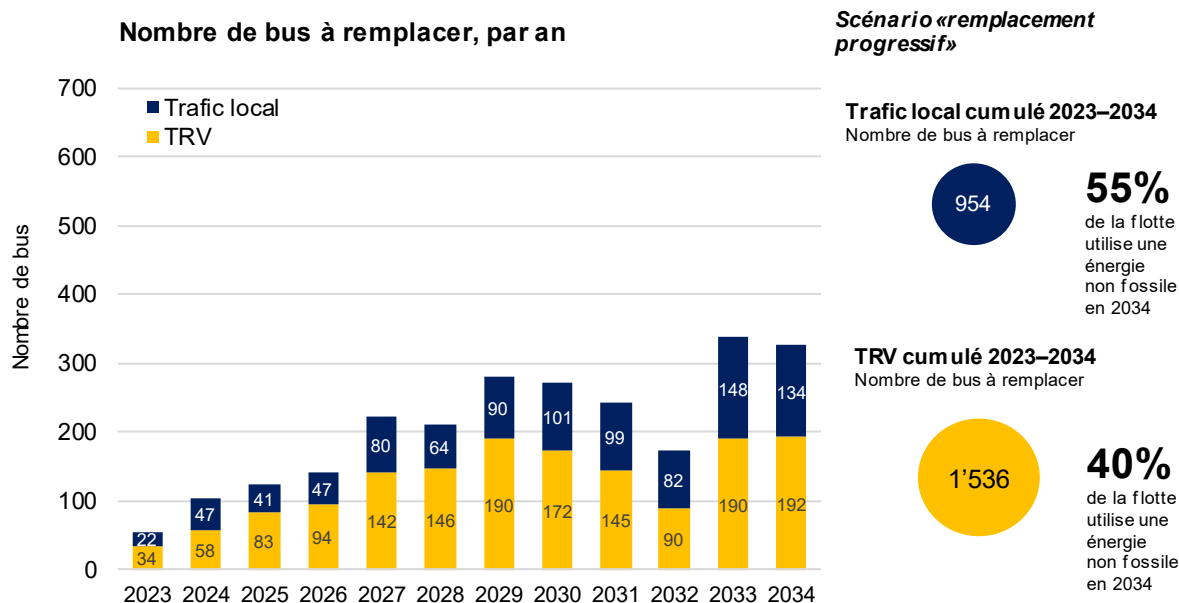


Figure 27: Potentiel en matière de remplacement des bus à batterie dans le TRV et le trafic local dans le scénario «remplacement progressif». Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

5.2.4 Coûts supplémentaires obtenus par rapport à la référence du bus diesel

Des hypothèses ont été formulées pour les différentes options de bus à batterie (trolleybus à batterie, bus rechargés par un système de biberonnage statique et bus rechargés au dépôt) concernant le nombre de bus à remplacer par option. Dans le scénario «potentiel maximal», on a pris en compte le fait que, à court ou à moyen terme, une partie des véhicules ne sera pas encore utilisée dans des conditions idéales. Le trolleybus à batterie nécessite une quantité importante de nouvelles lignes aériennes de contact, le système de biberonnage statique requiert des rotations supplémentaires de véhicules et la recharge au dépôt exige des bus supplémentaires. Le scénario «potentiel réaliste» suppose des conditions d'utilisation idéales, qui ont un impact positif sur les coûts et sur l'exploitation des ressources. Quant au scénario «remplacement progressif», il prévoit une durée qui dépasse de cinq ans celle du scénario «potentiel réaliste».

Selon le scénario «potentiel maximal», entre 2023 et 2034, les coûts supplémentaires annuels partent de 23 millions de francs suisses pour atteindre 209 millions dans le trafic régional de voyageurs, et de 22 millions de francs suisses pour atteindre 200 millions dans le trafic local. Selon le scénario «potentiel réaliste», ils passent de 1 à 55 millions dans le trafic régional de voyageurs et de 4 à 101 millions dans le trafic local (Figure 28) pendant la même période. Enfin, selon le scénario «remplacement progressif», ils progressent de 1 à 45 millions de francs suisses dans le TRV et de 3 à 73 millions dans le trafic local. Les coûts supplémentaires cumulés dans le TRV atteignent 620 millions de francs suisses environ dans le scénario «potentiel réaliste» contre 430 millions dans le scénario «remplacement progressif» et, dans le trafic local, ils passent de 300 millions de francs suisses environ à 260 millions. La suppression du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales réduit l'écart entre les coûts des propulsions alternatives et ceux des moteurs à combustion d'environ 45 à 50% dans le scénario «potentiel maximal»; cette réduction va même jusqu'à 70 à 90% dans le scénario «potentiel réaliste». À noter que les coûts de bus électriques ne baissent pas avec le renchérissement de la référence (bus diesel) et doivent être financés par des moyens supplémentaires. Les coûts supplémentaires ne diminuent pas pour les cantons et les communes. La Confédération dispose de recettes supplémentaires du fait de la suppression du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales, recettes qu'elle doit consacrer de manière ciblée à l'encouragement des propulsions alternatives, conformément au souhait exprimé par le Parlement.

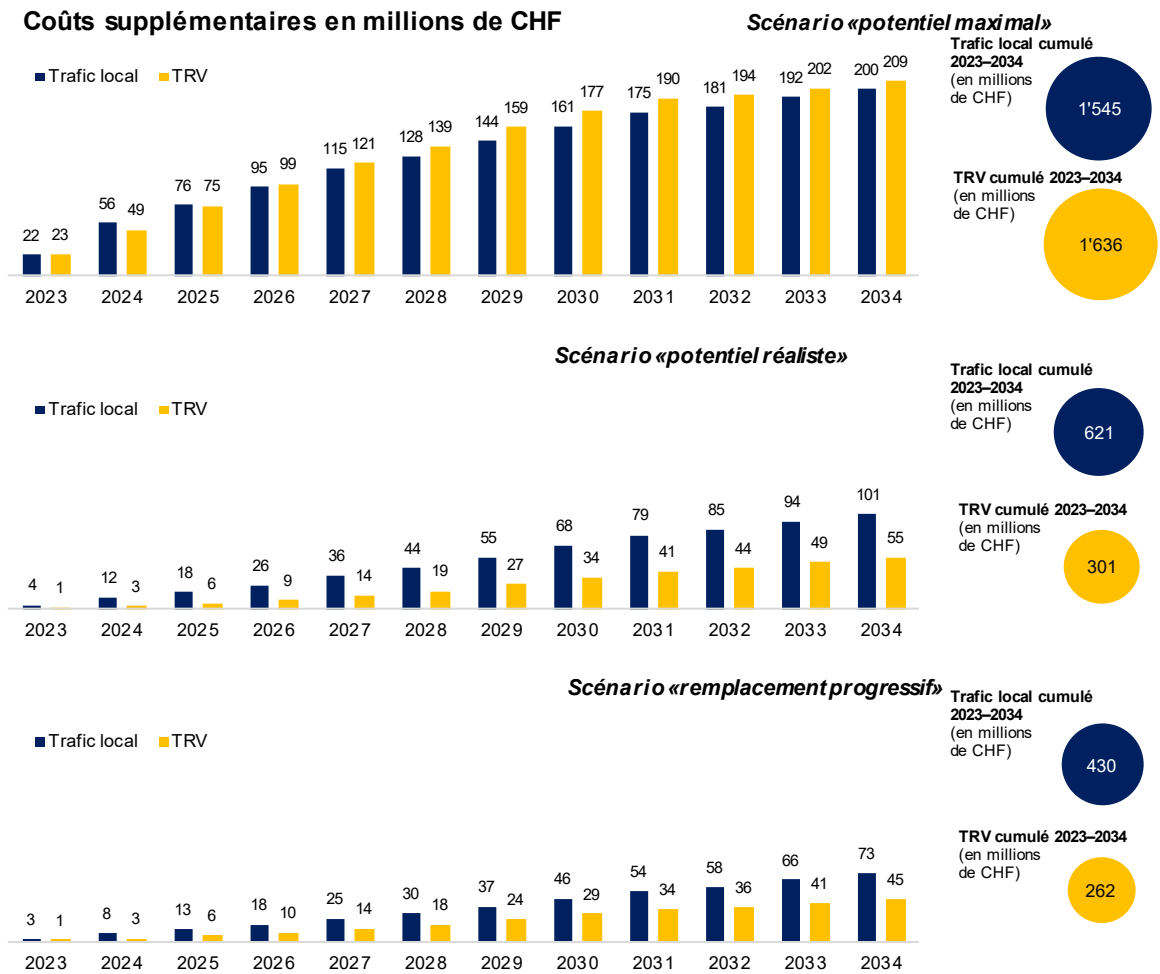


Figure 28: Coûts supplémentaires approximatifs du remplacement des bus diesel par des bus à batterie: calcul de base admettant une durée de vie de douze ans par véhicule (toutes les options de propulsion) et de six ans par batterie. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

Si on formule une hypothèse très optimiste concernant la durée de vie des batteries (sensibilité «durée de vie des bus électriques douze ans / durée de vie batteries douze ans»), c'est surtout dans le cas des bus rechargés au dépôt, munis de batteries onéreuses de grande taille, que l'on constate une diminution considérable des coûts supplémentaires par rapport aux bus diesel, et ce tant dans le TRV que dans le trafic local. Cette hypothèse suppose que la durée de vie des batteries est identique à celle des véhicules et qu'il n'est donc pas nécessaire de remplacer la batterie pendant la vie du véhicule.

En supposant que la durée de vie des bus électriques est de vingt ans et que la batterie doit être remplacée une seule fois (sensibilité «durée de vie des bus électriques vingt ans / durée de vie batteries dix ans»), les coûts supplémentaires par rapport aux bus diesel tendent à baisser encore plus que dans le cas de la sensibilité «durée de vie bus électriques douze ans / durée de vie batteries douze ans». À noter toutefois pour cette sensibilité que l'hypothèse ne tient pas compte d'une éventuelle hausse des coûts d'entretien liée à l'âge des véhicules ni de mesures de remise en état de l'intérieur de véhicules en vue de préserver le confort des passagers. Or ces deux aspects deviennent importants si la durée de vie s'étend sur vingt ans.

5.2.5 Avantages écologiques attendus: potentiel en matière de réduction des émissions de CO₂

Les deux scénarios renferment un potentiel considérable en matière de réduction des quantités de CO₂ émises par les transports publics routiers. La Figure 29 montre ce potentiel dans le TRV et le trafic local pour les trois scénarios. Selon le scénario «potentiel maximal», les émissions de CO₂ pourront diminuer de 80 à 85% en 2034, année où tous les bus diesel auront été remplacés par des bus à batterie. Le

scénario «potentiel réaliste» prévoit pour 2034 un potentiel de réduction de 40 à 45% dans le TRV, pour un remplacement de près de la moitié des bus diesel par des bus utilisant une énergie non fossile à cette date. Dans le trafic local, ce sont environ 70% des bus diesel qui auront été remplacés par des bus à batterie. Cela correspond à un potentiel de réduction des émissions de CO₂ de l'ordre de 60%. Dans le scénario «remplacement progressif», la part des bus diesel remplacés par des bus utilisant une énergie non fossile s'élève, en 2034, à environ 55% dans le TRV et à 40% dans le trafic local. Le potentiel en matière de réduction des émissions de CO₂ correspondant est de l'ordre de 35%, respectivement 45%. Au total, les réductions des émissions de CO₂ en 2034 atteignent quelque 255 000 tonnes de CO₂ dans le scénario «potentiel maximal», 155 000 tonnes de CO₂ dans le scénario «potentiel réaliste» et 120 000 tonnes de CO₂ dans le scénario «remplacement progressif».

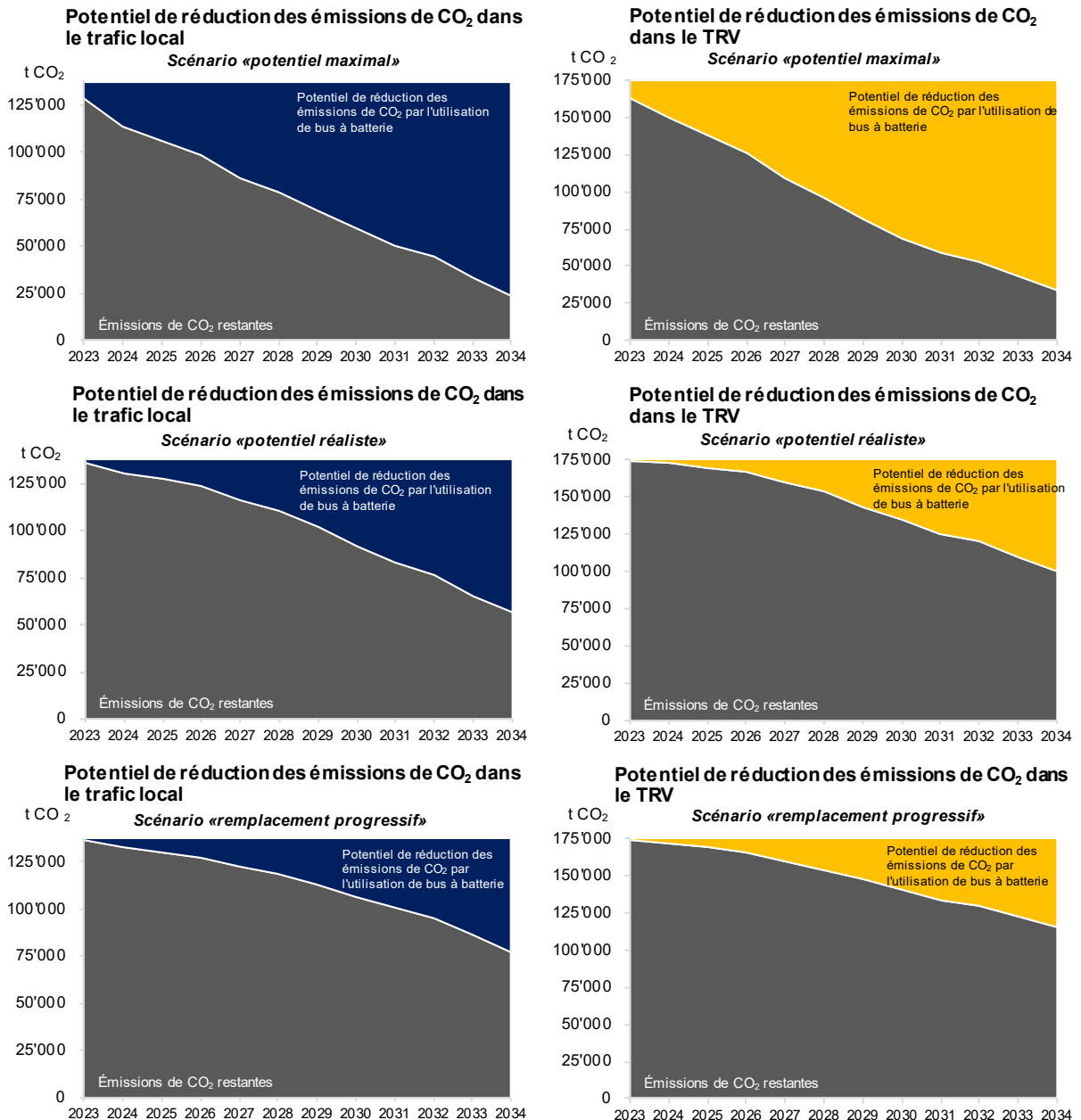


Figure 29: Potentiel en matière de réduction des émissions de CO₂ en cas de remplacement des bus diesel par des bus à batterie. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

5.3 Besoin de financement supplémentaire et instruments d'encouragement

5.3.1 Démarche

Afin d'estimer le besoin de moyens financiers supplémentaires du trafic régional de voyageurs et du trafic local en Suisse, on évalue le potentiel des instruments de financement et d'encouragement nationaux en matière de fonds et on soustrait le montant obtenu des coûts supplémentaires annuels établis. Le résultat correspond au besoin de financement annuel restant. Les instruments de financement et d'encouragement qui existent au niveau national englobent d'une part les ressources financières découlant de l'obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO₂. Jusqu'à présent, un programme a été enregistré auprès de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) dans le domaine des transports publics, à savoir le programme de compensation de «myclimate». D'autre part, on prend en considération les contributions fédérales annuelles octroyées dans le cadre du programme en faveur du trafic d'agglomération (PTA), qui ont fait l'objet d'une estimation grossière.

Les mesures d'encouragement cantonales ou communales n'ont pas été prises en compte, car même si elles sont en mesure de couvrir une partie des coûts supplémentaires, il est impossible d'en faire une estimation à l'échelle nationale. En principe, il ne faudrait pas les ignorer. Le besoin supplémentaire non couvert restant que l'on obtient doit donc être considéré comme un plafond, qui peut s'avérer nettement inférieur dans certains cas en présence de possibilités d'encouragement cantonales ou communales.

En outre, on part du principe que la Confédération, les cantons et les communes n'ont actuellement prévu aucun moyen supplémentaire dans le cadre du financement ordinaire pour couvrir les coûts supplémentaires. La hausse du crédit d'engagement de la Confédération en faveur du transport régional de voyageurs pendant les années 2022 à 2025, qui s'élève à 2% par an (environ 20 millions de francs suisses), sert à couvrir l'augmentation générale des coûts et les éventuels besoins supplémentaires. Un point de pourcentage de cette hausse est réservé aux augmentations générales des coûts et peut donc également servir à financer les coûts supplémentaires des bus électriques dans le TRV. L'utilisation de ces moyens n'est toutefois pas définie à l'avance.

5.3.2 Obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO₂ et programme de «myclimate»

Le programme de compensation de «myclimate» se fonde sur l'estimation du potentiel cumulé en matière de réduction annuelle des émissions de CO₂. La fondation KliK verse un montant fixe par certificat. À partir de 2021, les participants au programme touchent comme prévu 200 francs suisses par certificat correspondant à une tonne de CO₂ (112 francs par tonne de CO₂ jusqu'en 2020). Les éventuels paiements à l'avance ne sont pas pris en compte dans les calculs ci-après, car les coûts supplémentaires sont déterminés sur la base des coûts complets actuels incombant au commanditaire. Si on part du principe que le programme soutient l'intégralité des acquisitions de bus électriques sans aucune restriction financière, le potentiel de soutien maximal pour la période 2023 à 2034²⁷ s'élève en théorie à quelque 125 millions de francs suisses dans le scénario «remplacement progressif», à 160 millions dans le scénario «potentiel réaliste» et à 350 millions dans le scénario «potentiel maximal» (cf haut de la Figure 30 ci-dessous, «potentiel maximal»). Cela correspond à un taux d'encouragement allant de 9 à 20%, qui ne permet donc de couvrir qu'une partie des coûts supplémentaires par rapport au bus diesel (en supposant que l'impôt sur les huiles minérales continue à être remboursé).

Dans le contexte des dispositions légales en vigueur, il apparaît que seule une partie des coûts supplémentaires peut effectivement bénéficier du soutien financier du programme et que le potentiel financier n'est pas exploité pleinement. La pénétration progressive des bus utilisant une énergie non fossile sur le marché fait que le programme de «myclimate» visant à encourager les bus électriques ou hybrides perd petit à petit de son importance, car le remplacement des bus diesel par ce type de bus est également soutenu dans le cadre du financement ordinaire ainsi que, dans certains cas, par des programmes d'encouragement cantonaux ou communaux. L'extrapolation du potentiel financier effectif (réaliste) à

²⁷ À condition que l'instrument de l'obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO₂ soit reconduit après 2030.

l'ensemble de la Suisse comporte des incertitudes. Le programme de compensation n'est en principe pas limité dans le temps; à l'heure actuelle, il n'est toutefois autorisé que jusqu'en juin 2026.

Les présentes estimations tablent sur une diminution progressive de la part des coûts supplémentaires bénéficiant d'une contribution du programme de compensation (- 2,5 points de pourcentage par an). Pour la période 2023 à 2034, on obtient ainsi environ 84 millions de francs suisses dans le scénario «remplacement progressif», 109 millions dans le scénario «potentiel réaliste» et 241 millions dans le scénario «potentiel maximal» (Figure 30, ci-dessous). Sur la base des hypothèses décrites, environ 10% des coûts supplémentaires annuels seraient financés en moyenne par le programme de compensation.

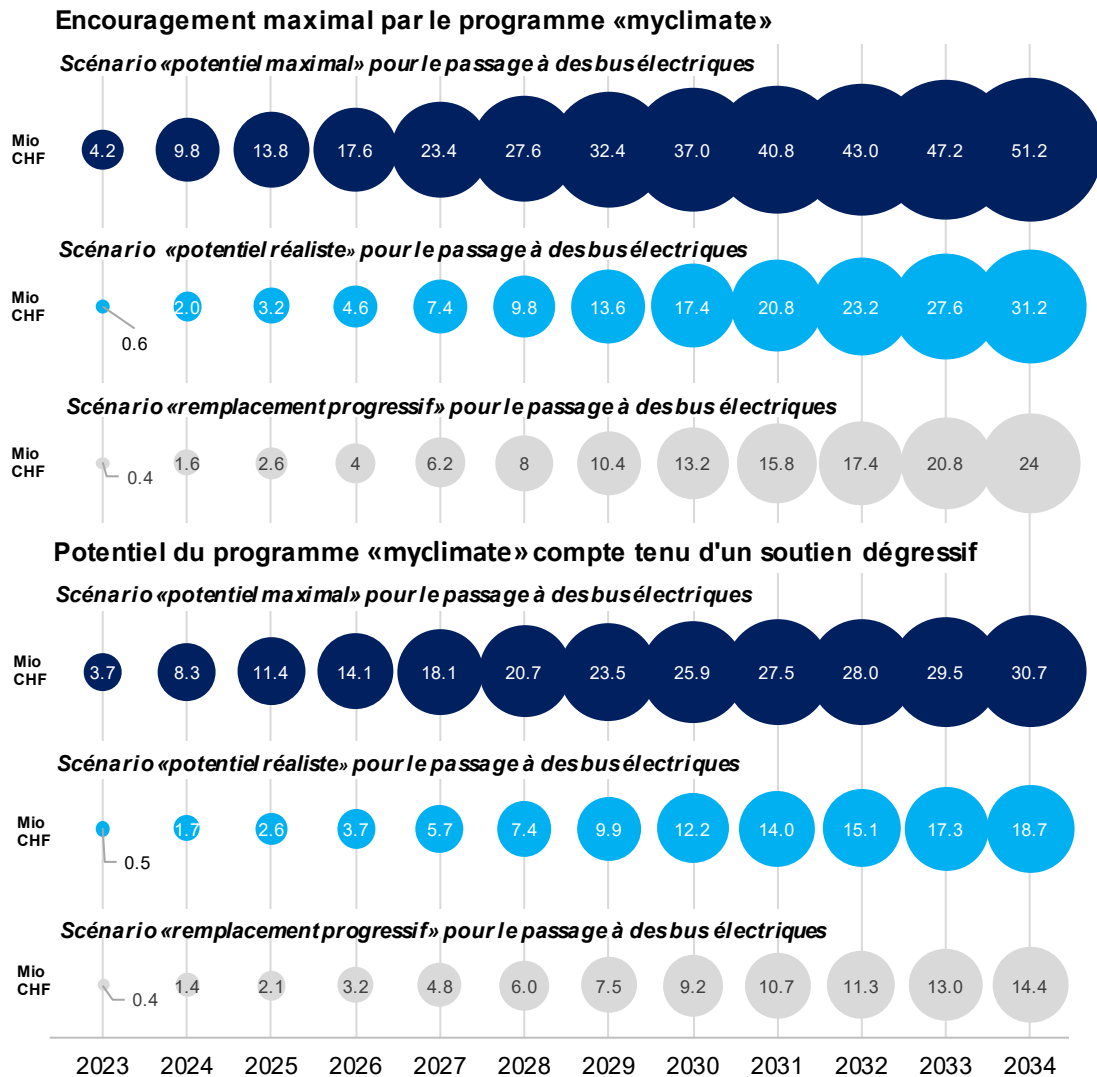


Figure 30: Potentiel financier annuel du programme de «myclimate» dans le transport régional de voyageurs et le transport local en cas de contribution d'un montant de 200 francs suisses par tonne de CO₂. En-haut: potentiel financier maximal théorique sans aucune restriction. En-bas: estimation du potentiel financier réaliste. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

Le montant des contributions d'encouragement fait l'objet de négociations entre «myclimate» et KliK dans le contexte des conditions-cadres réglementaires. À partir de 2021, il augmente considérablement pour les bus électriques et passe à 200 francs par tonne de CO₂. En outre, d'autres projets ou programmes de compensation portant sur le domaine des transports publics, mais conçus différemment, pourraient également être enregistrés auprès de l'OFEV. Selon la décision du Parlement prise dans le cadre de la révision totale de la loi sur le CO₂, les importateurs de carburants seront tenus de compenser une grande partie des émissions imputables aux transports par des projets et des programmes visant à électrifier le trafic routier, par le recours à des systèmes de propulsion alternatifs et par la production d'énergie de propulsion durablement neutre en émissions de CO₂. Par conséquent, les importateurs de

carburants soumis à l'obligation de compenser devront probablement se montrer plus actifs dans le domaine des transports.

5.3.3 Programme en faveur du trafic d'agglomération (PTA)

Dans le cadre du programme en faveur du trafic d'agglomération, la Confédération participe au financement des coûts supplémentaires des infrastructures de recharge destinées aux bus. Les contributions fédérales prennent la forme de contributions uniques aux coûts d'investissement imputables d'une mesure. Par souci de simplification, les présentes estimations (Figure 31) supposent que les contributions sont versées sur toute la durée de vie des installations.

On part en outre du principe que la Confédération participe aux coûts supplémentaires à hauteur de 40%, autrement dit cette part est un peu plus élevée que la moyenne de 35%. Elle a été ainsi définie afin de tenir compte des contributions potentielles de la Confédération aux coûts supplémentaires des véhicules. Dans le cadre du programme, la Confédération participe en effet également aux coûts supplémentaires des véhicules en raison des économies réalisées au niveau des coûts d'infrastructure. Il est difficile de faire des estimations dans ce domaine. La question se pose également de savoir comment délimiter ces coûts supplémentaires par rapport à ceux des infrastructures de recharge. Enfin, on part du principe que la Confédération participe uniquement au financement de mesures dans le trafic local, car elle intervient déjà au niveau du TRV en tant que commanditaire et agent financeur.

Estimation du potentiel financier des contributions fédérales du PTA

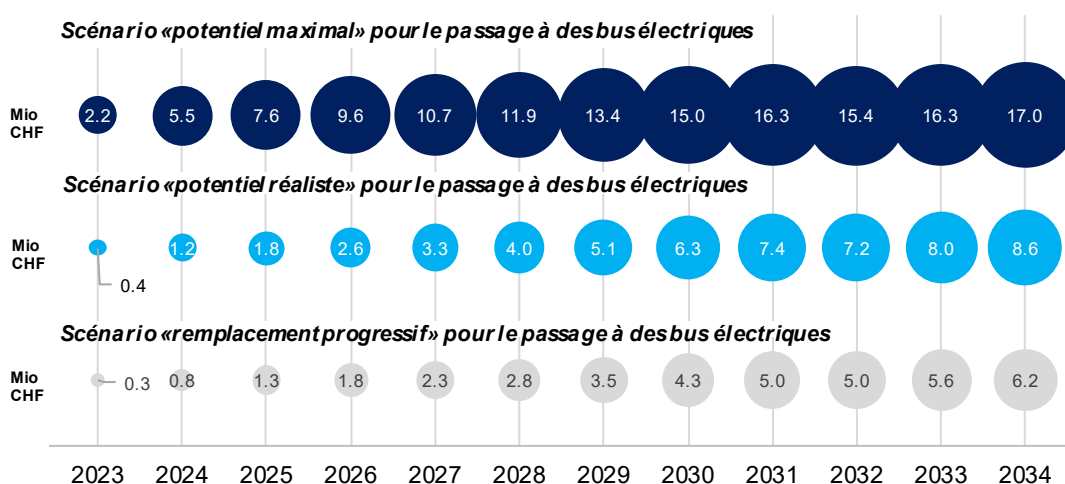


Figure 31: Estimation du potentiel financier annuel des contributions fédérales provenant du programme en faveur du trafic d'agglomération (PTA) dans le trafic local. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

5.3.4 Besoin de financement supplémentaire

Le besoin de financement est déterminé sur la base des coûts supplémentaires estimés dans le TRV et le trafic local en tenant compte des instruments de financement et d'encouragement nationaux en place. La part des coûts supplémentaires annuels couverte par des contributions nationales existantes dans le TRV et le trafic local oscille entre 16 et 18% dans le scénario «remplacement progressif», 17 et 19% dans le scénario «potentiel réaliste» et 12 et 13% dans le scénario «potentiel maximal». La Figure 32 indique les contributions octroyées dans le cadre des mesures d'encouragement nationales et le besoin de financement non couvert pour les deux scénarios. La Figure 33 présente le besoin de financement annuel estimé dans le TRV et le trafic local du point de vue des commanditaires pour le cas où la répartition actuelle des responsabilités au niveau du financement ordinaire des transports publics est maintenue et qu'on se base sur les parts actuelles de financement de la Confédération, des cantons et des communes. Entre 2023 et 2034, le besoin supplémentaire annuel devrait passer d'environ 3 à 97 millions de francs suisses dans le scénario «remplacement progressif», de 5 à 129 millions dans le scénario «potentiel réaliste» et de 40 à 361 millions dans le scénario «potentiel maximal».

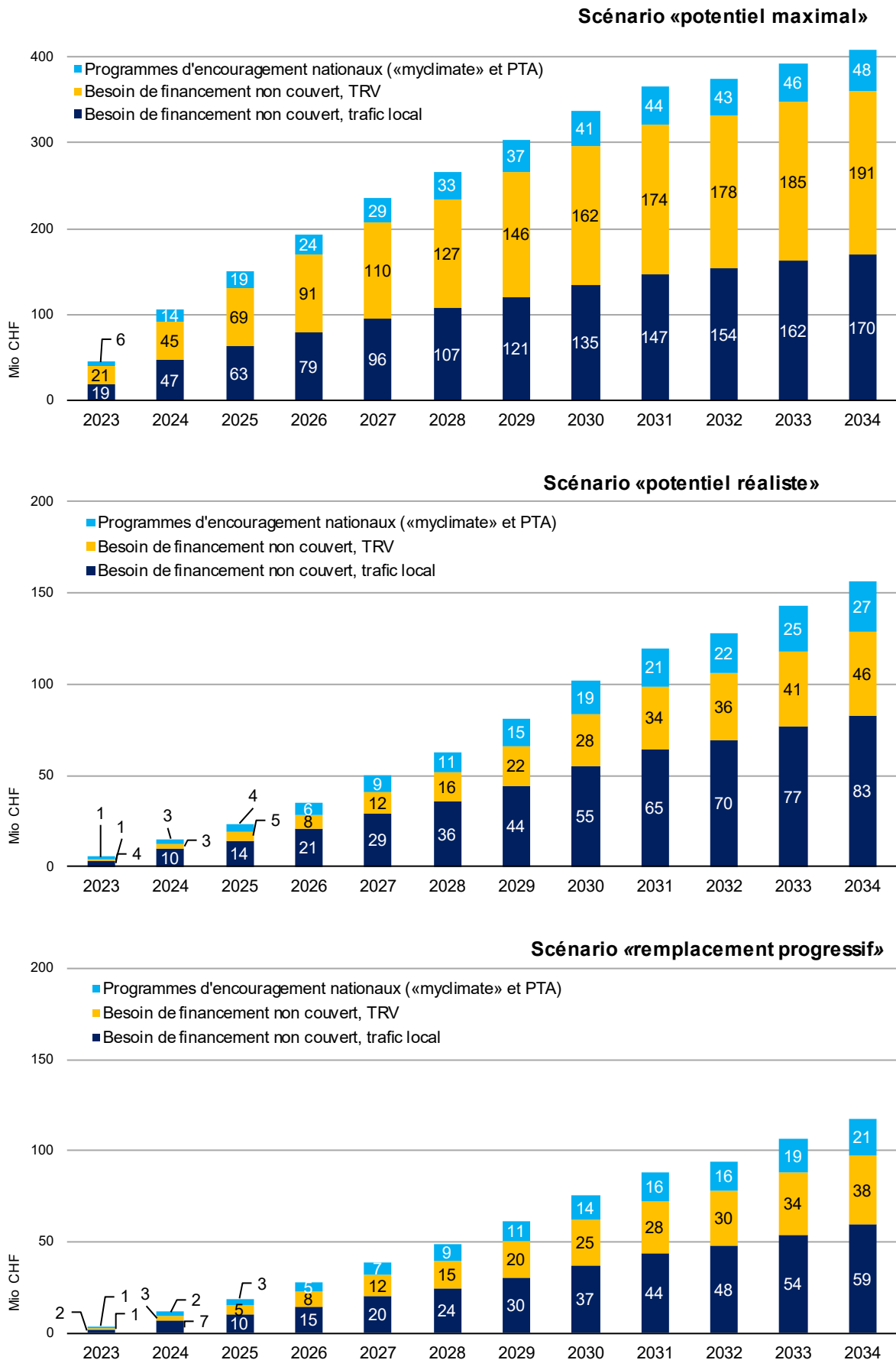


Figure 32: Évolution des contributions d'encouragement (programme de «myclimate» + PTA) et du besoin de financement non couvert pour le TRV et le trafic local. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

Si, sur la base de ces hypothèses, les coûts supplémentaires annuels étaient financés dans le cadre de la commande de transports publics, le besoin financier supplémentaire cumulé s'élèverait à environ 125 millions de francs suisses pour la Confédération, 394 millions pour les cantons et 238 millions pour les communes pendant la période 2023 à 2034 selon le scénario «potentiel réaliste». Dans le scénario «remplacement progressif», ce besoin supplémentaire serait d'environ 109 millions de francs suisses pour la Confédération, 295 millions pour les cantons et 165 millions pour les communes.

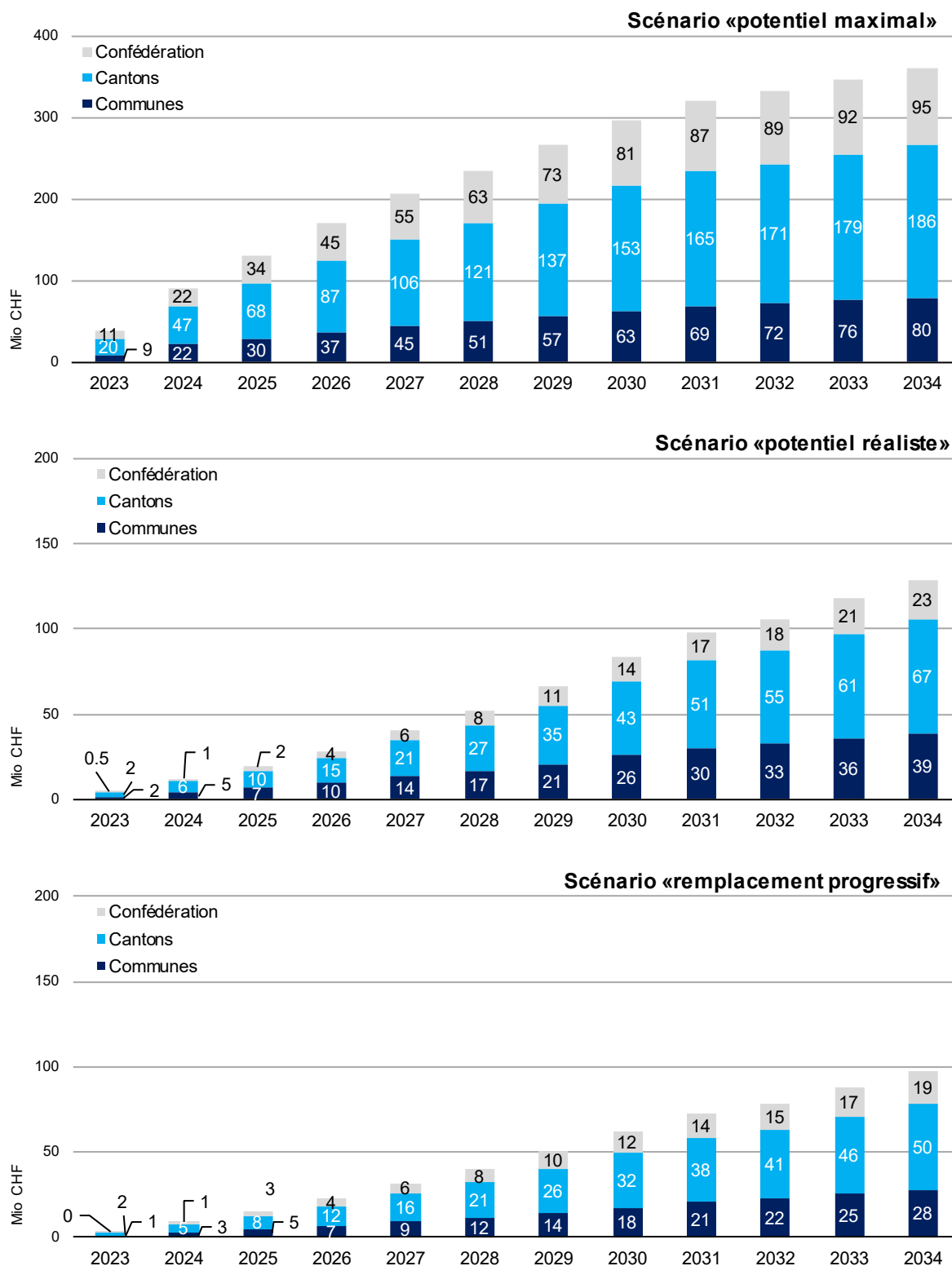


Figure 33: Répartition possible du besoin de financement non couvert selon le financement ordinaire des transports publics (TRV et transport local). Source: présentation de l'OFEN basée sur IN-FRAS 2020.

6 Adaptation des conditions-cadres et autres possibilités d'encouragement

Actuellement, les possibilités d'encouragement qui existent au niveau national ne suffisent pas pour couvrir le besoin de financement supplémentaire prévu en vue d'un passage accéléré à des bus utilisant une énergie non fossile.

Il est urgent d'assurer une coordination judicieuse des instruments d'encouragement impliquant diverses responsabilités (TRV ou trafic local) et les différents échelons de l'État (Confédération, cantons et communes) et d'apporter un complément ciblé à l'encouragement actuel.

6.1 Suppression du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales à moyen terme

Le calcul des coûts supplémentaires des bus utilisant une énergie non fossile par rapport à ceux des bus diesel diffère fortement selon qu'il inclut ou qu'il n'inclut pas le remboursement de l'impôt sur les huiles minérales aux entreprises de transport concessionnaires. Le remboursement de cet impôt représente pour ces dernières une incitation financière inadéquate de taille, défavorable au passage à des bus sans énergie fossile, et qui pénalise dans une large mesure les propulsions alternatives lors des acquisitions de remplacement.

La suppression de l'impôt sur les huiles minérales réduirait certes la différence de coûts entre les bus diesel et les bus utilisant une énergie non fossile au niveau des appels d'offres, mais si les tarifs et l'offre restent identiques dans les transports publics, il en résulterait également une hausse des besoins financiers ordinaires pour les entreprises de transport et les commanditaires (Confédération, cantons, communes). Cette suppression créerait toutefois des incitations pour une pénétration des véhicules utilisant une énergie non fossile, car elle réduirait considérablement la différence de coûts entre un bus à batterie et un bus diesel.

Dans le cadre des débats portant sur la révision totale de la loi sur le CO₂, le Parlement a opté pour une suppression échelonnée du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales. À partir de 2026, ce remboursement n'aura plus lieu dans le trafic local et, à partir de 2030, dans le transport régional de voyageurs, pour autant que les conditions topographiques permettent le passage à des bus utilisant une énergie non fossile sur les lignes correspondantes. En outre, pendant une durée limitée, les moyens supplémentaires qui en résultent devront être utilisés pour financer les bus sans énergie fossile dans les transports publics routiers. La suppression du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales décidée par le Parlement nécessite la création de bases légales et la mise en place d'un nouvel instrument d'encouragement, qui ne pourra toutefois allouer des fonds qu'après 2026. Dans ce contexte, les contributions d'investissement octroyées aux organes responsables des transports publics routiers jouent un rôle prépondérant. Un référendum contre la loi sur le CO₂ révisée ayant abouti, celle-ci sera soumise au vote populaire en juin 2021.

6.2 Accent sur les instruments nationaux existants: obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO₂ et programme en faveur du trafic d'agglomération (PTA)

L'obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO₂ (art. 5 de l'ordonnance sur le CO₂) et les projets et programmes de compensation qui peuvent être mis sur pied dans ce cadre à l'intérieur du pays constituent déjà un instrument qui permet aussi de promouvoir les bus utilisant une énergie non fossile dans les transports publics. Le programme de «myclimate» pour les bus électriques ou hybrides, qui se fonde également sur cette obligation, est le premier programme enregistré destiné à soutenir aussi bien les entreprises du transport régional de voyageurs que celles du transport local dans leurs nouvelles acquisitions. S'y ajoute le programme en faveur du trafic d'agglomération (PTA) de l'Office fédéral du développement territorial (ARE), qui permet la prise en charge d'une partie des coûts supplémentaires des infrastructures de recharge par la Confédération. Les contributions fédérales octroyées dans le cadre du PTA prennent la forme de contributions uniques aux coûts d'investissement imputables d'une mesure.

Ces deux instruments d'encouragement permettent aujourd'hui de couvrir une part relativement modeste du besoin de financement supplémentaire. Il convient toutefois de prendre en considération les interactions entre les programmes d'encouragement et le financement ordinaire des transports publics par la Confédération, les cantons et les communes. Le programme de «myclimate» soutient par exemple le passage à des bus électriques ou hybrides dans la mesure où une telle transition n'est pas déjà imposée (p. ex. par des dispositions légales) et qu'elle ne bénéficie pas d'un soutien de taille dans un autre cadre, autrement dit tant qu'un autre type de soutien ne rend pas l'acquisition rentable et que les réductions des émissions ne sont pas revendiquées. Les contributions fédérales octroyées dans le cadre du PTA ne sont versées qu'en faveur de mesures qui ne bénéficient pas encore d'un financement fédéral (p. ex. mesures dans le trafic local).

Dans le cadre de la révision totale de la loi sur le CO₂, l'instrument de l'obligation des importateurs de carburants de compenser les émissions de CO₂ a été consolidé par une augmentation des pénalités. Cette mesure est susceptible de renforcer les programmes correspondants à partir de 2022 (date probable de l'entrée en vigueur de la loi) et, selon le résultat des négociations entre les propriétaires de programmes et la fondation KliK, éventuellement d'aboutir à une hausse du montant des compensations. De nouvelles dispositions exigent en outre qu'une partie des moyens doit être consacrée à l'électrification du trafic routier. Les importateurs de carburants devraient ainsi compenser 3% des émissions par des mesures dans le domaine des propulsions alternatives. Ces dispositions pourraient également profiter aux pouvoirs publics ainsi qu'aux entreprises de transport et aux technologies de propulsion alternatives dans les transports publics, par exemple dans le cadre de programmes portant sur la chaîne de création de valeur au niveau des propulsions alternatives dans le secteur des transports.

6.3 Encouragement supplémentaire dans le cadre du financement ordinaire des transports publics

Le financement du besoin supplémentaire dans le cadre du financement ordinaire des transports publics, par exemple en combinaison avec des objectifs portant sur la flotte ou l'environnement, constitue une autre possibilité d'encouragement. Dans ce cas, les coûts supplémentaires devraient être pris en charge notamment par les cantons et les communes et par leurs programmes d'encouragement, car ces acteurs participent au financement tant du TRV que du trafic local. En raison des conséquences économiques découlant de la pandémie de coronavirus, la question se pose toutefois de savoir si les moyens financiers supplémentaires pourront être mis à disposition à partir de 2024 afin de financer les coûts supplémentaires estimés. Dans le cadre de la discussion sur le climat, de nombreuses villes ont annoncé vouloir électrifier leurs flottes de bus diesel ou formulé des objectifs ambitieux en matière de décarbonisation. Pour ce faire, elles ont parfois mis en place leurs propres fonds d'encouragement permettant de soutenir financièrement la transition. Ces progrès doivent être salués. Il appartient toutefois aux collectivités concernées d'apporter les moyens financiers nécessaires à la réalisation de ces projets ambitieux d'électrification de la flotte de bus diesel.

Dans ce contexte, la Confédération ne joue un rôle qu'au niveau du financement du transport régional de voyageurs. Le financement du trafic local ne relève pas de sa compétence. Dans le domaine du trafic local, la Confédération ne peut s'engager qu'au niveau de l'encouragement de l'innovation, mais pas à celui du lancement sur le marché.

6.4 Introduction d'objectifs environnementaux

Il est prévu d'introduire un système national d'étalonnage des performances (*benchmarking*) pour l'ensemble des transports publics commandés (réforme TRV). Ce système permettrait de définir des objectifs environnementaux et de mettre en place le monitoring et l'évaluation correspondants. Ces instruments simplifieraient la justification des éventuels coûts supplémentaires intervenant au niveau de la commande et de l'acquisition. Il faut toutefois veiller à maintenir l'équilibre avec les projets menés dans le cadre de l'obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO₂. Si le commanditaire émet des exigences concernant les normes environnementales des bus à acquérir, la preuve de l'additionnalité (autrement dit la preuve que le passage à des bus électriques n'aurait pas pu se faire sans le soutien du programme de compensation) pourrait s'avérer difficile à apporter.

6.5 Autres possibilités d'encouragement

6.5.1 Fonds pour le climat

Dans le cadre des délibérations au sujet de la révision totale de la loi sur le CO₂, le Parlement a décidé de constituer un Fonds pour le climat au niveau fédéral (art. 53 à 61 de la loi sur le CO₂ révisée). La Confédération devra affecter une partie des moyens disponibles dans ce cadre à des mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et une autre partie à des mesures visant à prévenir les dommages qui pourraient résulter de l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (adaptation au changement climatique). Les avoirs du Fonds pour le climat devront être utilisés en veillant à garantir une promotion appropriée de la recherche et de l'innovation, en particulier dans le domaine de l'aviation (art. 53, al. 4).

Un tiers du produit de la taxe sur le CO₂ (mais tout au plus 450 millions de francs par an) et moins de la moitié du produit de la taxe sur les billets d'avion et du produit de la taxe sur l'aviation générale seront disponibles pour des mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre. La loi précise l'utilisation de ces fonds comme suit:

- Art. 55: le Programme Bâtiments que l'on connaît sera intégré dans le Fonds pour le climat. La Confédération financera également d'autres (nouvelles) mesures dans le domaine des bâtiments et de la chaleur.
- Art. 56: le fonds de technologie existant sera intégré au Fonds pour le climat.
- Art. 57: le Fonds pour le climat permettra à la Confédération de financer d'autres mesures qui soutiennent la réalisation des objectifs de la loi (également à l'étranger). Les moyens du Fonds pour le climat pourront également être utilisés pour des mesures visant à réduire de manière contraignante, efficace, innovante et directe les répercussions du transport aérien sur le climat. Enfin, il sera possible d'octroyer des montants plafonnés pour des projets menés par des cantons et des communes ainsi que pour la promotion du transport ferroviaire transfrontalier de personnes, y compris par trains de nuit.

Le produit des prestations de remplacement réglementées par la nouvelle loi sur le CO₂ (sanctions) et le produit de la vente aux enchères de droits d'émission pourront être utilisés pour prévenir les dommages (adaptation au changement climatique).

Les dispositions légales relatives au Fonds pour le climat ne prévoient pas explicitement le financement de mesures visant à remplacer les bus diesel. Certaines formulations décrivant les utilisations possibles du Fonds sont toutefois très ouvertes, raison pour laquelle un tel financement n'est pas exclu.

Dans la mesure où la loi n'est pas refusée lors d'un éventuel vote référendaire, elle entrera probablement en vigueur le 1^{er} janvier 2022. La mise en œuvre des premiers instruments du Fonds débutera à cette date. Celle des autres instruments nécessitera davantage de temps et se déroulera au cours des années suivantes. Le Fonds pour le climat sera administré par le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

6.5.2 Hausse des tarifs

Si la pénétration sur le marché des bus à batterie se déroule conformément au scénario «potentiel réaliste», les entreprises de transport concessionnaires auront besoin de davantage de moyens financiers. Elles pourraient augmenter les tarifs et donc leurs recettes afin de financer les coûts supplémentaires. Les hausses de tarif sont toutefois susceptibles d'entraîner des transferts modaux qui seraient indésirables du point de vue de la politique climatique et des transports.

6.6 Possibilités de financement et combinaison des instruments

Les possibilités de financement présentées peuvent être combinées entre elles et donner lieu à diverses variantes. Du point de vue de la Confédération, l'approche suivante doit être privilégiée:

- exploitation maximale des programmes d'encouragement nationaux existants que sont l'obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO₂ (fondation KliK) et le programme en faveur du trafic d'agglomération (PTA);

- encouragement lié à l'impôt sur les huiles minérales: utilisation des moyens disponibles du fait du non-remboursement de l'impôt sur les huiles minérales (loi sur le CO₂);
- indemnisation par le financement ordinaire des TP uniquement des coûts supplémentaires restants.

La Figure 34 et la Figure 35 présentent les différentes possibilités de financement ainsi que leurs conflits potentiels dans le TRV et le trafic local.

Possibilités de financement dans le transport régional de voyageurs (TRV)

Financement ordinaire des transports publics (TP)

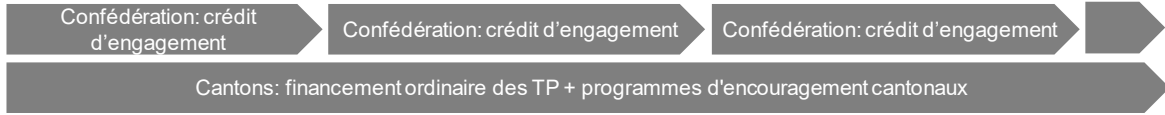


Figure 34: Présentation des possibilités de financement et des conflits potentiels dans le transport régional de voyageurs (TRV). Source: présentation de l'OFEN.

Possibilités de financement dans le trafic local

Financement ordinaire des transports publics (TP)

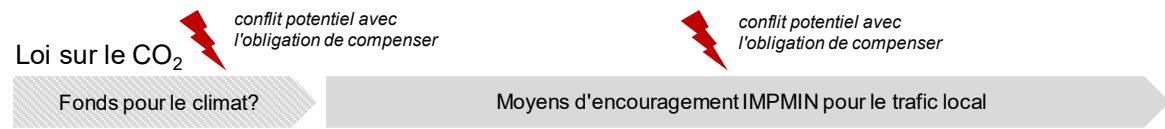
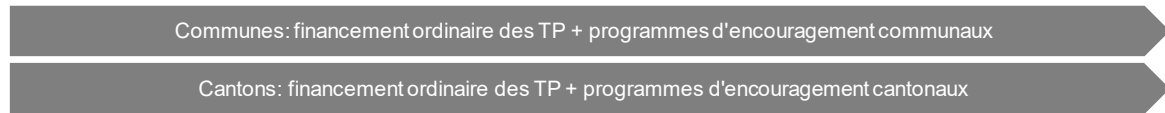


Figure 35: Présentation des possibilités de financement et des conflits potentiels dans le transport local. Source: présentation de l'OFEN.

Les figures suivantes présentent le besoin de financement maximal pour la Confédération, les cantons et les communes jusqu'en 2034 avec la combinaison d'instruments proposée, dans le transport régional de voyageurs (Figure 36) et le trafic local (Figure 37) (scénario «potentiel réaliste»). La Figure 38 et la Figure 39 montrent le besoin de financement maximal dans le scénario «remplacement progressif». L'impôt sur les huiles minérales non remboursé est pris en compte dans le besoin de financement du trafic local à partir de 2026 et dans celui du transport régional de voyageurs à partir de 2030.

Besoin de financement dans le TRV, en mio CHF Scénario «potentiel réaliste»

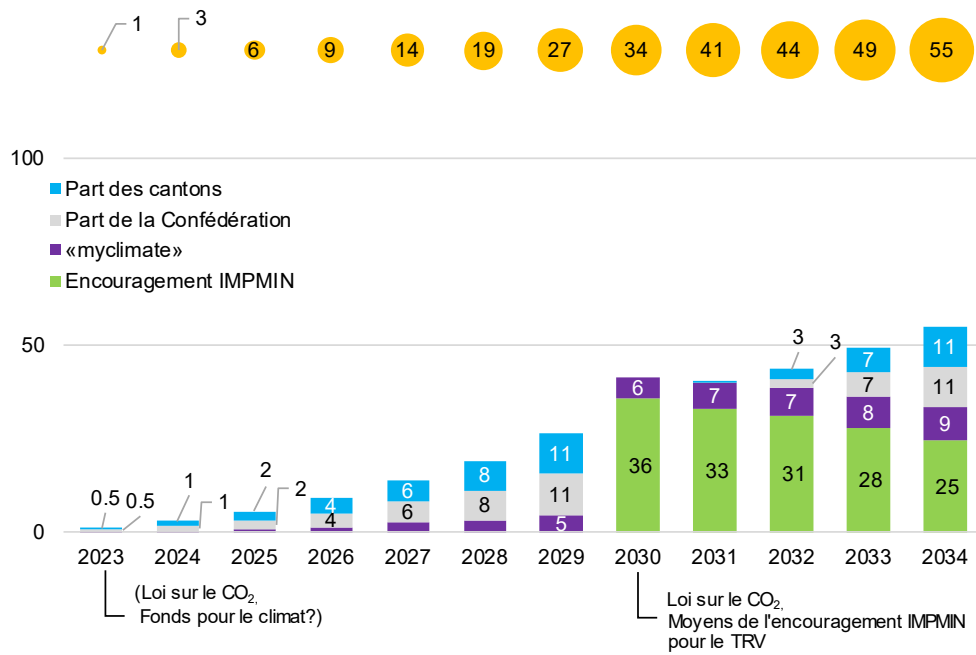


Figure 36: Besoin de financement maximal dans le transport régional de voyageurs (TRV), scénario «potentiel réaliste». Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

Besoin de financement dans le trafic local, en mio CHF Scénario «potentiel réaliste»

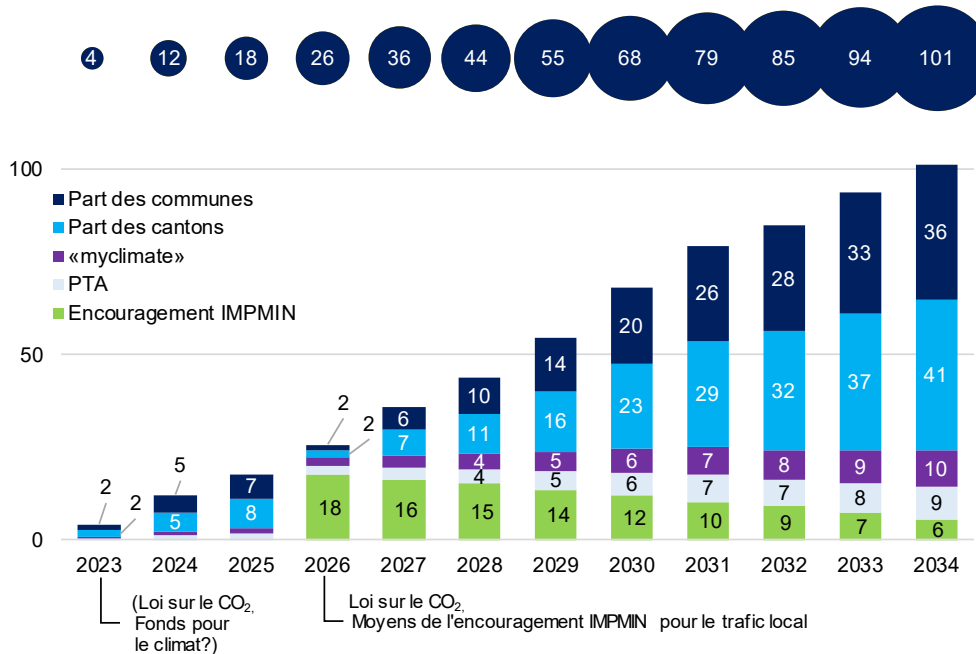


Figure 37: Besoin de financement maximal dans le trafic local, scénario «potentiel réaliste». Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

Besoin de financement dans le TRV, en mio CHF Scénario «remplacement progressif»

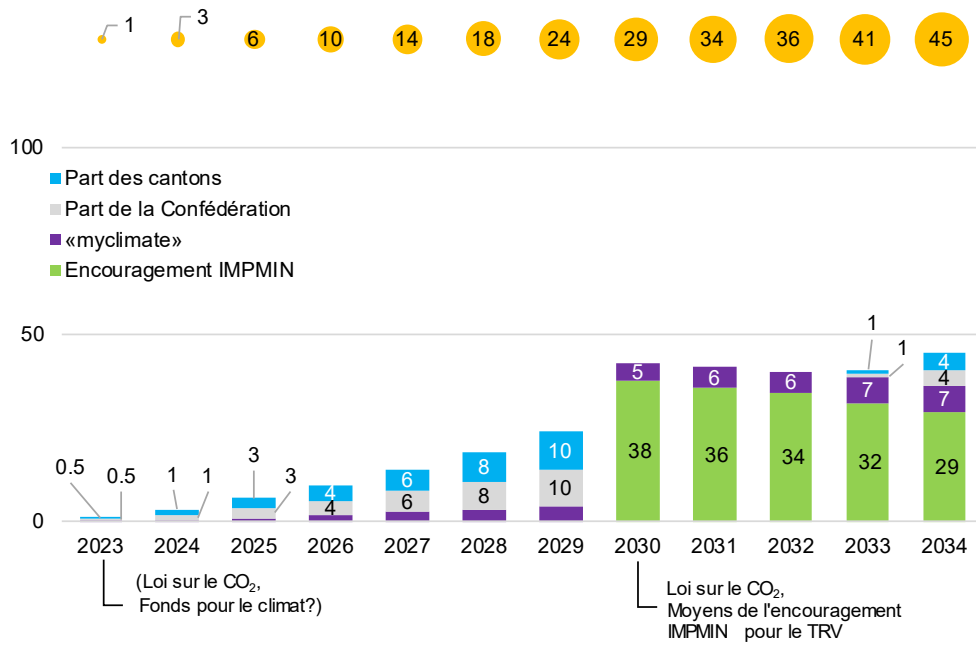


Figure 38: Besoin de financement maximal dans le transport régional de voyageurs (TRV), scénario «remplacement progressif». Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

Besoin de financement dans le trafic local, en mio CHF Scénario «remplacement progressif»

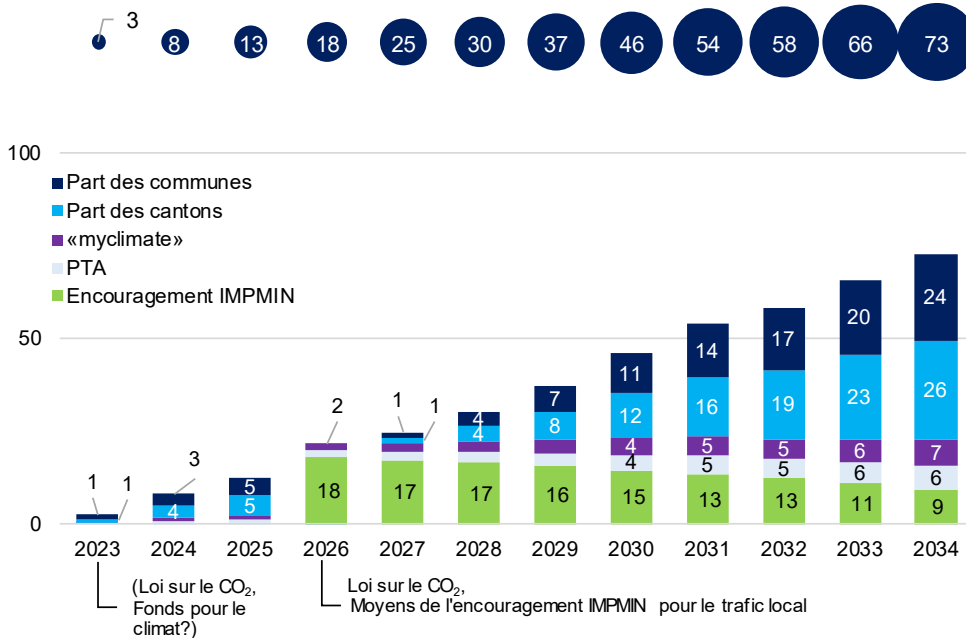


Figure 39: Besoin de financement maximal dans le trafic local, scénario «remplacement progressif». Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.

7 Conclusion

Le remplacement des bus diesel actuels par des technologies de propulsion utilisant une énergie non fossile, notamment des bus à batterie, permet d'obtenir une réduction substantielle des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques ainsi que des nuisances sonores. Dans les zones densément peuplées, les avantages sont d'autant plus importants que la population est davantage exposée aux émissions des bus diesel.

À court terme, ce sont avant tout le trafic local et les grandes agglomérations qui présentent un potentiel pour l'utilisation de bus propulsés par des énergies non fossiles (principalement différents types de bus électriques) étant donné que l'infrastructure de lignes aériennes de contact y est déjà partiellement disponible, que les lignes sont plus courtes et que la topographie est moins complexe. À moyen et à long terme, les progrès technologiques réalisés notamment au niveau des batteries augmenteront considérablement le potentiel d'utilisation technique des bus électriques; l'utilisation de propulsions alternatives sur de longues lignes dans des zones rurales deviendra alors économiquement rentable.

Compte tenu des coûts complets, les bus électriques coûtent aujourd'hui plus cher que les bus diesel, principalement parce que ces derniers bénéficient du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales. Les coûts supplémentaires sont en particulier liés à l'infrastructure de recharge (trolleybus, mais également bus rechargés par un système de biberonnage ou au dépôt, stations-services à hydrogène), au besoin de véhicules additionnels (lorsque certains véhicules circulant sur une ligne doivent être rechargés pendant la journée) et aux coûts de système plus élevés en raison du nombre de pièces encore réduit et du coût relativement élevé des batteries qui, de surcroît, doivent être remplacées une fois pendant la durée de vie du véhicule.

L'analyse globale des coûts et de l'impact environnemental place les bus à batterie au premier plan en tant qu'alternative sans énergie fossile aux bus diesel à court et à moyen terme déjà, mais uniquement dans les domaines où leur utilisation est économiquement judicieuse. À long terme, les progrès techniques réalisés au niveau des batteries (densité énergétique plus élevée et donc autonomie plus grande, durée de vie plus longue et coûts d'acquisition plus faibles) réduiront certes considérablement les coûts supplémentaires mais, s'agissant des technologies de propulsion utilisant une énergie non fossile, ces derniers resteront en moyenne plus élevés que la référence, et ce même en 2035.

Les bus à pile à combustible obtiennent pratiquement les mêmes résultats sur le plan des émissions de gaz à effet de serre et des polluants atmosphériques locaux que les bus à batterie, mais leur efficacité énergétique est nettement inférieure et leurs coûts supplémentaires par rapport aux bus diesel s'avèrent plus élevés sur le long terme. Dans les régions montagneuses caractérisées par une topographie complexe, où les lignes se prêtent difficilement à l'électrification, cette technologie de propulsion représente toutefois souvent la seule option réaliste sans énergie fossile. Les bus alimentés par du biodiesel permettent également de réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre, mais ils sont bruyants et rejettent des polluants atmosphériques. Leurs coûts supplémentaires par rapport aux bus diesel sont faibles et ils conviennent comme technologie de transition sur le court terme pour le remplacement des lignes présentant des exigences élevées. Le biodiesel n'est toutefois disponible qu'en quantités limitées.

Étant donné la largeur de la fourchette dans laquelle se situent les coûts supplémentaires, le passage aux technologies sans énergie fossile doit être privilégié en premier lieu sur les lignes pouvant être aisément électrifiées en utilisant les technologies actuelles. Une transition qui nécessite des véhicules supplémentaires n'est ni économique ni écologique. En ce sens, il convient d'adopter l'approche et les technologies appropriées en fonction des lignes, des types de réseau et des conditions locales.

Si on rapporte les coûts supplémentaires des technologies de propulsion utilisant une énergie non fossile uniquement au volume de la réduction des émissions de CO₂, on obtient les coûts d'évitement. À cet égard, il convient de noter que le passage à des options sans énergie fossile contribue à la réduction d'autres coûts externes dans les domaines du bruit et des polluants atmosphériques. En outre, les pou-

voirs publics devraient faire figure d'exemple en matière de mobilité à faible émission et respectueuse de l'environnement. Toutefois, il convient d'éviter que l'investissement dans le passage à des bus électriques conduise à la cannibalisation de l'offre des TP. Les moyens doivent être engagés en plus du financement existant des transports publics.

Le scénario «potentiel réaliste» permet de remplacer environ 50% des bus diesel, soit 1900 véhicules, actuellement en circulation dans le transport régional de voyageurs par des bus à batterie pendant la période 2023 à 2034. Dans le trafic local, le nombre de véhicules remplacés par des bus électriques utilisant une énergie non fossile pendant la même période s'élève à 1300, soit environ 70%. Les chiffres correspondants dans le scénario «remplacement progressif» sont de 40% (1500 véhicules) dans le TRV et 55% (1000 véhicules) dans le trafic local.

Dans le scénario «potentiel réaliste», le besoin de financement maximal cumulé pendant la période 2023 à 2034 (y c. moyens disponibles du fait du non-remboursement de l'impôt sur les huiles minérales) s'élève à environ 53 millions de francs suisses pour la Confédération, 265 millions pour les cantons et 188 millions pour les communes. Dans le scénario «remplacement progressif», le besoin supplémentaire cumulé serait d'environ 37 millions de francs suisses pour la Confédération, 155 millions pour les cantons et 104 millions pour les communes. Ainsi, ce scénario prévoit des économies à hauteur de 16 millions de francs pour la Confédération, 110 millions pour les cantons et 84 millions pour les communes.

Recommandations pour un engagement réussi sur la voie proposée

À l'heure actuelle, il est nécessaire d'assurer une coordination judicieuse et de compléter l'encouragement de manière ciblée. Ces deux éléments permettent une transition à des systèmes de propulsion sans énergie fossile dans les transports publics routiers. Les possibilités d'encouragement suivantes doivent être prises en compte dans la perspective de la couverture des coûts supplémentaires:

1. **Exploitation maximale des programmes d'encouragement nationaux:** l'obligation pour les importateurs de carburants de compenser les émissions de CO₂ prévue par la loi sur le CO₂ (p. ex. programme de compensation de «myclimate») et les contributions dans le cadre du Programme en faveur du trafic d'agglomération (PTA) renferment un potentiel qu'il s'agit d'exploiter au maximum. Ce faisant, il est possible de prendre en charge une partie des coûts supplémentaires liés à l'acquisition de nouveaux véhicules fonctionnant sans énergie fossile et à l'infrastructure de recharge. Mais cela ne suffira pas à court ou à moyen terme pour couvrir intégralement ces coûts.
2. **Moyens disponibles du fait du non-remboursement d'impôt sur les huiles minérales:** dans le cadre de la révision totale de la loi sur le CO₂, le Parlement a décidé de supprimer progressivement le remboursement de l'impôt sur les huiles minérales aux entreprises de transport concessionnaires. Dès 2026, ce remboursement prend fin pour les véhicules utilisés pour le trafic local et, dès 2030, pour ceux utilisés pour le trafic régional de voyageurs. Pendant une durée déterminée, les fonds ainsi économisés seront consacrés au remplacement de lignes de bus diesel par des alternatives sans énergie fossile.
3. **Coûts supplémentaires dans le trafic régional de voyageurs:** la Confédération est en mesure de couvrir sa part des coûts supplémentaires estimés dans le trafic régional de voyageurs par les crédits d'engagement ordinaires existants (en particulier pendant la période 2022 à 2025). À partir de 2026, ces crédits devront être augmentés. Les cantons doivent assumer leur part des coûts supplémentaires. Les investissements prévus ne peuvent être faits que si les cantons mettent également à disposition les fonds nécessaires.
4. **Coûts supplémentaires dans le trafic local:** le financement du trafic local ne relève pas de la compétence de la Confédération. Étant donné qu'il n'a pas été possible de prendre en compte les nombreux autres instruments d'encouragement qui existent aux niveaux cantonal ou communal lors de l'évaluation des coûts supplémentaires du trafic local, les coûts supplémentaires

établis représentent un plafond qui, dans certains cas, ne sera pas atteint. Les conséquences économiques découlant de la pandémie de coronavirus placent les entreprises de transports publics ainsi que les commanditaires cantonaux ou communaux devant des défis majeurs qui s'inscrivent sur le long terme.

5. **Fonds pour le climat:** le futur Fonds pour le climat permettra de financer des mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Il est actuellement en phase de constitution; ses premiers instruments seront mis en œuvre dès 2022 dans la mesure où la nouvelle loi sur le CO₂ n'est pas refusée lors d'un éventuel vote référendaire. Le soutien du remplacement de lignes de bus diesel par des technologies de propulsion utilisant une énergie non fossile par le Fonds pour le climat n'est pas exclu, même si la nouvelle loi sur le CO₂ ne mentionne pas explicitement cette mesure d'encouragement. Sur le long terme, les recettes supplémentaires qu'obtiendra la Confédération en raison de la suppression du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales sont plus adaptées pour soutenir ce remplacement, car la Confédération est tenue d'investir ces recettes dans le transport public sur route (cf. chap. 6.5.1).

Dans le cadre de leurs travaux, les trois échelons de l'État ont déjà entamé le dialogue politique autour de la question de la mise en œuvre concrète des mesures proposées. Ce dialogue est appelé à s'intensifier après la publication du présent rapport. Les acteurs concernés devront en outre pouvoir s'exprimer lors d'une consultation à large échelle.

8 Bibliographie

Ecoplan 2012. THG-Vermeidungskosten und -potenziale in der Schweiz, Literaturanalyse und Konzeption weitere Erhebungen, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Schlussbericht. 7 juin 2012. Berne.

INFRAS 2020. Abschätzung des Einsatz- und CO₂-Reduktionspotenzials durch Busse mit nicht fossilen Antriebstechnologien und Fördermöglichkeiten. Grundlagestudie und Zusatzstudie im Auftrag des Bundesamtes für Energie. Zurich.

Litra 2019. Les transports en chiffres, édition 2019. Service d'information pour les transports publics. Août 2019. Berne.

MICET 4.1. Manuel informatisé des coefficients d'émission du trafic routier. Version 4.1. INFRAS. Zurich.

OFEN 2020. Office fédéral de l'énergie. Statistique globale suisse de l'énergie 2019. Statistique globale suisse de l'énergie 2019, publiée le 9 juillet 2020. Berne.

OFEN 2019. Office fédéral de l'énergie. Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000–2018 nach Verwendungszwecken. Octobre 2019. Berne. (en allemand, avec un résumé en français)

OFEN/UTP 2020. Konzessionierte Transportunternehmen in der Schweiz – Umfrage zur Finanzierung Busse mit alternativen Antrieben und Daten zum Ortsverkehr. Berne.

OFEV 2020. Office fédéral de l'environnement. Émissions de gaz à effet de serre visées par la loi sur le CO₂ révisée et par le Protocole de Kyoto, par secteur, état: avril 2020. Berne.

OFS 2020a. Office fédéral de la statistique. Prestations du transport de personnes (PV-L), statistique des transports publics (TP). Juillet 2020. Neuchâtel.

OFS 2020b. Office fédéral de la statistique. Statistique du transport de marchandises (STM), statistique des transports publics (TP); Union pétrolière: rapport annuel. Juillet 2020. Neuchâtel.

9 Liste des illustrations

Figure 1:	Consommation totale d'énergie en Suisse. Source: présentation de l'OFEN basée sur OFEN 2020.....	5
Figure 2:	Consommation d'énergie par les transports publics, par moyen de transport. Source: présentation de l'OFEN basée sur OFEN 2019.....	6
Figure 3:	Émissions en équivalents CO ₂ en 2018 selon les secteurs (émissions de gaz à effet de serre). Source: présentation de l'OFEN basée sur OFEV 2020.....	6
Figure 4:	Part des différents moyens de transport dans les émissions de gaz à effet de serre des transports. Émissions en équivalents CO ₂ en 2018 selon le mode de transport. Source: présentation de l'OFEN basée sur OFEV 2020.....	7
Figure 5:	Indicateurs relatifs aux flottes (grandeur de référence: 5271 bus). Source: présentation de l'OFEN basée sur l'enquête OFEN/UTP auprès des entreprises de transport 2020.....	10
Figure 6:	Bus en service en 2020, par âge. Source: présentation de l'OFEN basée sur l'enquête OFEN/UTP auprès des entreprises de transport 2020.....	11
Figure 7:	Proportion de lignes selon leur longueur et la taille des véhicules dans le trafic local (grandeur de référence: 588 lignes, la part des bus à 2 étages et des bus de 15 m est inférieure à 1%). Source: présentation de l'OFEN basée sur l'enquête OFEN/UTP auprès des entreprises de transport 2020.....	12
Figure 8:	Proportion de lignes selon leur longueur et la taille des véhicules dans le trafic régional de voyageurs (TRV) (grandeur de référence: 1104 lignes, la part des bus à 2 étages et des bus de 15 m est inférieure à 1%). Source: présentation de l'OFEN basée sur l'enquête OFEN/UTP auprès des entreprises de transport 2020.....	12
Figure 9:	Définition des technologies de propulsion utilisant une énergie non fossile (IMC = <i>in motion charging</i> , en français: recharge pendant le voyage). Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	14
Figure 10:	Évolution de l'autonomie réelle des bus à batterie rechargés au dépôt. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	17
Figure 11:	Évolution des coûts d'acquisition des options de propulsion dans le temps. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	17
Figure 12:	Émissions de gaz à effet de serre des différentes technologies de propulsion sur douze ans (état: 2020), bus articulé dans le trafic local. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	20
Figure 13:	Consommation d'énergie primaire des options de propulsion utilisant une énergie non fossile en comparaison avec le bus diesel (= 100%). Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	21
Figure 14:	Émissions d'oxyde d'azote (NO _x) et de particules fines (PM10) des options de propulsion utilisant une énergie non fossile pendant le service en comparaison avec le bus diesel, pour un bus articulé circulant dans le trafic local. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	22
Figure 15:	Comparaison environnementale entre les transports publics et les voitures de tourisme. Source: présentation de l'OFEN basée sur mobitool.ch.....	24
Figure 16:	Coûts supplémentaires dans le trafic local et d'agglomération en comparaison avec le bus diesel Euro 6 (prise en compte des coûts complets) avec remboursement de l'impôt sur les huiles minérales. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	25
Figure 17:	Coûts supplémentaires dans le trafic local et d'agglomération en comparaison avec le bus diesel Euro 6 (prise en compte des coûts complets) sans remboursement de l'impôt sur les huiles minérales. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	26
Figure 18:	Coûts supplémentaires dans le trafic régional de voyageurs sur le Plateau en comparaison avec le bus diesel Euro 6 (prise en compte des coûts complets) avec remboursement de l'impôt sur les huiles minérales. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	26
Figure 19:	Coûts supplémentaires dans le trafic régional de voyageurs sur le Plateau en comparaison avec le bus diesel Euro 6 (prise en compte des coûts complets) sans remboursement de l'impôt sur les huiles minérales. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	27

Figure 20:	Coûts de réduction par tonne d'équivalents CO ₂ à court ou à long terme, avec ou sans remboursement de l'impôt sur les huiles minérales (CI: cadence intégrale; HDP: horaire cadencé avec renforcements aux heures de pointe). Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.	29
Figure 21:	Profils d'évaluation des options de propulsion utilisant une énergie non fossile ayant fait l'objet de l'analyse. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	31
Figure 22:	Classification des possibilités de financement. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	33
Figure 23:	Potentiel maximal en matière de remplacement des bus diesel par des bus à batterie dans le trafic régional de voyageurs et le trafic local. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	44
Figure 24:	Part des bus utilisant une énergie non fossile par rapport au total des bus diesel à remplacer par année, dans le scénario «potentiel réaliste». Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020. Directive de l'UE relative aux véhicules propres (<i>Clean Vehicles Directive</i>): les surfaces rouges représentent la fourchette dans laquelle se situent les objectifs des États membres pour les années 2025 et 2030.	45
Figure 25:	Potentiel réaliste en matière de remplacement des bus à batterie dans le trafic régional de voyageurs et le trafic local. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.	45
Figure 26:	Part des bus utilisant une énergie non fossile par rapport au total des bus diesel à remplacer par année, dans le scénario «remplacement progressif». Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020. Directive de l'UE relative aux véhicules propres (<i>Clean Vehicles Directive</i>): les surfaces rouges représentent la fourchette dans laquelle se situent les objectifs des États membres pour les années 2025 et 2030.	46
Figure 27:	Potentiel en matière de remplacement des bus à batterie dans le TRV et le trafic local dans le scénario «remplacement progressif». Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.	47
Figure 28:	Coûts supplémentaires approximatifs du remplacement des bus diesel par des bus à batterie: calcul de base admettant une durée de vie de douze ans par véhicule (toutes les options de propulsion) et de six ans par batterie. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	48
Figure 29:	Potentiel en matière de réduction des émissions de CO ₂ en cas de remplacement des bus diesel par des bus à batterie. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.	49
Figure 30:	Potentiel financier annuel du programme de «myclimate» dans le transport régional de voyageurs et le transport local en cas de contribution d'un montant de 200 francs suisses par tonne de CO ₂ . En-haut: potentiel financier maximal théorique sans aucune restriction. En-bas: estimation du potentiel financier réaliste. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.	51
Figure 31:	Estimation du potentiel financier annuel des contributions fédérales provenant du programme en faveur du trafic d'agglomération (PTA) dans le trafic local. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	52
Figure 32:	Évolution des contributions d'encouragement (programme de «myclimate» + PTA) et du besoin de financement non couvert pour le TRV et le trafic local. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	53
Figure 33:	Répartition possible du besoin de financement non couvert selon le financement ordinaire des transports publics (TRV et transport local). Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	54
Figure 34:	Présentation des possibilités de financement et des conflits potentiels dans le transport régional de voyageurs (TRV). Source: présentation de l'OFEN.	58
Figure 35:	Présentation des possibilités de financement et des conflits potentiels dans le transport local. Source: présentation de l'OFEN.	58
Figure 36:	Besoin de financement maximal dans le transport régional de voyageurs (TRV), scénario «potentiel réaliste». Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.....	59
Figure 37:	Besoin de financement maximal dans le trafic local, scénario «potentiel réaliste». Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.	59
Figure 38:	Besoin de financement maximal dans le transport régional de voyageurs (TRV), scénario «remplacement progressif». Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.	60
Figure 39:	Besoin de financement maximal dans le trafic local, scénario «remplacement progressif». Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.	60

10 Liste des tableaux

Tableau 1:	Coûts d'acquisition selon le type de bus et la technologie de propulsion (prix 2020). Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020. Pictogramme: VBZ.....	11
Tableau 2:	Coûts complets et indemnités 2019 pour les lignes du trafic régional de voyageurs (TRV) (enquête exhaustive, source: OFT, état 2020) et les lignes du trafic local (échantillon, source: enquête OFEN/UTP auprès des entreprises de transport 2020).	13
Tableau 3:	Vue d'ensemble et sélection des options de propulsion et des carburants (CCS: <i>Carbon Capture and Storage</i>). Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020.	16
Tableau 4:	Évaluation des alternatives de propulsion d'un point de vue technique et opérationnel.	18
Tableau 5:	Cas étudiés. HDP: heures de pointe.	19
Tableau 6:	Évaluation qualitative d'autres critères. Source: présentation de l'OFEN basée sur INFRAS 2020. 30	
Tableau 7:	Financement des transports publics par les pouvoirs publics. Source: Litra 2019.....	33
Tableau 8:	Vue d'ensemble du financement des transports publics et des mesures d'encouragement existants. 34	
Tableau 9:	Financement et possibilités d'encouragement des véhicules et des technologies de propulsion. .	35
Tableau 10:	Points forts et points faibles des financements et des possibilités d'encouragement existants. ...	36
Tableau 11:	Encouragements financiers en faveur des transports publics utilisant une énergie non fossile. ...	39
Tableau 12:	Détails du remboursement de l'impôt sur les huiles minérales.	40
Tableau 13:	Vue d'ensemble des cas de figure à l'étranger.....	41

11 Liste des abréviations

AIMP	Accord intercantonal sur les marchés publics
CDCTP	Conférence des délégués cantonaux des transports publics
CO ₂ e	Équivalents CO ₂
ETC	Entreprises de transport concessionnaires
LMP	Loi fédérale sur les marchés publics
LPE	Loi sur la protection de l'environnement
LSu	Loi sur les subventions
OFEN	Office fédéral de l'énergie
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OFT	Office fédéral des transports
PTA	Programme en faveur du trafic d'agglomération
QMS TRV	Système de mesure de la qualité du transport régional de voyageurs
TIM	Trafic individuel motorisé
TP	Transports publics
TRV	Trafic régional de voyageurs
UTP	Union des transports publics