



MESSAGE AU CONSEIL GÉNÉRAL

Remplacement des véhicules communaux Plan quinquennal 2024-2028

Monsieur le Président,
Mesdames et Messieurs les Conseillères et Conseillers généraux,

Le Conseil communal a l'avantage de soumettre à votre examen et à votre approbation un crédit pour le remplacement des véhicules communaux sur une période de 5 ans.

I. INTRODUCTION

La Commune de Villars-sur-Glâne exprime une volonté claire d'optimiser et de rationaliser le choix du système de propulsion lors de l'acquisition de nouveaux véhicules. De plus, elle vise à améliorer l'efficacité du parc sur les plans organisationnel, financier et environnemental.

Pour atteindre ces objectifs, le Conseil communal a mandaté le bureau Hymexia Sàrl, spécialisé en stratégie des véhicules et machines, pour mener une étude approfondie. Cette étude a abouti à un audit exhaustif de l'ensemble des véhicules communaux, définissant leur situation actuelle et établissant une stratégie d'achat et de renouvellement en tenant compte des besoins spécifiques de chaque secteur d'activité. Elle a également identifié les synergies potentielles pour maximiser la rentabilité.

Cette étude offre une vue d'ensemble du parc de véhicules, mettant en lumière leur utilisation et leur coût respectif. De plus, elle analyse les véhicules selon des critères déterminants liés au système de propulsion, afin de définir les options admissibles pour chaque véhicule et d'évaluer leur impact environnemental.

En conclusion, l'étude propose une stratégie et un calendrier de renouvellement visant à optimiser la configuration du parc et l'utilisation des véhicules.

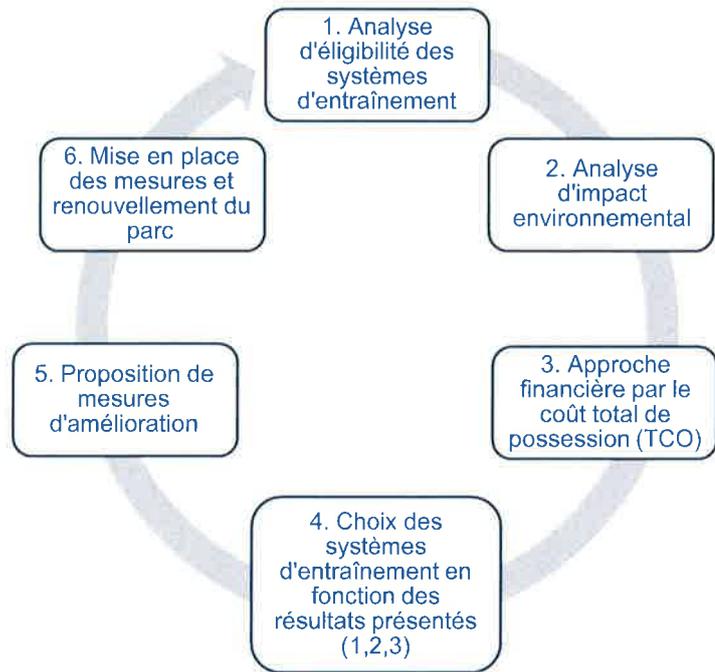
Ce résumé présente les principaux résultats de l'audit. Le rapport final et ses annexes sont disponibles en téléchargement sur le site internet de la Commune.



II. LE PRINCIPE D'ÉTUDE

Le schéma ci-contre décrit la méthode proposée pour effectuer le choix du système d'entraînement le mieux adapté.

La méthode utilisée consiste à regrouper les véhicules par type et à analyser chaque type du point de vue de l'éligibilité des systèmes d'entraînement (point 1 du graphique) et du point de vue de l'impact environnemental (point 2). Une étude complémentaire concernant l'aspect financier est réalisée selon la méthode du TCO (point 3 du graphique). Ces différentes analyses offrent une vision holistique et permettent un choix éclairé concernant la future stratégie.



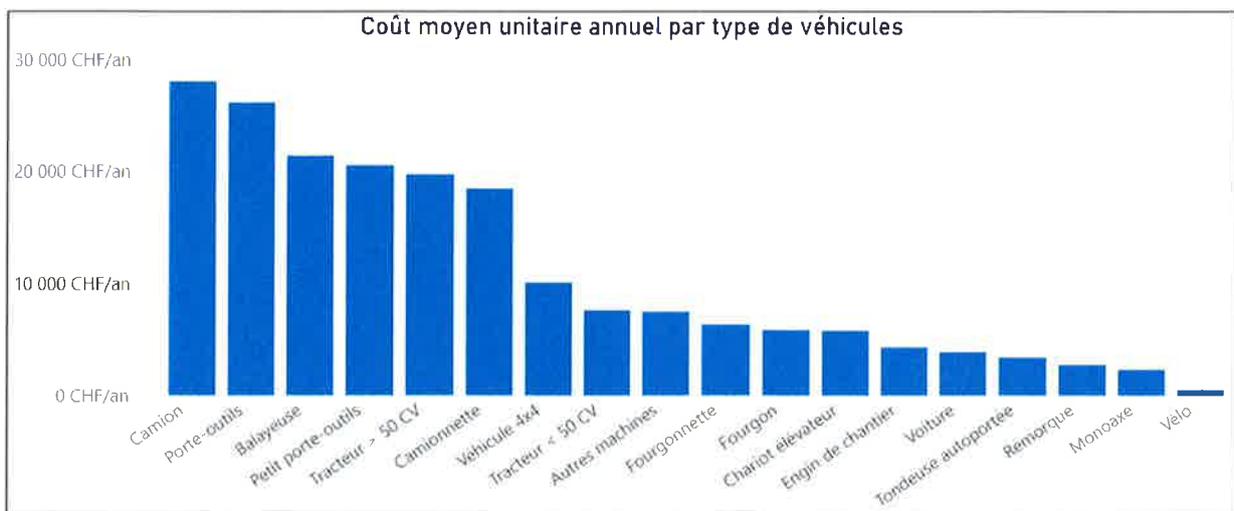
En parallèle, la configuration du parc est optimisée sur la base des constats concernant les aspects organisationnels et financiers.

Figure 1. Illustration de la méthode utilisée au cours de l'étude

III. COÛTS ANNUELS DU PARC VÉHICULES ACTUEL

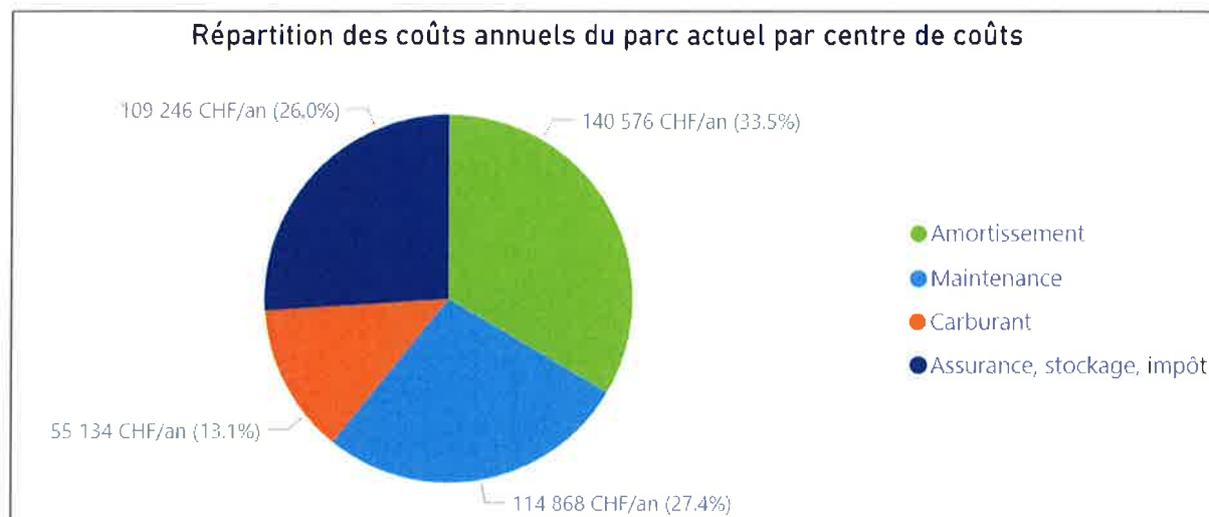
Le parc automobile communal se compose de 51 véhicules et machines répartis dans différents services. Actuellement, l'âge moyen du parc de véhicules est de 13,9 ans, dépassant ainsi l'âge moyen maximal recommandé de 12,7 ans.

Le graphique ci-dessous permet de visualiser l'impact financier annuel moyen de chaque type de véhicule du parc de la Commune.



Graphique 1. Coût moyen unitaire annuel par type de véhicules

Le Graphique 2 montre la répartition annuelle en fonction des différents centres de coûts. Avec le renouvellement du parc, le changement de systèmes d'entraînement (notamment de motorisation thermique à motorisation alternative) et le respect des durées de vie recommandées par le bureau d'étude, une forte diminution des frais de maintenance peut être espérée. Les frais de carburant, représentant actuellement 13,1% des frais annuels du parc, seront également fortement diminués lors de la transition vers des véhicules électrifiés ou thermiques de nouvelle génération. Ces diminutions seront cependant en partie balancées par l'augmentation des amortissements en raison du prix d'achat plus élevé des véhicules avec motorisation alternative.



Graphique 2. Répartition des coûts annuels par centre de coûts

IV. ANALYSE DE CYCLE DE VIE (ACV) DU PARC DE VÉHICULES EN 2024

Emissions de CO₂-equ.	105.5 t/an
DALY	0,153 DALY/an
Ressources	1'526'440 MJ/an

Les émissions totales du parc de véhicules actuel équivalent au rejet de 105.5 tonnes de CO₂ equ. par année. Ces 106 tonnes de CO₂-equ. émises équivalent à environ 555'397 km parcourus par une voiture diesel¹ ou à environ 40 allers-retours Genève-New York en avion.

L'impact du parc de véhicules sur la santé humaine est de 0,153 DALY par an. Autrement dit, si l'entier de l'impact du parc de véhicules sur la santé humaine était répercuté sur un seul être humain, celui-ci perdrait 1 année de vie toutes les 6,5 années environs. Si l'entier de cet impact sur la santé humaine était répercuté sur la population de Villars-sur-Glâne, chaque habitant perdrait environ 7 minutes de vie par année.

¹ Voiture diesel consommant 6.0 l/100km et en prenant en compte l'énergie grise (= env. 190 g CO₂-equ./km) et vol en classe économique.

V. RÉSULTAT DE L'ANALYSE D'ELIGIBILITE

Sur la base des besoins et des missions de la Commune ainsi que de l'analyse de marché réalisée par le bureau d'étude, les systèmes d'entraînement éligibles sont listés avec un symbole ✓ dans le Tableau 1. Le symbole ⚠ signifie quant à lui que des solutions existent sur le marché mais qu'une évaluation au cas par cas est nécessaire. Enfin, le symbole ✗ indique que le système de motorisation n'est pas disponible ou n'est pas adapté à l'utilisation de la Commune.

Tableau 1. Systèmes d'entraînement éligibles pour les véhicules devant être remplacés jusqu'en 2028

Eligibilité des systèmes d'entraînement pour la Commune							
Types	Diesel	Biodiesel	Essence	Bioéthanol	Electrique	Méthane / Biométhane	Hydrogène
Autres machines	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Balayeuse	✓	✗	✗	✗	⚠	✗	✗
Camion	✓	✗	✗	✗	⚠	✓	✗
Camionnette	✓	✗	✗	✗	⚠	⚠	✗
Chariot élévateur	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗
Engin de chantier	✓	✗	✗	✗	⚠	✗	✗
Fourgon	✓	✗	✓	✗	✓	⚠	✗
Fourgonnette	✓	✗	✓	✗	✓	⚠	✗
Monoaxe	✓	✗	✓	✗	⚠	✗	✗
Petit porte-outils	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗
Porte-outils	✓	✗	✗	✗	⚠	✗	✗
Tondeuse autoportée	✓	✗	✓	✗	⚠	✗	✗
Tracteur < 50 CV	✓	✗	✗	✗	⚠	✗	✗
Tracteur > 50 CV	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Véhicule 4x4	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗
Voiture	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗

Des recherches ont été effectuées sur les possibilités d'utilisation de biocarburants pour les véhicules communaux (bioéthanol et biodiesel). En raison des distances importantes à parcourir, et par conséquent du temps nécessaire au déplacement afin d'effectuer le ravitaillement dans une station-service, ces solutions ne sont pas conseillées à la Commune. La livraison de containers de 1'000 litres de biodiesel est également possible. Cependant, aucune place de stockage facilement accessible pour un camion de livraison et aucune place de transvasement adaptée au ravitaillement n'est disponible.

Concernant l'hydrogène, la station la plus proche de Villars-sur-Glâne se situe à Berne. Il est par conséquent évident que le trajet à effectuer pour le ravitaillement n'apporte dans ce cas aucun bénéfice à ce système d'entraînement.

Le biométhane est également une solution de propulsion pour les véhicules. Cependant, seuls quelques véhicules sont disponibles sur le marché suisse et des problèmes cycliques de délais de livraison ne permettent pas d'assurer le renouvellement des véhicules.

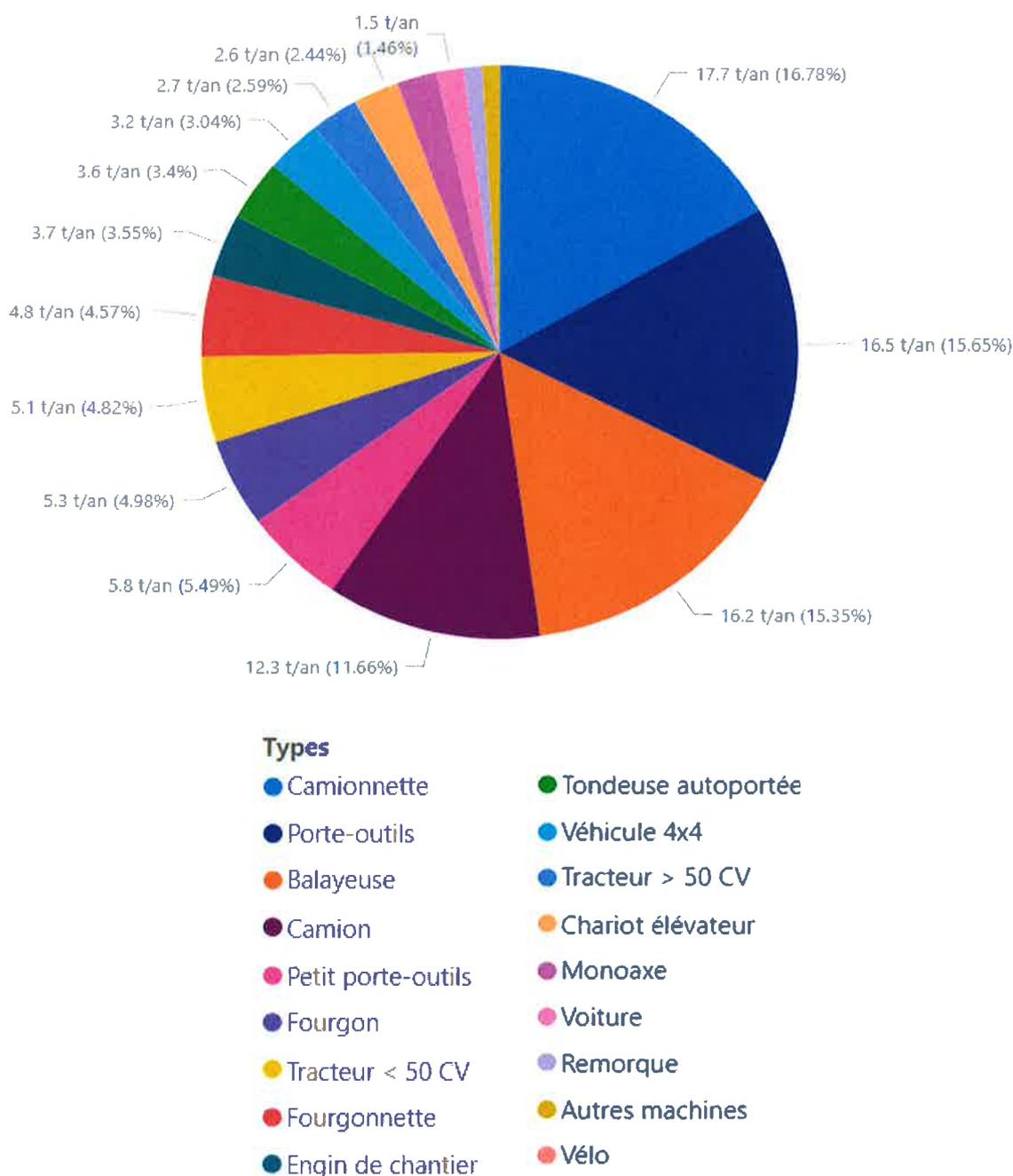
Concernant la motorisation électrique, certains types de véhicules sont disponibles sur le marché mais doivent être évalués au cas par cas afin de répondre aux besoins de la Commune. Pour cette raison, les véhicules de types camion, camionnette, engin de chantier et porte-outils sont marqués d'un symbole ⚠. Il en est de même pour les balayeuses, disponibles en version 2 m³ mais actuellement déconseillées en version 5 m³ sans essais grandeur nature. Concernant les véhicules de type monoaxe, tondeuse autoportée et tracteur

< 50 CV, ceux-ci sont aujourd'hui en développement en version électrique. Dépendant de leur année de renouvellement, une solution alternative aux carburants fossiles pourra être étudiée en fonction des nouveautés sur le marché.

VI. AXES D'AMÉLIORATION PRINCIPAUX

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** représente la répartition par type de véhicules des émissions actuelles du parc. Les véhicules de types « camionnette », « porte-outils » et « balayeuse » sont à eux seuls responsables de près de 50% des émissions de gaz à effet de serre du parc communal avec environ 50 tonnes de CO₂-equ. par an.

Répartition des émissions de CO₂-equ. actuelles par type de véhicules



Graphique 3. Répartition des émissions de CO₂-equ. du parc actuel par type de véhicules

VII. RÉCAPITULATIF DES MESURES A APPLICABLES JUSQU'EN 2028

Avec l'application à terme de l'ensemble des mesures présentées dans le rapport, les impacts sont évalués, selon la provenance de l'électricité, dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 2. Récapitulatif des mesures avec de l'électricité du réseau

Mesure n°	Type	Nb de véhicules à acquérir	Nb de nouveaux véhicules électriques	Acquisition des véhicules [CHF]	Impact financier sur le parc [CHF/an]	Emissions CO ₂ [t/an]	Santé humaine [DALY/an]	Ressources [MJ/an]	Énergie électrique [kWh/an]
1	Autres machines	1	0	70 000	3 120	0	0.00E+00	0	0
2	Balayeuse	2	1	570 000	30 662	-3.5	-5.24E-03	-38 562	3288
3	Camion	1	0	250 000	44 322	12.7	1.83E-02	182 062	0
4	Camionnette	2	2	230 000	-10 228	-10.5	-1.55E-02	-133 434	20212
5	Chariot élévateur	1	1	50 000	-166	-0.2	7.77E-04	-7 504	137
6	Fourgonnette	2	2	90 000	4 226	-0.6	-9.19E-04	2 240	12764
7	Monoaxe	1	0	19 500	-	0	0.00E+00	0	0
8	Petit porte-outils	1	1	225 000	3 454	-4.6	-7.17E-03	-56 211	3053
9	Petite camionnette	1	1	65 000	11 033	1.3	1.47E-03	26 529	2400
10	Porte-outils	2	2	500 000	9 407	-5.3	-7.62E-03	-57 892	23068
11	Remorque	5	0	51 690	-734	0	-6.32E-05	-659	0
12	Tondeuse autoportée	1	0	12 750	-	0	0.00E+00	0	0
13	Tracteur < 50 CV	1	0	51 350	4 279	0	0.00E+00	0	0
14	Véhicule 4x4	0	0	-	-10 109	-3.2	-5.29E-03	-47 603	0
15	Voiture	1	1	30 000	2 296	0.3	8.27E-04	6 916	690
Total		22	11	2 215 290	91 562	-14	-2.05E-02	-124 116	65 612

21.25%
Impact financier [CHF/an]

-12.92%
Émissions CO₂-equ.

-13.39%
Santé humaine

-8.13%
Ressources

Tableau 3. Récapitulatif des mesures avec de l'électricité photovoltaïque

Mesure n°	Type	Nb de véhicules à acquérir	Nb de nouveaux véhicules électriques	Acquisition des véhicules [CHF]	Impact financier sur le parc [CHF/an]	Emissions CO ₂ [t/an]	Santé humaine [DALY/an]	Ressources [MJ/an]	Énergie électrique [kWh/an]	Surface PV nécessaire [m ²]
1	Autres machines	1	0	70 000	3 120	0	0.00E+00	0	0	0
2	Balayeuse	2	1	570 000	30 103	-4.6	-6.09E-03	-65 394	3288	15
3	Camion	1	0	250 000	44 322	12.8	1.83E-02	182 062	0	0
4	Camionnette	2	2	230 000	-11 087	-12.2	-1.68E-02	-174 668	20212	95
5	Chariot élévateur	1	1	50 000	-189	-0.2	7.42E-04	-8 622	137	1
6	Fourgonnette	2	2	90 000	3 683	-1.7	-1.74E-03	-23 798	12764	60
7	Monoaxe	1	0	19 500	-	0	0.00E+00	0	0	0
8	Petit porte-outils	1	1	225 000	2 935	-5.6	-7.96E-03	-81 127	3053	14
9	Petite camionnette	1	1	65 000	10 625	0.5	8.50E-04	6 945	2400	11
10	Porte-outils	2	2	500 000	8 426	-7.3	-9.10E-03	-104 952	23068	108
11	Remorque	5	0	51 690	-734	0	-6.32E-05	-659	0	0
12	Tondeuse autoportée	1	0	12 750	-	0	0.00E+00	0	0	0
13	Tracteur < 50 CV	1	0	51 350	4 279	0	0.00E+00	0	0	0
14	Véhicule 4x4	0	0	-	-10 109	-3.2	-5.29E-03	-47 603	0	0
15	Voiture	1	1	30 000	2 179	0.1	6.49E-04	1 287	690	3
Total		22	11	2 215 290	87 553	-22	-2.65E-02	-316 528	65 612	307

20.32%
Impact financier [CHF/an]

-20.45%
Émissions CO₂-equ.

-17.37%
Santé humaine

- 20.74%
Ressources

VIII. PLANNING DE RENOUELEMENT

Le tableau ci-dessous présente le planning de renouvellement jusqu'en 2028 en prenant en considération l'état mécanique actuel des véhicules, ceci en péjorant légèrement le respect des renouvellements au moment exact où la durée de vie recommandée arrive à échéance.

Tableau 2. *Planning de renouvellement*

Véhicule	Futur véhicule	Carburant	Prix d'achat	En retard	2024	2025	2026	2027	2028
01 Citroën Berlingo	Fourgonnette	Electrique	45000	-11	✗	✓			
02 Honda Jazz	Voiture	Electrique	30000	-5	✗	✓			
08 Ravo 540	Balayeuse	Diesel	270000	-5	✗	✓			
09 Mathieu Azuro Concept	Balayeuse	Electrique	300000					✓	
12 Peugeot Partner	Fourgonnette	Electrique	45000			✓			
14 Mercedes Puch G300CDI	Camionnette	Electrique	80000		✓				
15 Reform Kiffer Boki	Porte-outils	Electrique	250000					✓	
18 Reform T10	Porte-outils	Electrique	250000						✓
20 Zbinden TAM 98 surb.	Remorque	Non motorisé	17373				✓		
21 Sensa 3205 BA	Remorque	Non motorisé	10000	-15	✗	✓			
23 Linde H20 T	Chariot élévateur	Electrique	50000				✓		
26 Reform M14	Monoaxe	Essence	19500						✓
30 Boschung Pony P4-T	Petit porte-outils	Electrique	225000				✓		
33 Zbinden AA-97	Remorque	Non motorisé	5470					✓	
34 Iveco Daily double	Camionnette	Electrique	150000		✓				
36 John Deere 3720	Tracteur < 50 CV	Diesel	51350	-2	✗	✓			
38 Vezeko 600 spider	Autres machines	Diesel	70000		✓				
39 Sensa 800B	Remorque	Non motorisé	5500	-12	✗			✓	
44 Etesia Attila	Tondeuse autoportée	Essence	12750				✓		
46 Fischer 800 L	Remorque	Non motorisé	13342					✓	
48 Iveco Daily 70C17	Camion	Diesel	250000	-2	✗	✓			
	Petite camionnette	Electrique	65000		✓				

Sur les 51 véhicules du parc actuel, ce sont 6 véhicules qui devraient être remplacés d'ici fin 2024 afin de respecter le planning de renouvellement. De plus, l'acquisition d'une petite camionnette supplémentaire pour les personnes au chômage venant travailler pour la Commune, afin de ne pas diminuer les disponibilités du parc pour les employés communaux, est recommandée. Ces 7 véhicules représentent un investissement de CHF 895 000.- TTC.

La projection jusqu'en 2028 permet d'établir une planification financière sur 5 ans du renouvellement du parc de véhicules communaux. 15 véhicules supplémentaires sont concernés par le planning de renouvellement entre 2025 et 2028. Le renouvellement de ces 15 véhicules nécessitera un investissement total d'environ CHF 1 330 000.- TTC.

La situation actuelle et les tarifs des véhicules sur le marché peuvent fluctuer rapidement en fonction de la situation mondiale et des nouvelles technologies. Pour cette raison, il est pris en compte une marge supplémentaire de 15 % sur le budget demandé pour le remplacement des véhicules.

Tableau 3. *Investissement estimatif à prévoir par année jusqu'en 2028 (en CHF TTC)*

2024	2025	2026	2027	2028	Total
895 000	175 000	310 000	575 000	270 000	2 225 000

IX. CONCLUSION DE L'AUDIT

Bien adapté aux travaux et missions actuelles, le parc de véhicules de la Commune de Villars-sur-Glâne est régulièrement renouvelé et nécessite principalement une transition progressive vers des moyens de propulsion alternatifs.

L'application des mesures proposées apporterait les bienfaits suivants :

Aspects opérationnels	<ul style="list-style-type: none"> • uniformisation des véhicules
Aspects administratifs	<ul style="list-style-type: none"> • réalisation d'appels d'offres groupés • amélioration des conditions administratives, commerciales et de service après-vente • mise en place d'une stratégie à long terme mettant en lumière de manière scientifique les bienfaits apportés par la politique de renouvellement des véhicules
Aspects environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> • réduction de l'impact environnemental du parc de véhicules communaux • par exemple jusqu'à -20,5 % d'émission de CO₂-<small>equ.</small> d'ici 2028
Aspects publics	<ul style="list-style-type: none"> • possibilité de communiquer sur les bienfaits de la stratégie de renouvellement et sur l'exemplarité du futur parc de véhicules • opportunité de développement d'une nouvelle signature visuelle des véhicules communaux
Aspects économiques	<ul style="list-style-type: none"> • impact modéré sur les coûts annuels du parc de véhicules malgré les avantages précités

L'application de l'ensemble des mesures recommandées, avec de l'énergie photovoltaïque, engendrerait un surcoût d'environ 87 500 CHF/an (dont 39 000 CHF/an dus aux nouveaux amortissements). Ce surcoût doit toutefois être mis en balance avec les économies d'émissions de gaz à effet de serre réalisées (-20,5 %), la diminution de l'impact sur la santé humaine (-17,4 %) et l'extraction des ressources non renouvelables (-20,7 %).

Le recul obtenu ces dernières années et la démocratisation de ces véhicules (toutes catégories confondues) permet de confirmer le bien-fondé de l'utilisation de ces nouvelles technologies dans les parcs de véhicules des communes suisses.

L'audit mené met en lumière les catégories de véhicules pour lesquelles cette transition est possible dès aujourd'hui. En tenant compte de l'évolution rapide des technologies, des catégories non disponibles aujourd'hui, telles que les monoaxes, le seront probablement dans le futur. Il met également en lumière le fait que d'autres technologies plus « anciennes » qui consistent à utiliser un moteur thermique sont tout aussi valables voire plus pertinentes dans certains cas d'utilisation.

Les hypothèses utilisées dans ce rapport sont toutes relativement pessimistes en ce qui concerne les coûts. Malgré cela, le coût annuel du parc varie relativement peu entre sa configuration actuelle et sa configuration après le renouvellement des véhicules. En effet, sur les 20,3 % d'augmentation des coûts, 9,1 % sont dus aux frais d'amortissement des véhicules ayant aujourd'hui dépassé leur durée de vie recommandée.

En conclusion, il est fortement recommandé de procéder aux investissements présentés, la balance coûts/bénéfice étant clairement en faveur de la politique de renouvellement proposée.

X. INSTALLATION DE BORNES DE RECHARGE

Le plan de remplacement proposé comprend l'acquisition de 11 nouveaux véhicules électriques, destinés à être stationnés principalement au bâtiment des Services extérieurs (BSEV),

situé à la route de Chandolan 1. Seuls deux véhicules seront parqués au bâtiment de l'Administration communale.

Actuellement, ces deux bâtiments ne sont pas équipés de bornes de recharge adaptées pour le nouveau parc de véhicules. Pour l'équipement des deux bâtiments de bornes de recharge sont nécessaires :

- 7 bornes de 22 kW et 1 borne de recharge rapide de 50 kW au BSEV
- 2 bornes de 22 kW au bâtiment de l'Administration communale.

À noter également que dans le budget des investissements pour l'année 2027 est prévue une dépense de CHF 280 000.- TTC sous le numéro de compte 6151.5040.001, pour l'installation photovoltaïque sur le toit du bâtiment des Services extérieurs. Pour ces travaux est attendue une subvention cantonale d'environ CHF 60 000.- TTC, budgétisée sous le compte 6151.6340.101. Un message d'investissement spécifique pour l'installation des panneaux photovoltaïques sur le toit du BSEV sera présenté ultérieurement.

XI. FINANCEMENT

Dans le cadre des procédures d'appel d'offres pour l'acquisition des nouveaux véhicules, la reprise des anciens véhicules sera recherchée. Selon les estimations faites, la valeur de reprise des véhicules et des machines qui seront remplacées d'ici 2028 s'élève à environ CHF 175 000.- TTC.

Les véhicules étant répartis dans différents départements, un total de trois comptes d'investissement ont été inclus dans la planification financière 2024-2028, pour un montant total de CHF 3 085 000. – réparti de la manière suivante :

3420.5060.025 - Renouv. vhc jardins, plan quinquennal 2024-2028	CHF	957 000.-
6150.5060.025 - Renouv. vhc édilité, plan quinquennal 2024-2028	CHF	1 788 000.-
7301.5060.025 - Renouv. vhc déchets, plan quinquennal 2024-2028	CHF	340 000.-

Sur la base des études menées, le plan quinquennal 2024-2028 pour le renouvellement du parc de véhicules communaux se décompose à présent comme suit (montants en CHF, TTC) :

1 Investissement à prévoir jusqu'en 2028	2 225 000.-
2 Marge de 15 % supplémentaire	331 000.-
3 Adaptations particulières des véhicules (ponts, prise de force, grue, etc.)	50 000.-
4 Adaptation des installations (bornes de recharge)	100 000.-
5 Frais de procédure et constitution des dossiers d'appels d'offres	23 000.-
6 Financement de l'audit pour le renouv. du parc véhicules	26 000.-
7 Estimation valeur de liquidation du parc véhicules actuel	- 175 000.-
MONTANT TOTAL NET TVA COMPRISE	2 580 000.-

La nouvelle répartition par compte d'investissement est la suivante :

3420.5060.025 - Renouv. vhc jardins, plan quinquennal 2024-2028	CHF	560 000.-
6150.5060.025 - Renouv. vhc édilité, plan quinquennal 2024-2028	CHF	1 700 000.-
7301.5060.025 - Renouv. vhc déchets, plan quinquennal 2024-2028	CHF	320 000.-

XII. CHARGES FINANCIÈRES

Demande de crédit d'investissement	CHF	2 580 000.- TTC
Amortissement de 10 % par an sur CHF 2 580 000.- Selon MCH2	CHF	258 000.- TTC
Intérêts de 2% par an sur CHF 2 580 000.-	CHF	51 600.- TTC
TOTAL DES CHARGES FINANCIÈRES ANNUELLES	CHF	309 600.- TTC

XIII. PROPOSITION

Sur la base de ce qui précède, le Conseil communal vous invite à approuver le crédit d'investissement total de **CHF 2 580 000.00 TTC** et autoriser le recours à l'emprunt pour le financer.

Nous vous prions de croire, Monsieur le Président, Mesdames et Messieurs les Conseillères et Conseillers généraux, à l'assurance de notre parfaite considération.

Le Conseiller communal
Responsable du dicastère des Services extérieurs, culture et sports


François Grangier

Approuvé par le Conseil communal
dans sa séance du 29 avril 2024

AU NOM DU CONSEIL COMMUNAL

Le Secrétaire


Emmanuel Roulin



Le Syndic


Bruno Marmier

Annexes : - Rapport de l'audit du parc de véhicules (consultable sur le site de la Commune)
- Annexes au rapport - Audit environnemental (consultable sur le site de la Commune)

Etude réalisée sur mandat de la Commune de Villars-sur-Glâne



Rapport d'audit



Source : <https://www.laliberte.ch/>

« Audit organisationnel, financier et environnemental du parc de véhicules »

ÉTABLI PAR :

HYMEXIA

Route de Vevey 105

CH – 1618 Châtel-St-Denis

Contenu du rapport

1. Historique des versions	4
2. Lexique	4
3. Préambule.....	5
4. Introduction	5
5. Description du champ de l'étude et des méthodes utilisées	6
5.1. VÉHICULES ANALYSÉS	6
5.2. MÉTHODE ET PRINCIPES DE L'ÉTUDE.....	6
5.3. ANALYSE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL	6
5.3.1. <i>Méthode de l'analyse de cycle de vie</i>	6
5.3.2. <i>Base de données de facteurs d'émissions</i>	6
5.3.3. <i>Méthode de calcul d'impacts et indicateurs</i>	7
6. Présentation de la situation actuelle.....	8
6.1. AGE DU PARC DE VÉHICULES	8
6.2. DURÉE DE VIE D'UN VÉHICULE ET CORRÉLATION AVEC L'ÉVOLUTION DES FRAIS DE MAINTENANCE CORRECTIVE ..	8
6.3. DURÉE DE VIE ET AMORTISSEMENT	9
6.4. ÉVOLUTION DES COÛTS D'UN PARC DE VÉHICULES.....	10
7. Constatations	11
7.1. RÉPARTITION DES VÉHICULES	11
7.2. COÛTS ANNUELS DU PARC DE VÉHICULES ACTUEL	12
7.3. CONFIGURATION DU PARC DE VÉHICULES ET QUANTITÉ DE VÉHICULES	13
7.4. BENCHMARK	13
8. Problématiques liées au choix d'un système d'entraînement.....	14
8.1. PRÉSENTATION DES PROBLÉMATIQUES	14
8.1.1. <i>Analyse d'éligibilité du système d'entraînement par rapport au cahier des charges d'un véhicule</i> ...	14
8.1.2. <i>Contraintes liées à l'autonomie, la charge utile et le volume à disposition</i>	14
8.1.3. <i>Contraintes liées au ravitaillement</i>	15
8.1.4. <i>Investissements de base</i>	16
8.1.5. <i>Exigences organisationnelles</i>	16
8.2. DURÉE DE VIE DES BATTERIES DE TRACTION	16
8.3. ÉVOLUTIONS PROBABLES À COURT ET MOYEN TERME	17
9. Considérations générales concernant les enjeux environnementaux.....	17
9.1. INFLUENCE DU CHOIX DE LA SOURCE D'APPROVISIONNEMENT D'ÉNERGIE SUR LES RÉSULTATS	17
9.2. L'IMPORTANCE DE L'ACHAT DE NOUVELLES ÉNERGIES RENOUVELABLES	18
9.3. RECYCLAGE DES VÉHICULES EN FIN DE VIE.....	19
9.3.1. <i>Recyclabilité des produits</i>	20
10. Hypothèses et données utilisées pour les ACV et les TCO	20
10.1. DURÉE D'UTILISATION ET D'AMORTISSEMENT.....	20
10.1.1. <i>Impact environnemental annuel du parc de véhicules</i>	20
10.2. HYPOTHÈSES UTILISÉES POUR LES ACV	21
10.3. HYPOTHÈSES ET DONNÉES UTILISÉES POUR LE TCO	21
11. Analyse d'éligibilité des systèmes d'entraînement	22
11.1. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.....	22
11.2. VÉHICULES PRIS EN COMPTE DANS L'ANALYSE D'ÉLIGIBILITÉ	23
11.3. CRITÈRES PRIS EN COMPTE DANS L'ANALYSE D'ÉLIGIBILITÉ	23

11.4.	RÉSULTATS DE L'ANALYSE D'ÉLIGIBILITÉ	24
12.	ACV du parc de véhicules 2024	26
12.1.	RÉSULTATS DE L'ACV DU PARC 2024	26
12.1.1.	<i>Axes d'amélioration principaux</i>	26
13.	Propositions de mesures d'amélioration	28
13.1.	MESURE 1 : RENOUELEMENT DU ROBOT DE FAUCHE N°38	28
13.2.	MESURE 2 : RENOUELEMENT DES BALAYEUSES N°8 ET N°9	28
13.3.	MESURES 3, 4 ET 14 : MODIFICATION DE LA RÉPARTITION DES CAMIONS, CAMIONNETTES ET VÉHICULES 4x4 ...	29
13.4.	MESURE 5 : RENOUELEMENT DU CHARIOT ÉLEVATEUR LINDE N°23	30
13.5.	MESURE 6 : RENOUELEMENT DE 2 FOURGONNETTES (N°01 ET N°12)	31
13.6.	MESURE 7 : RENOUELEMENT DU MONOAXE REFORM M14 N°26	31
13.7.	MESURE 8 : RENOUELEMENT DU PETIT PORTE-OUTILS N°30	32
13.8.	MESURE 9 : ACHAT D'UNE PETITE CAMIONNETTE ÉLECTRIQUE	33
13.9.	MESURE 10 : RENOUELEMENT DE 2 PORTE-OUTILS (N°15 ET N°18)	34
13.10.	MESURE 11 : MESURES CONCERNANT LES REMORQUES	34
13.11.	MESURE 12 : RENOUELEMENT DE LA TONDEUSE AUTOPORTÉE N°44	35
13.12.	MESURE 13 : RENOUELEMENT DU TRACTEUR JOHN DEERE N°36	35
13.13.	MESURE 15 : RENOUELEMENT DE LA VOITURE HONDA N°2	36
14.	Recommandations d'Hymexia	37
14.1.	RÉCAPITULATIF DES MESURES À APPLIQUER EN PRIORITÉ	37
14.2.	RÉCAPITULATIF DES MESURES APPLICABLES JUSQU'EN 2028	38
14.3.	ÉCLAIRCISSEMENT DES MESURES PROPOSÉES	39
15.	Planning de renouvellement	39
16.	Conclusion	40

1. Historique des versions

Date :	Version :	Description :
27.02.2024	1.0	Version préliminaire présentée à la Commune
19.03.2024	1.1	Version du rapport d'audit transmise à la Commune après corrections
08.04.2024	1.2	Version du rapport d'audit après seconde série de corrections
10.04.2024	1.3	Version du rapport d'audit avec tableau arrondi de l'investissement à prévoir

2. Lexique

Acronymes

ACV	Analyse de cycle de vie
EICV	Evaluation des impacts du cycle de vie
EMPA	« Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt » ou en français : « Laboratoire fédéral d'essai des matériaux de recherche »
GWP	« Global warming potential » ou en français : « Potentiel de réchauffement Global »
IMPACT 2002+	Méthodologie d'évaluation de l'impact du cycle de vie
IPCC	The intergovernmental Panel on Climate Change
PAC	Pile à combustible
PAS	Publicity Available Standard
Système d'entraînement	Le système d'entraînement correspond à l'ensemble permettant de transformer l'énergie stockée à bord du véhicule en énergie utile pour la translation et l'alimentation des agrégats
TCO	« Total Cost of Ownership » ou en français : « Coût total de possession »

Unités

CO ₂	Dioxyde de carbone
kg CO ₂ -equ.	Kilogramme de CO ₂ équivalent pour un même impact sur le climat
DALY	Disability-adjusted Life Years
kWh	Kilowattheure
MJ	Mégajoule : 1 MJ = 3'600'000 kWh

3. Préambule

À la suite de notre offre datée du 29 novembre 2023, nous avons reçu le mandat de réaliser un audit du parc de véhicules de la Commune de Villars-sur-Glâne.

Le présent document se base sur les informations recueillies notamment lors de la visite du 9 janvier 2024 ainsi que sur les documents et informations transmis par la Commune. Certaines informations manquantes sont extrapolées à partir de la base de données et de l'expérience d'Hymexia.

4. Introduction

Il existe une volonté de la part de la Commune de Villars-sur-Glâne de disposer d'une stratégie de renouvellement de son parc de véhicules et d'une planification financière y relative, ainsi que d'optimiser et d'objectiver le choix du système d'entraînement lors de l'acquisition de nouveaux véhicules. De plus, une amélioration de l'efficacité du parc du point de vue organisationnel, financier et environnemental est attendue.

Ce rapport d'audit se divise en six axes principaux :

- Description du champ de l'étude et des méthodes utilisées
- Présentation de la situation actuelle et des données recueillies
- Analyse de la situation actuelle
 - Organisationnelle
 - Financière
 - Environnementale
- Détermination des possibilités techniques et des systèmes d'entraînement
- ACV et TCO du parc de véhicules
- Proposition de mesures d'amélioration
- Proposition d'un planning de renouvellement

D'une part, ce rapport offre une vue d'ensemble du parc de véhicules en matière d'utilisation et de coût de chaque véhicule. D'autre part, cette étude analyse ces véhicules en fonction de critères déterminants du point de vue du système d'entraînement. Le but est ensuite de définir les systèmes d'entraînement éligibles pour chaque véhicule puis de mettre en lumière l'impact environnemental de ces systèmes d'entraînement.

La stratégie future est élaborée à partir des constatations présentées dans la première partie de ce rapport. Cette stratégie tient compte de l'utilisation faite des véhicules ainsi que des besoins en termes de véhicules et machines nécessaires aux services de la Commune de Villars-sur-Glâne afin d'accomplir les tâches qui leur incombent.

Dans sa version complète, ce document constitue la version finale du rapport d'audit et sert de base à l'application de la stratégie de renouvellement et à la mise en place des adaptations proposées.



Certains tableaux et graphiques nécessaires à la compréhension de ce rapport d'audit sont regroupés en annexe et destinés à être imprimés au format A3 afin de garantir une lecture confortable. Les références à ces tableaux et graphiques sont effectuées de manière explicite à l'aide du symbole suivant, suivi de la référence de l'annexe concernée (dans cet exemple, le point A.1 des annexes) :



Annexes : chapitre A1 (page 2)

5. Description du champ de l'étude et des méthodes utilisées

5.1. Véhicules analysés

 Annexes : chapitre A1 (page 2)

Les véhicules ainsi que leurs activités respectives sont décrits dans le tableau du chapitre A1 des annexes. Ce tableau permettra de vérifier le bienfondé et l'applicabilité des adaptations proposées dans le chapitre 13 traitant de la stratégie de renouvellement des véhicules.

5.2. Méthode et principes de l'étude

Le schéma ci-contre décrit la méthode proposée pour effectuer le choix du système d'entraînement le mieux adapté.

La méthode utilisée consiste à regrouper les véhicules par type et à analyser chaque type du point de vue de l'éligibilité des systèmes d'entraînement (point 1 du graphique) et du point de vue de l'impact environnemental (point 2). Une étude complémentaire concernant l'aspect financier est réalisée selon la méthode du TCO (point 3 du graphique). Ces différentes analyses offrent une vision holistique et permettent un choix éclairé concernant la future stratégie.

En parallèle, la configuration du parc est optimisée sur la base des constats concernant les aspects organisationnels et financiers.

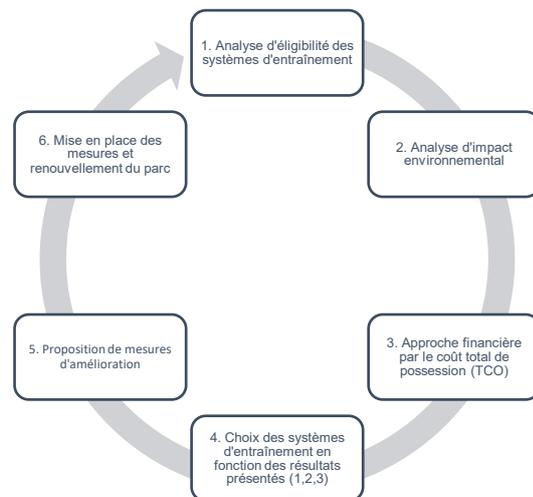


Figure 1. Illustration de la méthode utilisée au cours de l'étude

5.3. Analyse d'impact environnemental

5.3.1. Méthode de l'analyse de cycle de vie

L'analyse de cycle de vie (ACV) est réalisée en collaboration et avec l'expertise de Quantis. Quantis décrit dans ce chapitre la méthode utilisée dans le présent rapport.

Quantis est un bureau d'étude qui guide les organisations pour définir, structurer et intégrer des solutions environnementales intelligentes et durables. Quantis fournit des métriques robustes (notamment basées sur l'analyse du cycle de vie) et des outils opérationnels pour soutenir des stratégies résilientes et des communications crédibles.

L'analyse du cycle de vie est une méthode scientifique permettant l'évaluation des impacts environnementaux potentiels de produits, de procédés, de services ou d'entreprises sur l'ensemble de leur cycle de vie (extraction des matières premières, production, transports, utilisation, fin de vie). Cette approche bénéficie du soutien du Programme des Nations Unies pour la Protection de l'Environnement (PNUE) et repose sur une méthodologie encadrée par l'Organisation internationale de normalisation (ISO), en particulier les normes ISO 14040 (2006) (conditions et guidances) et ISO 14044 (2006) (principes et structure).

5.3.2. Base de données de facteurs d'émissions

Pour les facteurs d'émissions utilisés, la base de données « Ecoinvent 3.8 » est utilisée. « Ecoinvent » est un centre de compétences d'Agroscope, de l'Empa, de l'EPF Lausanne, de l'EPF Zurich et de l'Institut Paul-Scherrer. Avec plusieurs milliers d'inventaires environnementaux et plus de 6000 utilisateurs et utilisatrices, « Ecoinvent » est le leader mondial des bases de données pour les inventaires environnementaux. La version 3.8, publiée fin 2021, est la dernière en date et intègre les dernières données disponibles en termes d'inventaires environnementaux.

5.3.3. Méthode de calcul d'impacts et indicateurs

Dans le cadre de cette étude, la méthode EICV employée est la méthode européenne internationalement reconnue et revue par les pairs IMPACT 2002+ vQ2.2 (Jolliet et al. 2003 ; Humbert et al. 2012). Celle-ci propose une approche orientée à la fois vers les impacts intermédiaires et les dommages permettant d'associer tous les résultats de l'ACV à seize catégories intermédiaires et à quatre indicateurs de dommage. Dans le cadre de cette étude, trois indicateurs de dommages sont étudiés : les impacts sur les changements climatiques (soit les émissions de gaz à effet de serre), les impacts sur la santé humaine ainsi que les impacts sur l'utilisation de ressources non-renouvelables.

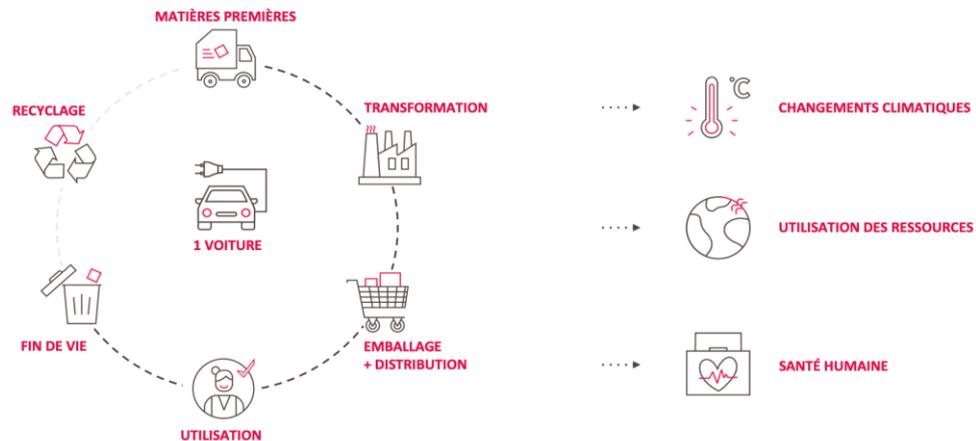


Figure 2. Etapes et indicateurs pris en compte dans une ACV

5.3.3.1. Changements climatiques (kg CO₂-equ)

Cet indicateur est calculé sur la base du potentiel de réchauffement global (GWP) sur 100 ans de divers gaz à effet de serre tel que prescrit par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC, 2013). Les substances connues pour contribuer au réchauffement planétaire sont ajustées selon leur GWP, exprimé en kilogrammes de dioxyde de carbone (CO₂) équivalents. Parce que l'absorption et l'émission de CO₂ à partir de sources biologiques peut souvent conduire à des interprétations erronées des résultats, il n'est pas rare d'exclure ce CO₂ biogénique lors de l'évaluation des GWP. Conformément à la recommandation du Publicly Available Standard (PAS) 2050 pour le calcul de l'empreinte carbone, l'absorption et l'émission de CO₂ biogénique ne sont pas comptabilisées. Afin de tenir compte de l'effet de sa dégradation en CO₂, le GWP du méthane (CH₄) d'origine fossile est fixé à 36 kg CO₂-equ/kgCH₄, et celui du méthane d'origines biogénique ou non spécifiée est fixé à 34 kg CO₂-equ/kgCH₄.

5.3.3.2. Santé humaine (DALY)

Cette catégorie prend en compte les substances qui affectent les êtres humains de par leurs effets toxiques (cancérogènes et non cancérogènes) ou respiratoires, ou qui induisent une augmentation des radiations UV par la destruction de la couche d'ozone. L'évaluation de l'impact global sur la santé humaine est réalisée suivant l'indicateur de dommages « Human health » de la méthode IMPACT 2002+, dans lequel la mortalité et la morbidité induites sont combinées dans un score exprimé en DALY (Disability-adjusted Life Years).

5.3.3.3. Ressources (MJ)

Cet indicateur traduit l'utilisation de ressources non renouvelables ou l'utilisation de ressources renouvelables à un rythme supérieur à celui de leur renouvellement. Plus d'importance peut être accordée à certains matériaux en fonction de leur abondance et de leur difficulté d'acquisition. L'évaluation de l'impact global sur l'épuisement des ressources a été réalisée suivant l'indicateur de dommages « Resources » de la méthode IMPACT 2002+, qui combine l'utilisation d'énergie primaire de sources non renouvelables et l'extraction de minerai. L'utilisation d'énergie primaire non renouvelable inclut la consommation de ressources fossiles et nucléaires, mais exclut les sources d'énergie renouvelables à toutes les étapes du cycle de vie. L'utilisation d'énergies non renouvelables pour la production d'énergie renouvelable est cependant prise en compte. L'extraction de minerai est une estimation de la quantité additionnelle d'énergie qui serait nécessaire pour en extraire une quantité donnée supplémentaire, du fait d'une accessibilité rendue plus difficile (basé sur la méthode Eco-indicateur 99). Cet indicateur est exprimé en mégajoules (MJ).

6. Présentation de la situation actuelle

6.1. Age du parc de véhicules

 Annexes : chapitre A2 (page 3)

L'âge moyen du parc de véhicules s'élève actuellement à 13,9 ans alors que l'âge moyen maximal recommandé est de 12,7 ans.

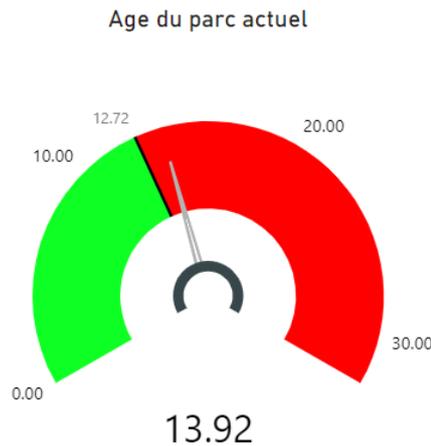


Figure 3. Age du parc actuel

L'âge moyen maximal admissible est calculé en fonction de la configuration du parc, de sorte qu'il n'y ait jamais plus que 50% des véhicules qui aient dépassé la moitié de leur durée de vie. Ceci permet une meilleure répartition des ressources. Le temps et l'argent supplémentaire investi pour la moitié la plus vieille sont compensés par le gain de temps et d'argent de la moitié la plus récente.

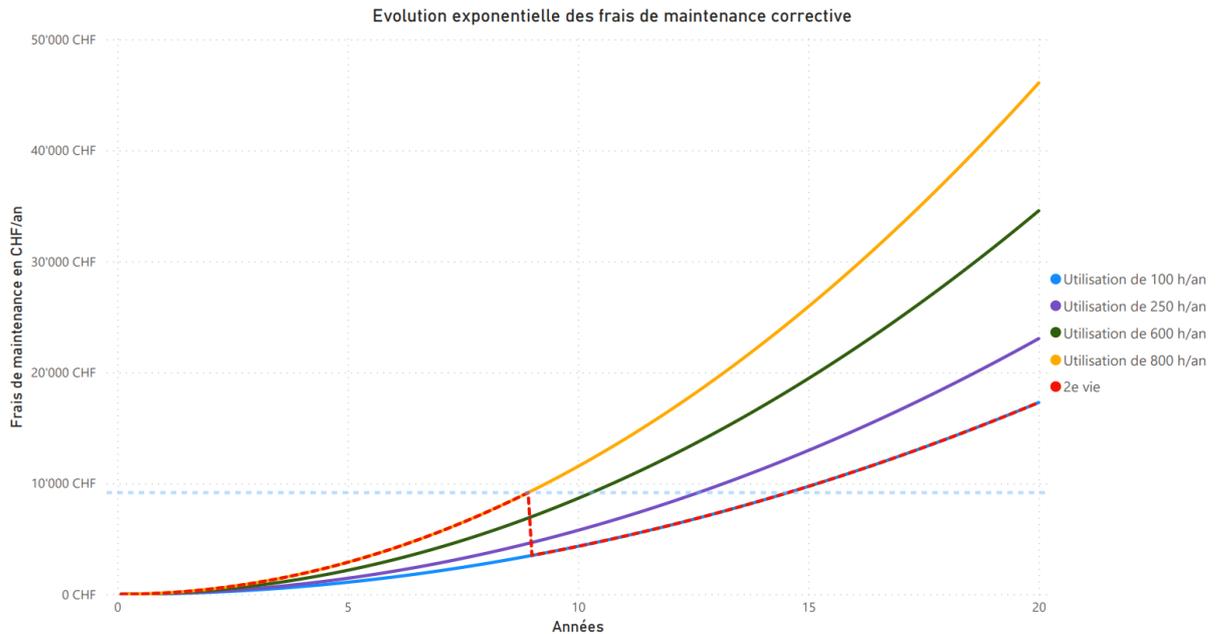
Le graphique de l'annexe A2 représente l'âge actuel de chaque véhicule (en 2024) par rapport à la durée d'utilisation préconisée.

6.2. Durée de vie d'un véhicule et corrélation avec l'évolution des frais de maintenance corrective

La maintenance peut être classée en deux types : corrective et préventive. La maintenance corrective est imprévisible et s'effectue à la suite d'une défaillance alors que la maintenance préventive est programmée à l'avance et a pour objectif d'éviter l'apparition d'une défaillance.

L'expérience d'Hymexia en matière de véhicule permet de prédire, pour la majorité des véhicules, une augmentation exponentielle des frais de maintenance corrective en fonction de l'âge du véhicule.

La stratégie de renouvellement doit prévoir une durée de vie pour chaque véhicule permettant de les remplacer avant que les frais de maintenance corrective n'atteignent le seuil critique de cette courbe exponentielle. Ce seuil critique est défini par la limite où les coûts de maintenances sont trop importants par rapport à la valeur du véhicule. Dans le chapitre 6.3 traitant des amortissements, les recommandation d'Hymexia concernant la durée d'amortissement (ou la durée de vie dans le parc de la Commune) respectent cette notion.



Graphique 1. Simulation de l'évolution théorique des frais de maintenance corrective

Le graphique ci-dessus présente une simulation des frais de maintenance corrective selon l'importance de l'utilisation. La ligne rouge nommée « 2^e vie » présente un cas de figure où le véhicule change son taux d'utilisation après 9 ans avec des frais de maintenance corrective de 10'000 CHF/an (par exemple après une vente du véhicule). Avec une utilisation plus faible de 100 h/an au lieu de 800 h/an, les frais de maintenance corrective se trouvent réduits et n'atteignent ce même seuil de 10'000 CHF/an que 6 ans plus tard, soit à 15 ans.

6.3. Durée de vie et amortissement

Comme l'explique le chapitre 6.2, les frais de maintenance augmentent avec l'âge du véhicule. Cette augmentation des frais de maintenance se traduit d'une part par une augmentation des coûts d'exploitation du véhicule et d'autre part par une baisse de fiabilité et de disponibilité de celui-ci.

Etant donné l'utilisation qui est faite des véhicules communaux et l'importance des tâches effectuées, une fiabilité et une disponibilité élevées sont exigées. C'est pourquoi, il convient de définir une durée de vie théorique permettant d'une part le maintien d'une disponibilité et d'une fiabilité suffisante et d'autre part le contrôle des frais de maintenance.

Cette durée de vie théorique dépend de deux facteurs ; l'âge du véhicule et son utilisation. Hymexia a déterminé, sur la base de son expérience, un âge maximal ainsi qu'une utilisation maximale sur l'ensemble de la durée de vie. La durée de vie théorique du véhicule est déterminée lorsque la première des deux échéances est atteinte. Elle permet de définir le moment idéal pour le remplacement d'un véhicule et définir la durée d'amortissement. La durée de vie joue donc un rôle crucial dans la réalisation d'un planning de renouvellement et d'investissement.

Idéalement, la durée d'amortissement devrait coïncider avec la durée de vie. C'est le cas pour la durée d'amortissement utilisée dans cet audit.

**Nota Bene :**

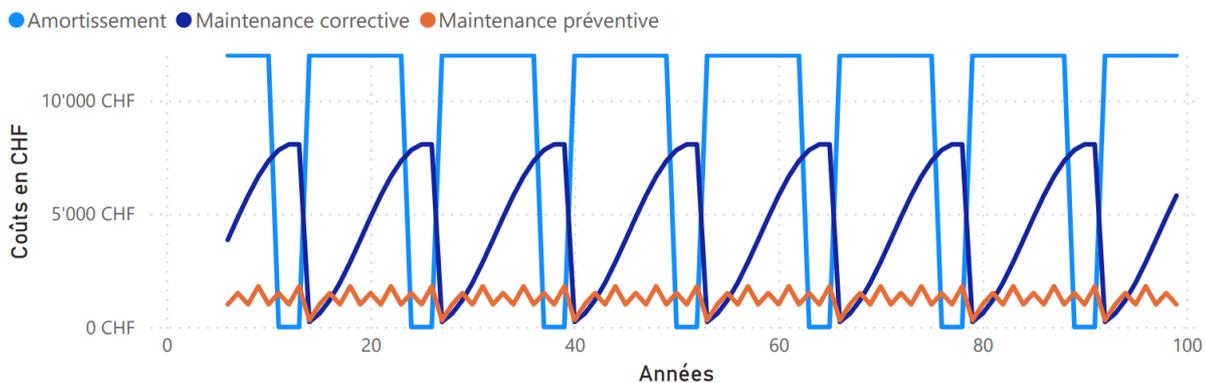
Naturellement, même avec un taux d'utilisation élevé, moyennant des investissements suffisants et une maintenance finement exécutée il est possible de prolonger considérablement la durée de vie réelle d'un véhicule par rapport à sa durée de vie théorique. Cela se fait toutefois au détriment de la fiabilité, de la disponibilité et de la rentabilité. L'unique avantage d'une telle prolongation de la durée d'exploitation est qu'elle permet de différer et d'espacer les besoins en énergie et en ressources nécessaires à la fabrication d'un nouveau véhicule (énergie grise). Il faut toutefois nuancer ce fait étant donné qu'en réalité, les anciens véhicules communaux remplacés sont souvent repris par des particuliers (notamment des paysans) qui continuent à exploiter certains types de véhicules durant de longues années. Pour ces véhicules repris, la prolongation de la durée de vie est possible étant donné que la fiabilité et la disponibilité ne sont pas des critères d'importance cruciale puisqu'il s'agit la plupart du temps d'un outil de travail accessoire.

6.4. Evolution des coûts d'un parc de véhicules

Les coûts d'un parc de véhicules évoluent d'année en année. Les amortissements et la maintenance constituent la majeure partie de ces coûts. L'amortissement s'effectue durant la durée de vie prévue du véhicule mais ce dernier peut rester dans le parc au-delà de cette durée, si son état le permet. Son amortissement se retrouve alors à zéro.

Les coûts de maintenance augmentent quant à eux jusqu'au moment où le véhicule est renouvelé. À ce moment, un cycle recommence (voir graphique ci-dessous) et nous nous retrouvons avec des frais à peu près similaires lors du second cycle. Cela explique l'effet d'augmentation et de diminution du coût du parc qui s'opère même sans changement de stratégie. Il faut néanmoins prendre en compte que les amortissements et frais de maintenance de tous les véhicules du parc ne sont pas coordonnés, que des imprévus surviennent et des changements de stratégies sont effectués. Tout cela rend quasiment impossible de se retrouver au même prix aux cycles suivants. Seules sont connues les limites supérieures et inférieures du coût global.

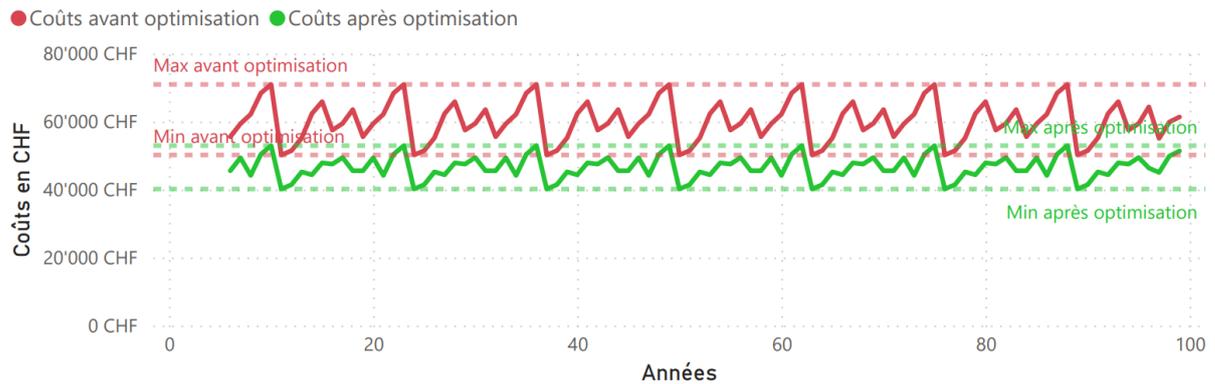
Evolution théorique des coûts d'un véhicule



Graphique 2. Simulation d'un cas fictif des frais théorique de maintenance préventive, corrective et de l'amortissement

Le Graphique 3 cumule les frais théoriques de maintenance corrective, préventive et l'amortissement de 3 véhicules. L'évolution des véhicules sont décalés de 3 et 5 ans. L'optimisation recherchée par Hymexia est une diminution de l'amplitude et un décalage des limites min et max vers le bas.

Cumul des coûts de maintenance et d'amortissement de 3 véhicules



Graphique 3. Simulation des frais de maintenance corrective, préventive et d'amortissement pour 3 véhicules avec un décalage de 3 et 5 ans.

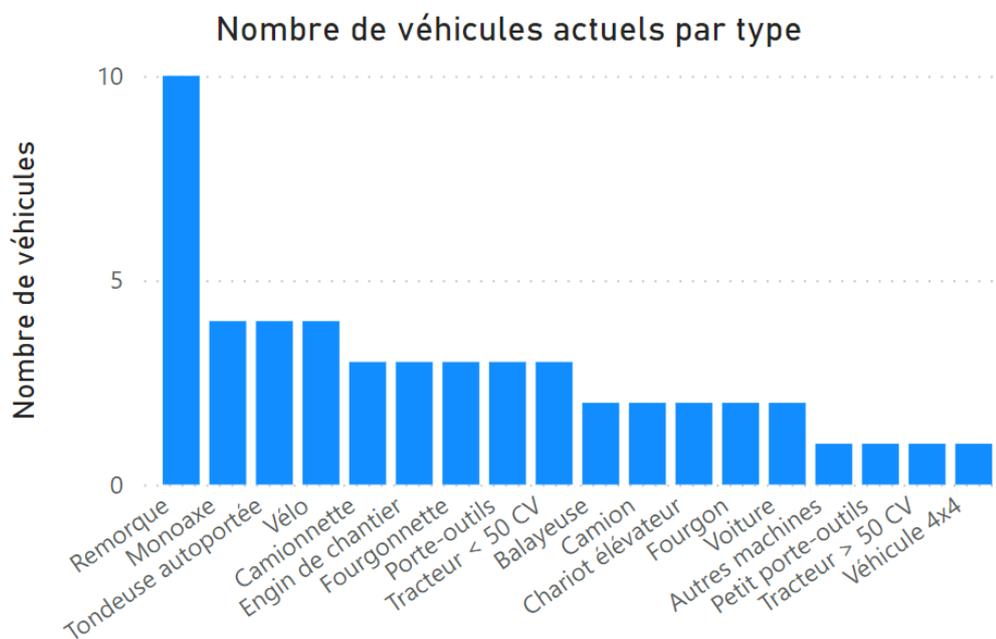
7. Constatations

Ce chapitre présente des constatations servant notamment à déterminer l'état de santé et la stratégie d'utilisation du parc de véhicules actuel. Ces constatations servent également de base à l'amélioration de la stratégie actuelle.

7.1. Répartition des véhicules

Les véhicules ont été classés par type afin de visualiser la répartition du parc actuel. Cette répartition permet de visualiser la grande diversité du parc de véhicules de la Commune.

Le graphique ci-dessous montre une forte proportion de remorques. Celles-ci sont bon marché et ont une durée de vie élevée. Leur inconvénient est généralement la grande place qu'elles occupent. Dans une situation où l'espace à disposition est suffisamment élevé et que leur utilisation est approuvée, il n'y a pas lieu de chercher à en diminuer le nombre.



Graphique 4. Répartition des véhicules du parc actuel

7.2. Coûts annuels du parc de véhicules actuel

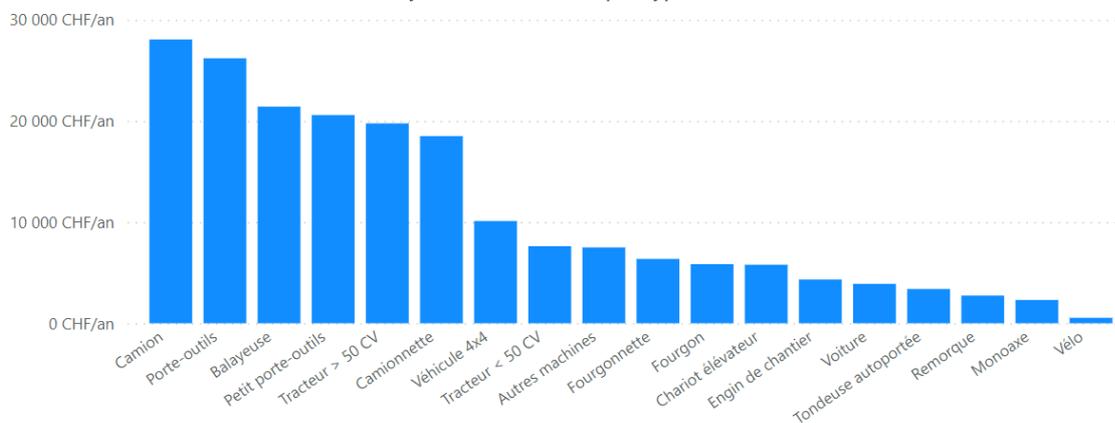
Annexes : chapitre A3 (pages 4 à 11)



Nota Bene :

L'annexe A3 sépare les véhicules par type. Celle-ci se compose de quatre graphiques. En haut à gauche, l'âge des véhicules est rappelé. En haut à droite, le taux d'utilisation permet de visualiser le nombre d'heures ou de kilomètres effectués par année. En bas à gauche, le coût horaire ou kilométrique est présenté et permet de visualiser la répartition des différents centres de coûts pour chaque véhicule. En bas à droite, les frais fixes et variables permettent de déterminer un premier aperçu de chaque véhicule. En effet, une part élevée des frais fixes permet à la Commune de prévoir son budget annuel de façon précise et est souvent corrélé avec une disponibilité importante du véhicule de par sa fiabilité. Au contraire, une part importante de frais variables indique que le véhicule coûte cher en frais d'entretien.

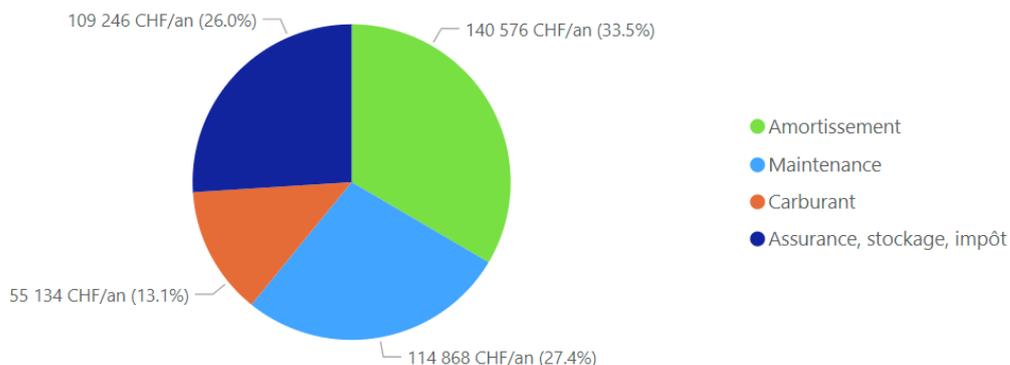
Coût moyen unitaire annuel par type de véhicules



Graphique 5. Coût moyen unitaire annuel par type de véhicules

Le graphique ci-dessus permet de visualiser l'impact financier annuel moyen de chaque type de véhicules du parc de la Commune. Le Graphique 6 montre la répartition annuelle en fonction des différents centres de coûts. Avec le renouvellement du parc, le changement de systèmes d'entraînement (notamment de motorisation thermique à motorisation alternative) et le respect des durées de vie recommandées par Hymexia, une forte diminution des frais de maintenance peut être espérée. Les frais de carburant, représentant actuellement 13,1% des frais annuels du parc, seront également fortement diminués lors de la transition vers des véhicules électrifiés ou thermiques de nouvelle génération. Ces diminutions seront cependant en partie balancée par l'augmentation des amortissements en raison du prix d'achat plus élevé des véhicules avec motorisation alternative.

Répartition des coûts annuels du parc actuel par centre de coûts



Graphique 6. Répartition des coûts annuels par centre de coûts

7.3. Configuration du parc de véhicules et quantité de véhicules

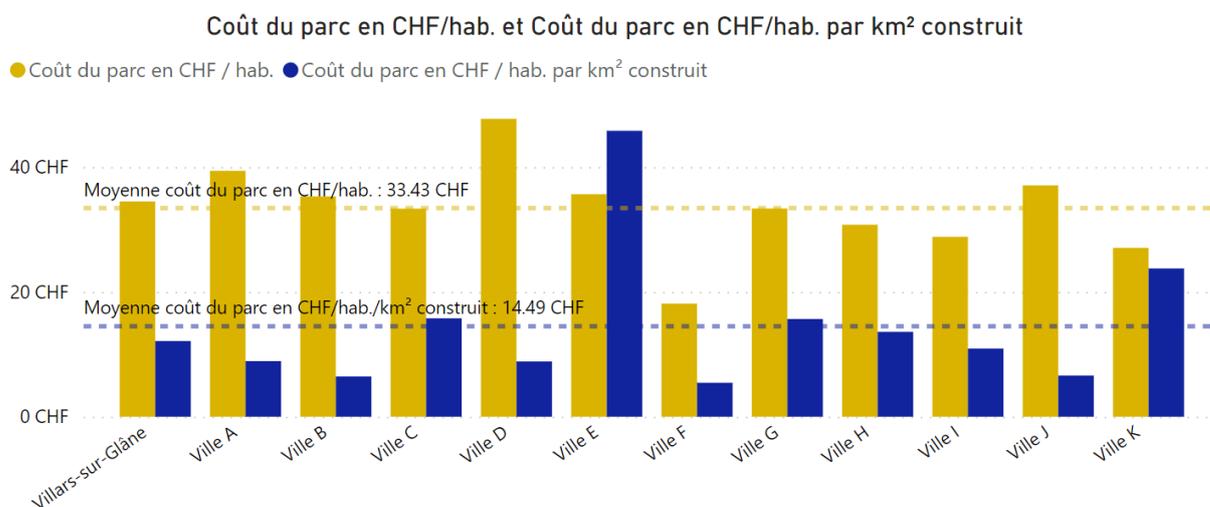
Bien que selon les indicateurs de taux d'utilisation présentés dans l'annexe A3, un certain nombre de véhicules semblent sous-utilisés, il apparaît après analyse précise desdits véhicules et machines concernés que leur présence est malgré ce fait bel et bien justifiée dans le parc de véhicules de la Villars-sur-Glâne.

Les entretiens menés avec le responsable de l'atelier mécanique montrent que le parc de véhicules correspond aux missions actuelles mais qu'une diminution du nombre de véhicules ou de machines n'est pas envisageable au-delà des mesures proposées au chapitre 13 (page 28). De plus, un véhicule doit être ajouté afin de permettre aux personnes au chômage employées par la Commune d'effectuer leurs tâches dans de bonnes conditions et sans priver les employés de leurs véhicules.

7.4. Benchmark

Le Graphique 7 présente, en comparaison avec d'autres villes, les frais de fonctionnement annuels du parc de véhicules par rapport au nombre d'habitants (en CHF/hab.) ainsi que les frais de fonctionnement annuels par rapport au nombre d'habitants et à la surface d'habitat et d'infrastructure (en CHF/hab. par km²). Les données du nombre d'habitants ainsi que les données de superficies sont issues du rapport annuel intitulé « Portrait des communes » réalisé par l'office fédéral de la statistique (OFS). Le quotient « surface d'habitat et d'infrastructure » est calculé selon la nomenclature standard NOAS04 de l'OFS.

Chaque habitant dépense environ 35 CHF par an pour le fonctionnement du parc et rapporté au km² d'infrastructures ce montant chute à 12 CHF/habitant par an par km². Pour le coût du parc par habitant par km², Villars-sur-Glâne se trouve en dessous de la moyenne. En prenant en compte le coût par habitant, les coûts du parc sont légèrement plus élevés que la moyenne. En résumé, ces deux indicateurs ne montrent rien d'alarmant concernant le parc de la Commune.



Graphique 7. Benchmark du coût annuel du parc de véhicules

8. Problématiques liées au choix d'un système d'entraînement

8.1. Présentation des problématiques

La démocratisation de certains systèmes d'entraînement peut être entravée par les problématiques suivantes :

- éligibilité du système d'entraînement par rapport au cahier des charges d'un véhicule ;
- contraintes liées au ravitaillement ;
- investissements de base ;
- exigences organisationnelles.

Ces sujets sont brièvement évoqués dans les chapitres 8.1.1 et suivants.

8.1.1. Analyse d'éligibilité du système d'entraînement par rapport au cahier des charges d'un véhicule

Il s'agit de la première étude à mener après la définition du cahier des charges d'un véhicule.

L'éligibilité d'un système d'entraînement est influencée par les facteurs suivants :

- disponibilité du système d'entraînement pour un certain type de véhicule ;
- correspondance des modèles à disposition avec le cahier des charges.

A l'heure actuelle, pour certains types de véhicules et certaines applications, il n'existe pas encore d'alternatives convaincantes à l'utilisation de véhicules à moteur thermique diesel ou essence. Par exemple, au moment de la rédaction de ce rapport, bien que certains modèles soient en cours de développement, aucun système d'entraînement alternatif n'est disponible pour les véhicules Pickup 4x4.

8.1.2. Contraintes liées à l'autonomie, la charge utile et le volume à disposition

Une grandeur particulièrement importante pour l'exécution des missions du véhicules est la charge utile. Le poids total autorisé est une grandeur définie par la loi (tout comme le poids de l'ensemble et le poids remorquable). La charge utile dépend donc du poids à vide du véhicule et ce poids à vide est influencé par le poids du système d'entraînement. Ainsi, à l'heure actuelle, la charge utile à disposition est souvent influencée par le choix du système d'entraînement et peut parfois empêcher l'éligibilité d'un système d'entraînement pour certaines missions.

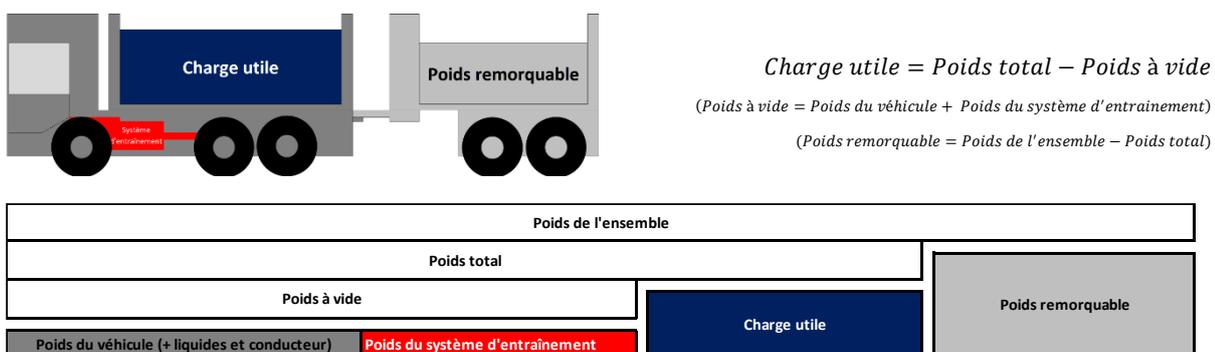
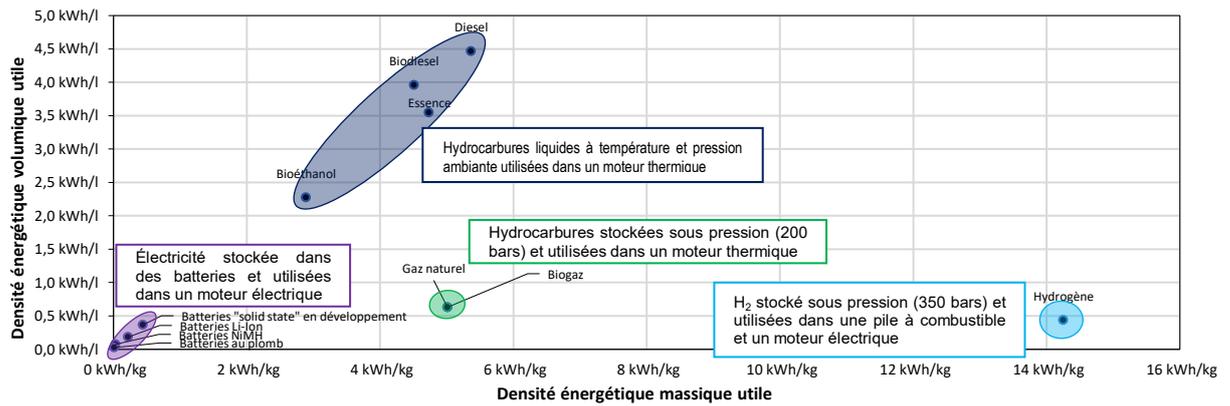


Figure 4. Influence du système d'entraînement sur la charge utile à disposition

La densité énergétique massique et volumique des hydrocarbures liquides à température ambiante est relativement élevée et n'a ainsi jamais été un facteur réellement limitant du point de vue de la charge utile.

Cependant, comme le montre le graphique ci-dessous, les systèmes d'entraînement alternatifs nécessitent des compromis du point de vue du volume ou du poids du système de stockage de la source d'énergie du système d'entraînement.



Graphique 8. Densité énergétique des différents carburants avec rendement du système de traction du réservoir à la roue

Tableau 1. Volumes et masses nécessaires à une voiture de tourisme pour parcourir 400 km

Source d'énergie	Masse nécessaire pour une autonomie de 400 km :	Volume nécessaire pour une autonomie de 400 km :
Diesel	15 kg	18 litres
Biodiesel	18 kg	20 litres
Essence	17 kg	23 litres
Bioéthanol	28 kg	35 litres
Gaz naturel	16 kg	127 litres
Biogaz	16 kg	127 litres
Hydrogène	6 kg	182 litres
Batteries futures "solid state battery"	181 kg	219 litres
Batteries Li-Ion (NMC, NCA, LiPo)	363 kg	437 litres
Batteries Nickel-Hydrures métalliques (NiMH)	2'659 kg	1'064 litres
Batteries au plomb	6'382 kg	3'191 litres

8.1.3. Contraintes liées au ravitaillement

La densité énergétique et volumique de l'énergie utilisée exerce également une influence sur les modalités de ravitaillement. En ce qui concerne le gaz naturel / biogaz et l'hydrogène, elles diffèrent peu de celles de l'essence ou du diesel du point de vue de l'utilisateur. En revanche, la vitesse de ravitaillement et par conséquent la durée du ravitaillement est plus importante pour les véhicules électriques actuels.

Tableau 2. Vitesse de ravitaillement pour une voiture de tourisme

Système d'entraînement	Vitesse de ravitaillement en kWh utile par minute	Durée de ravitaillement pour obtenir 400 km d'autonomie
Diesel / Essence	90-180 kWh/minute	45 secondes
Électrique	3-4 kWh/minute durant 15 minutes (non linéaire) (20-80% en 15 minutes, Tesla Supercharger v3)	15-20 minutes
Gaz naturel / Biogaz	17 kWh/minute	4-5 minutes
Hydrogène	15 kWh/minute	4-5 minutes

En ce qui concerne le gaz naturel / biogaz, les possibilités de ravitaillement sont relativement répandues sur le territoire suisse. C'est aussi le cas pour les bornes de recharge électriques.

Il est cependant préférable d'effectuer la recharge des véhicules électriques sur le lieu de stationnement et ceci pour deux raisons :

- Les recharges rapides répétées diminuent l'espérance de vie de la batterie du véhicule.
- Le temps nécessaire à la recharge se prête mieux à une recharge en dehors des horaires d'utilisation.

Ce point ne peut malheureusement pas toujours être respecté pour les véhicules qui passent la nuit chez le collaborateur.

En ce qui concerne l'hydrogène, les stations de ravitaillement à disposition sont encore rares. Selon les annonces des acteurs du secteur, ce point devrait cependant s'améliorer. L'installation d'une station de ravitaillement gaz naturel / biogaz ou hydrogène sur le lieu de stationnement est relativement complexe mais peut également être intéressant.

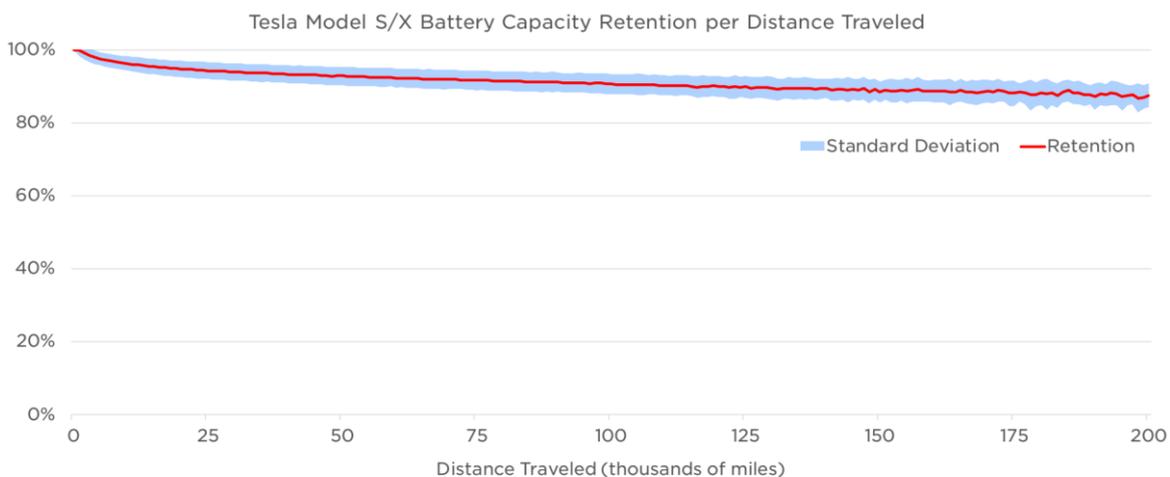
8.1.4. Investissements de base

Les investissements de base peuvent être un frein à la transformation d'une flotte de véhicules. Ces investissements comprennent notamment les coûts de formation initiale (mécaniciens, utilisateurs, cadres), les coûts de l'outillage, de l'infrastructure de ravitaillement et la mise en place de mesures de sécurité. Bien que conséquents, ces investissements doivent être mis en perspective à l'aide d'une approche par le coût total de possession (TCO). En effet, une fois mis en perspective avec l'ensemble des coûts d'un véhicule sur sa durée de vie, les investissements de base pour l'infrastructure et la transformation, amortis sur plusieurs générations des véhicules concernés se révèlent bien souvent raisonnables voir dérisoires.

8.1.5. Exigences organisationnelles

Des adaptations organisationnelles permettent parfois de mettre à portée un système d'entraînement qui ne l'était pas. Il peut s'agir d'adapter les horaires pour éviter la nécessité d'un ravitaillement simultané, de modifier l'organisation du travail (par exemple, retour du véhicule au lieu de stationnement hors des horaires de travail ou détour à une station de ravitaillement). Il peut aussi s'agir de diviser un groupe de véhicules en sous-groupes et adapter leur cahier des charges « vers le bas » tout en gardant quelques véhicules pour les cas plus rares où un niveau de service plus élevé est requis. Ceci permet également de répondre à « l'angoisse de l'autonomie » (ou « range anxiety »), peur parfois irrationnelle de ne pas avoir assez d'autonomie. Certains freins ou réticences cités ci-dessus peuvent également être levés en opérant une transformation par étape qui permet de vérifier les capacités du nouveau système d'entraînement et permet également aux utilisateurs de se familiariser et valider le choix.

8.2. Durée de vie des batteries de traction



Note: Mileage is only one factor in battery capacity retention; battery age is also a major factor. Retention figures at lower mileages above likely reflect the impact of age while higher mileage values, which come from high-utilization vehicles, likely reflect less influence from battery age. Performance of newer chemistries (not yet shown here) can vary and we plan to expand disclosure once we have sufficient data.

Graphique 9. Durée de vie des batteries Tesla publié dans le rapport « Tesla Impact Report 2021 »

Les premiers véhicules électriques produits en masse sont arrivés sur le marché au début des années 2010. Le recul nécessaire pour obtenir des observations fiables est à présent suffisant et les analyses récentes démontrent que la durée de vie des batteries de traction n'est dans la plupart des cas pas un problème.

Pour les véhicules lourds tels que les camions BOM, certains fabricants offrent des contrats de garantie portant sur une période de 10 ans et garantissent une capacité de la batterie supérieure à 70% de la capacité nominale une fois cette période écoulée. Cela démontre la confiance des constructeurs en leur produit et ce niveau de confiance peut être mesuré lors des appels d'offres en obligeant les soumissionnaires à garantir contractuellement un niveau de service précis durant une période définie.

8.3. Évolutions probables à court et moyen terme

On peut décemment s'attendre à un certain nombre d'évolutions à court et moyen terme.

Parmi les évolutions susceptibles d'influencer les résultats de ce rapport on peut notamment citer :

- L'évolution des prix des carburants
- L'évolution des prix de l'électricité
- L'évolution de la législation
 - Évolution du poids total autorisé de 3,5 à 4,5 tonnes → augmentation de la charge utile
- L'évolution des technologies de batterie électrique
 - Augmentation de la densité énergétique → augmentation de l'autonomie ou de la charge utile
 - Augmentation de la vitesse de recharge
 - Diminution du prix d'achat
 - Diminution de l'impact environnemental de la production
 - Diminution de l'impact environnemental du mix électrique de consommation et par conséquent diminution de l'impact environnemental des recharges
 - Augmentation de la durée de vie → diminution des coûts → possibilité de dimensionner la batterie au plus juste → augmentation de la pertinence d'une charge bidirectionnelle
 - La démocratisation de la possibilité de charge bidirectionnelle pour les véhicules électriques → synergie avec les véhicules collaborateurs, augmentation de l'autoconsommation en cas de production d'électricité
- L'évolution des technologies de pile à combustible
 - Augmentation du rendement → diminution de la consommation → augmentation de l'autonomie ou de la charge utile
 - Diminution du prix
 - Diminution de l'impact environnemental
 - Amélioration du rendement de la production d'hydrogène par électrolyse
- La densification des stations de ravitaillement

9. Considérations générales concernant les enjeux environnementaux

9.1. Influence du choix de la source d'approvisionnement d'énergie sur les résultats

Pour les véhicules fonctionnant au méthane, les véhicules électriques et les véhicules à pile à combustible à hydrogène, le choix de la source d'approvisionnement d'énergie exerce une grande influence sur les résultats de l'analyse d'impact environnemental.

Par exemple, si l'on achète un véhicule électrique sans mesures complémentaires, l'énergie supplémentaire nécessaire à son ravitaillement sera fournie par une importation plus importante d'électricité provenant de pays avoisinants (France ou Allemagne principalement). Cette électricité importée a une empreinte carbone plus importante que l'électricité produite à l'aide, par exemple, de panneaux solaires.

Ce qu'il faut retenir :

- L'acquisition d'un véhicule thermique fonctionnant au méthane ne suffit pas à elle seule, il faut idéalement que le méthane provienne d'installations de production de biogaz locales et si possibles axées sur la valorisation des déchets biologiques.
- L'acquisition d'un véhicule électrique ne suffit pas à elle seule, il faut idéalement que l'électricité provienne de sources bas carbone, d'énergie solaire par exemple et idéalement que la demande électrique supplémentaire soit compensées par des capacités renouvelables (solaire, éolien, micro-hydro) équivalentes (voir chapitre 9.2 à ce sujet).
- L'acquisition d'un véhicule à hydrogène ne suffit pas à elle seule, il faut idéalement que l'hydrogène soit produit par électrolyse et non pas reformage de gaz naturel, et que l'électricité servant à produire l'hydrogène provienne de sources bas carbone, d'énergie solaire par exemple et idéalement que les panneaux photovoltaïques aient été spécialement installés à cette fin.

- Plus idéalement encore, dimensionner les panneaux de manière à subvenir aux besoins du bâtiment et des véhicules durant les journées les moins productives en hiver → surplus de production aux autres périodes de l'année → utilisation de l'excédent de production pour fabriquer de l'hydrogène par électrolyse ou méthanation (« Power to gas » : captation de CO₂ dans l'atmosphère et méthanation (synthèse de méthane) à partir du CO₂ et de l'hydrogène) → utilisation du réseau gazier comme moyen de « stockage ».

L'EMPA avec le projet « move » du laboratoire « Automotive Powertrain Technologies » dirigé par Monsieur Christian Bach démontre la possibilité de cette approche multimodale en privilégiant certaines formes d'énergies aux types de véhicules auxquelles elles profitent le plus et en tenant compte de la quantité totale d'énergie disponible.

Tableau 3 : Système d'entraînement recommandé par l'EMPA en fonction de la disponibilité des sources d'énergie et de l'utilisation

Pour les courtes et moyennes distances	Véhicules électriques
Pour les courtes et moyennes distances réalisées avec des véhicules lourds	Véhicules électriques et à pile à combustible à hydrogène
Pour le transport sur de longues distances	Véhicules fonctionnant avec des carburants synthétiques (biométhane ou méthane issu de Power to gas, biodiesel, bioéthanol voire hydrocarbures synthétiques)

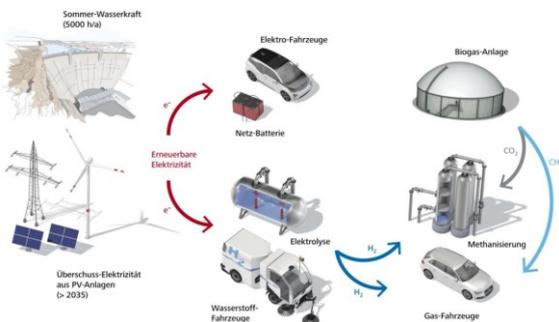


Figure 5. Illustration du projet move de l'EMPA

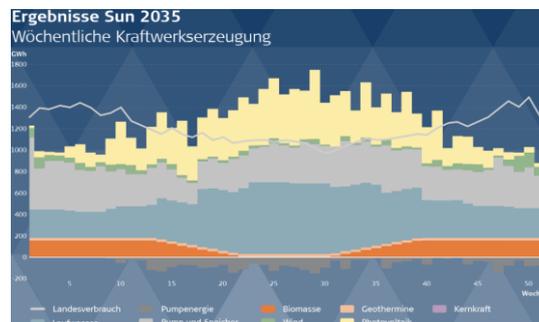


Figure 6. Surplus de prod. solaire en été selon « Sun 2035! »

9.2. L'importance de l'achat de nouvelles énergies renouvelables

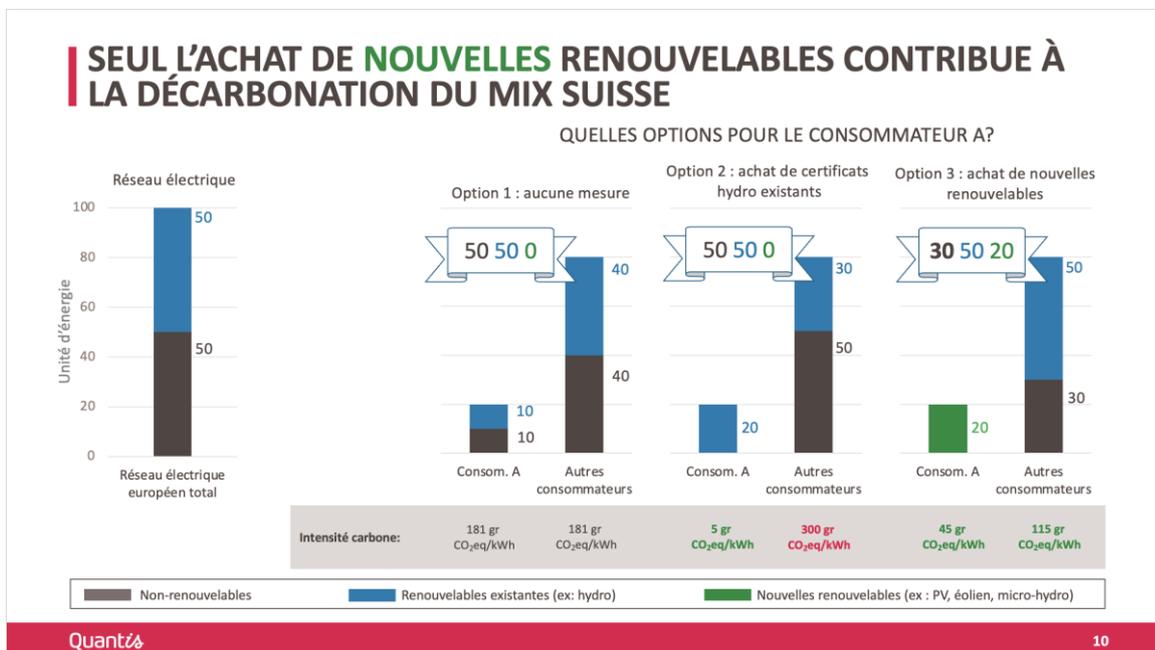


Figure 7. Phénomène de « confiscation d'énergie renouvelable » en cas d'achats de certificats vs installation de nouvelles renouvelables

¹ Simulation de marché publiée dans le cadre du projet « réseau stratégique 2025 » publié en 2015 par Swissgrid.

L'entreprise Quantis insiste sur le fait que seul l'achat de nouvelles énergies renouvelables contribue à la transition énergétique. En effet, si l'on se contente d'acheter de l'énergie renouvelable existante (exemple de l'hydraulique de barrage), on prive les autres consommateurs de cette énergie et on péjore ainsi le mix énergétique à disposition des autres consommateurs.

La solution est donc d'installer ou de participer à l'installation de nouvelles centrales de production d'énergie renouvelable (solaire photovoltaïques, éolien, micro-hydro (au fil de l'eau)) produisant l'équivalent de sa propre consommation.

Ainsi, pour chaque camion convertit à l'électricité (calcul fait pour la consommation d'un camion de transport et de déneigement), c'est au minimum 400 m² de nouveaux panneaux solaires qui devraient être installés afin que la production d'énergie annuelle corresponde à l'énergie consommée. Si l'on veut pouvoir produire suffisamment pour ravitailler ce camion au mois de décembre (et produire de manière excédentaire le reste de l'année), c'est environ 1'700 m² de panneaux solaires qu'il faudrait installer. La surproduction d'énergie le reste de l'année pourrait par exemple servir à produire de l'hydrogène ou du méthane par captation de CO₂.

Ramené à une voiture de tourisme consommant 15 kWh/100km et parcourant 10'000 km/an, c'est une surface minimale de 9 m² de panneaux solaires qui devrait être construite pour produire l'équivalent de la consommation annuelle et de 54 m² pour couvrir la consommation un jour d'utilisation moyen en décembre.

Cette logique voulant qu'avec chaque nouveau consommateur, on participe à l'augmentation de la production d'énergie est également valable en ce qui concerne les biocarburants et le biogaz.

9.3. Recyclage des véhicules en fin de vie

Le recyclage d'un composant et sa transformation en matériaux à nouveau utilisables est la plupart du temps bénéfique puisque l'impact environnemental des matériaux ainsi obtenus est souvent inférieur à l'impact environnemental de nouveaux matériaux qu'il faut extraire et transformer.

Dans le cadre de l'analyse de cycle de vie, les bienfaits du recyclage sont imputés au véhicule utilisant ces matériaux recyclés et non au véhicule recyclé lui-même.

Ainsi, plus les matériaux nécessaires à la fabrication d'un composant d'un véhicule sont compliqués à extraire plus le bénéfice du recyclage est accru d'un point de vue économique et d'un point de vue environnemental.

C'est par exemple le cas des batteries de tractions qui nécessitent des matériaux compliqués à extraire. Si les futures batteries de tractions sont fabriquées à l'aide de matériaux provenant d'anciennes batteries de traction recyclées, l'impact environnemental lié à leur fabrication sera fortement réduit.

Autrement dit, si les filières de recyclage adéquates et efficaces existent, il est possible de diminuer l'impact environnemental lié à la fabrication des batteries de traction de manière relativement importante. En effet, une grande partie de l'impact environnemental de la fabrication des batteries n'utilisant pas de matériaux recyclés est lié à l'extraction des matières premières.

En revanche, l'analyse de cycle de vie ne tient pas compte des conséquences sur la santé humaine ou des ressources qui seraient nécessaires à la réparation des dégâts créés par un véhicule qui terminerait sa vie sans passer par des infrastructures de traitement adéquate. Ces conséquences sont déjà importantes avec les véhicules « standards » et le sont vraisemblablement plus encore avec les autres systèmes d'entraînement. Il est donc crucial pour les utilisateurs de veiller à la manière dont le véhicule finira sa vie et de s'assurer qu'il sera recyclé.

Pour les constructeurs, il sera également intéressant de prendre en compte cette étape de la vie du véhicule dès la conception afin de rendre le recyclage plus aisé ce qui permettra de diminuer l'impact environnemental de la génération suivante.

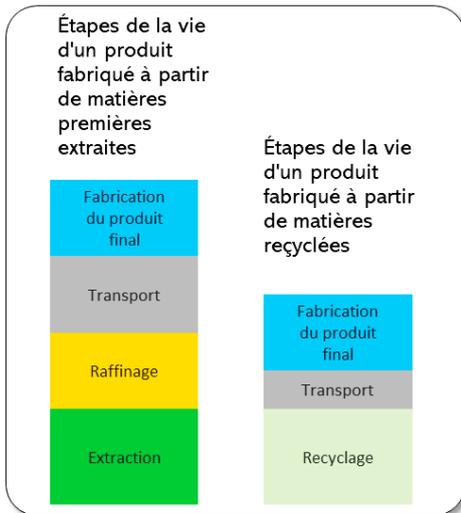


Figure 8. Schéma représentant les bienfaits du recyclage

La Figure 8 permet de visualiser les étapes de vie d'un produit fabriqué à partir de matières premières extraites et les étapes de vie d'un produit fabriqué à partir de matières premières recyclées. Ce schéma ne constitue qu'une aide à la réflexion, le volume des différents blocs n'est pas à l'échelle et ne représente pas directement l'impact environnemental. Il permet néanmoins de rendre compte des principes de base du recyclage qui, s'il est vertueux doit permettre d'atteindre les résultats suivants :

- Le recyclage permet de se passer des étapes d'extraction et de raffinage
- Les étapes d'extraction et de raffinage sont remplacées par l'étape de recyclage de produits en fin de vie
- L'étape de recyclage a, de manière générale, un impact environnemental moindre que les étapes de raffinage et d'extraction
- L'étape de transport est potentiellement moins importante que pour une matière première extraite loin du lieu de production

9.3.1. Recyclabilité des produits

La recyclabilité exerce une influence sur l'impact environnemental de l'étape de recyclage. Ce point peut être évalué lors des appels d'offres en exigeant des soumissionnaires qu'ils indiquent les méthodes mises en place pour faciliter le recyclage de leur produit (par exemple la mise en place de filières dédiées au recyclage des composants, l'utilisation de certains composants pour une 2^e vie du produit ou une conception facilitant le recyclage).

10. Hypothèses et données utilisées pour les ACV et les TCO

Ce chapitre décrit les données d'entrée et les hypothèses utilisées dans les analyses de cycle de vie (ACV) et dans les calculs de coût total d'utilisation (TCO) des chapitres suivants.

10.1. Durée d'utilisation et d'amortissement

Les durées d'utilisation utilisées pour les calculs ACV et TCO sont détaillées dans les annexes. Pour le TCO, le coût du capital immobilisé est compté avec un taux d'intérêt de 2%.

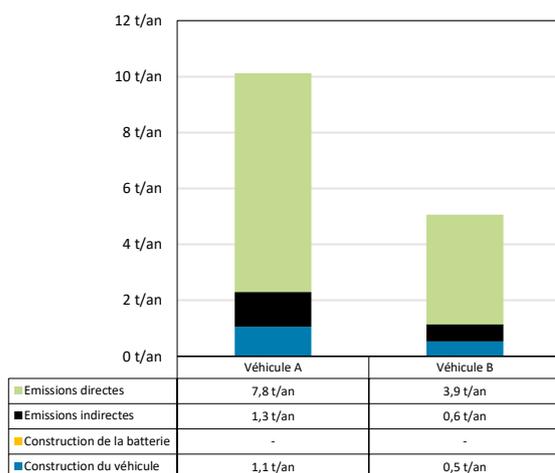
10.1.1. Impact environnemental annuel du parc de véhicules

L'impact environnemental du parc est exprimé en tonnes de CO₂-equ. émises par an, en DALY par an et en MJ par an.

Ainsi, l'impact environnemental engendré par la phase de fabrication d'un véhicule et des batteries est « amorti » sur la durée de vie d'un véhicule afin de rendre compte de l'impact annuel du parc de véhicule et afin de rendre ces impacts comparables. Prenons l'exemple de ces deux véhicules identiques :

Tableau 4. Données de l'exemple du calcul d'impact environnemental

Véhicule	Carburant	Consommation	Taux d'utilisation	Durée d'utilisation	Utilisation totale	Masse du véhicule
A	Diesel	8.0 l/100 km	40'000 km/an	5 ans	200'000 km	1'500 kg
B	Diesel	8.0 l/100 km	20'000 km/an	10 ans	200'000 km	1'500 kg



Graphique 10. Illustration de l'impact environnemental annuel

Le « véhicule A » a une durée d'utilisation de 5 ans et 200'000 km. Le « véhicule B » a une durée d'utilisation de 10 ans et 200'000 km. Les deux véhicules ont un impact environnemental total identique de 50,59 tonnes de CO_{2-equ.} soit 253 g CO_{2-equ.}/km.

Pourtant, leur impact environnemental annuel diffère. En effet, au bout de 10 ans, 2 « véhicules A » auront été nécessaires alors qu'un seul « véhicule B » sera utilisé. C'est pourquoi l'expression de l'impact environnemental par année est la meilleure manière de rendre compte du réel impact environnemental d'un parc de véhicules.

Le Graphique 10 montre le phénomène décrit plus haut : le « véhicule A » a un impact environnemental annuel deux fois plus élevé que celui du « véhicule B » (10,1 tonnes de CO_{2-equ.}/an contre 5,05 tonnes de CO_{2-equ.}/an). La même logique s'applique aux autres indicateurs (DALY/an, MJ/an).

10.2. Hypothèses utilisées pour les ACV

Pour les ACV, les hypothèses suivantes sont utilisées :

- L'essence est de l'essence E5 (avec 5% de bioéthanol), comme la plupart de l'essence sans plomb disponible sur le marché suisse.
- Le diesel est du diesel B7 (avec 7% de biodiesel), comme la plupart du diesel disponible sur le marché suisse.

10.3. Hypothèses et données utilisées pour le TCO

Les éléments suivants sont pris en compte dans le calcul du coût total de possession :

Tableau 5. Eléments pris en compte dans l'analyse TCO

Prix d'achat / coût du capital	<ul style="list-style-type: none"> • Prix d'achat du véhicule amorti dans sa totalité • Coût du capital immobilisé (taux de 2%) • Coût de l'infrastructure de ravitaillement
Coûts de ravitaillement	<ul style="list-style-type: none"> • Coût de l'énergie, du carburant et des additifs
Coûts de maintenance / d'utilisation	<ul style="list-style-type: none"> • Coût des services • Coût des réparations • Coût des consommables (pneumatiques, freins) • Coût de l'outillage
Coûts des assurances / des impôts / de la RPLP	<ul style="list-style-type: none"> • Coût de la taxe RPLP et RPLF • Coût des assurances • Coût des impôts routiers (plaques, vignette)

Seuls les coûts de l'outillage spécialisé pour l'atelier ne sont pas pris en compte puisque trop variables et pouvant ainsi potentiellement fausser la comparaison.

L'approche selon le coût total de possession (ou TCO pour « Total Cost of Ownership ») est la seule méthode valable pour comparer financièrement différents systèmes d'entraînement. En effet, si certains systèmes d'entraînement sont plus chers à l'achat, ce surcoût peut parfois être partiellement ou totalement comblé en prenant en compte l'ensemble des coûts sur la durée de vie du véhicule.

Tableau 6. Description des éléments principaux de l'analyse TCO

Consommation des véhicules	Les données de consommation proviennent des résultats de mesures selon le cycle WLTP pour les véhicules légers (procédure d'essai mondiale harmonisée pour les véhicules légers) et de données constructeur comparables pour les camions.
Prix d'achat, coûts de maintenance et d'utilisation	Les données concernant les prix d'achat, le prix des services, des réparations, du remplacement de pièces d'usure (pneus, freins) tout comme les remplacements de batteries de traction sont issues de nos compétences métiers ainsi que de bases de données spécifiques. Lorsque les données sont indisponibles, le prix de maintenance du système d'entraînement connu est appliqué à l'ensemble des systèmes d'entraînement.
Durée de vie et kilométrage	Tout comme pour l'ACV, les hypothèses concernant la durée de vie et le kilométrage total effectué par les véhicules sont détaillés dans les annexes.
Type de véhicule	Des modèles aux caractéristiques similaires et représentatifs de la moyenne de leur catégorie ont été choisis afin de rendre les différents systèmes d'entraînement aussi comparables que possible.
RPLP (taxe poids-lourds)	Les véhicules dits « propres » (véhicules hybrides combinant un moteur électrique avec un moteur à allumage commandé, véhicules propulsés au gaz naturel, véhicules à propulsion ne recourant pas au carburant fossile) bénéficient d'une forte réduction de taxes et d'impôts cantonaux (plaques). Les camions électriques à batteries et à PAC à hydrogène sont subventionnés par l'exonération complète de la RPLP. Une dérogation du poids total est obtenue pour les véhicules équipés de ces systèmes d'entraînement alternatif jusqu'à concurrence du poids supplémentaire engendré par le système d'entraînement (batteries, bonbonnes, structure, supports).

Valeurs utilisées pour l'analyse TCO reflétant les coûts moyens de l'énergie en 2024 :

Tableau 7. Coûts des énergies utilisées dans l'analyse TCO

Coût de l'essence	1.80 CHF/litre
Coût du diesel	2.00 CHF/litre
Coût de l'AdBlue	1.50 CHF/litre
Coût de l'électricité du réseau	32 ct/kWh
Coût de l'électricité 100% Photovoltaïque (pour information)	15 ct/kWh
Coût du gaz naturel	2.28 CHF/kg
Coût du biométhane (labelisé biogaz à la pompe)	2.60 CHF/kg
Coût de l'hydrogène	28.50 CHF/kg

11. Analyse d'éligibilité des systèmes d'entraînement

11.1. Considérations générales

Seuls les aspects techniques concernant le véhicule et son système d'entraînement sont pris en compte dans l'analyse d'éligibilité.

Comme mentionné au chapitre 8.1.1, l'éligibilité d'un système d'entraînement au sens où on l'entend dans ce rapport est influencée par les facteurs suivants :

- Disponibilité du système d'entraînement pour un certain type de véhicule ;
- Correspondance des modèles à disposition avec le cahier des charges.

L'impact environnemental, la complexité de la mise en œuvre des infrastructures de ravitaillement ou de la filière d'approvisionnement et les coûts ne sont pas pris en compte à ce stade. Avec cette analyse d'éligibilité, il s'agit de délimiter le champ des possibles.

Concernant les véhicules à hydrogène, l'infrastructure de ravitaillement publique tout comme le nombre de modèles à disposition restent limités à ce jour avec par exemple : Honda Clarity Fuel Cell, Hyundai Nexo, Mercedes GLC F-Cell, Toyota Mirai, Camion Hyundai XCIENT.

11.2. Véhicules pris en compte dans l'analyse d'éligibilité

Étant donné que l'éligibilité dépend des systèmes d'entraînement disponibles sur le marché et étant donné la rapidité des évolutions techniques, l'analyse d'éligibilité est uniquement effectuée sur les véhicules devant être renouvelés jusqu'en 2028 (y-compris).

11.3. Critères pris en compte dans l'analyse d'éligibilité

Les critères déterminants pour déterminer l'éligibilité d'un système d'entraînement sont présentés dans le Tableau 8, la Figure 9 et le Tableau 9.

Tableau 8. Critères liés aux possibilités de ravitaillement

	Autonomie requise	Par autonomie requise, on entend l'autonomie requise entre deux ravitaillements.
	Durée de ravitaillement maximale	Par durée de ravitaillement, on entend la durée maximale admissible d'un ravitaillement à l'extérieur du lieu de stationnement et en dehors de heures de pause.
	Durée de pause à midi	La durée de pause à midi concerne les pauses au dépôt avec ravitaillement durant les heures d'ensoleillement.
	Horaire de travail	Par horaire de travail on entend l'horaire durant lequel le véhicule n'est pas à son lieu de stationnement. Par déduction, cet horaire permet de définir le temps à disposition pour un ravitaillement sur le lieu de stationnement.

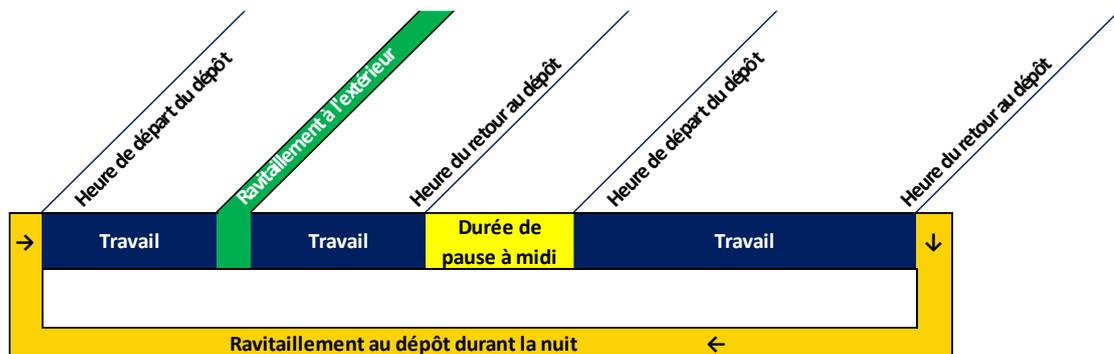


Figure 9. Horaire de travail typique d'un véhicule et étapes clés concernant le ravitaillement

L'horaire de travail définit les moments à disposition pour effectuer le ravitaillement du véhicule. Le moment, le lieu et la durée possible pour le ravitaillement sont déterminants pour le choix et l'éligibilité d'un système d'entraînement ainsi que pour l'impact environnemental de ce système d'entraînement (voir chapitre 11.1).

Tableau 9. Critères liés au domaine d'utilisation

	Charge utile minimale	Pour certains types de véhicules, la charge utile est cruciale à la bonne exécution de ses missions.
	Autres contraintes	D'autres contraintes peuvent concerner la nécessité de pouvoir utiliser une remorque, d'avoir un certain volume de chargement à disposition ou d'avoir un certain nombre de places assises à disposition.

11.4. Résultats de l'analyse d'éligibilité



Annexes : chapitre A4 (pages 12 à 15)

Sur la base des critères précités, des besoins et des missions réalisées par la Commune ainsi que de l'analyse de marché réalisée par Hymexia, les systèmes d'entraînement éligibles sont listés avec un ✓ dans le Tableau 10. Le ! signifie quant à lui que des solutions existent sur le marché mais qu'une évaluation au cas par cas est nécessaire. Ces évaluations sont prises en compte dans les mesures proposées au chapitre 13. Finalement, la ✗ indique que ce système de motorisation n'est pas disponible ou n'est pas adapté à l'utilisation de la Commune. En utilisant les valeurs moyennes par type de véhicule, des analyses TCO et ACV sont réalisées afin d'obtenir un premier aperçu des systèmes d'entraînement possédant un intérêt environnemental et financier. Les résultats de ces analyses sont présentés dans l'annexe A4.

Tableau 10. Systèmes d'entraînement éligibles pour les véhicules devant être remplacés jusqu'en 2028

Eligibilité des systèmes d'entraînement pour la Commune							
Types	Diesel	Biodiesel	Essence	Bioéthanol	Electrique	Méthane / Biométhane	Hydrogène
Autres machines	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Balayeuse	✓	✗	✗	✗	!	✗	✗
Camion	✓	✗	✗	✗	!	✓	✗
Camionnette	✓	✗	✗	✗	!	!	✗
Chariot élévateur	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗
Engin de chantier	✓	✗	✗	✗	!	✗	✗
Fourgon	✓	✗	✓	✗	✓	!	✗
Fourgonnette	✓	✗	✓	✗	✓	!	✗
Monoaxe	✓	✗	✓	✗	!	✗	✗
Petit porte-outils	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗
Porte-outils	✓	✗	✗	✗	!	✗	✗
Tondeuse autoportée	✓	✗	✓	✗	!	✗	✗
Tracteur < 50 CV	✓	✗	✗	✗	!	✗	✗
Tracteur > 50 CV	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Véhicule 4x4	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗
Voiture	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗

Des recherches ont été effectuées sur les possibilités d'utilisation de biocarburants pour les véhicules de la Commune (bioéthanol et biodiesel). En raison des distances importantes à parcourir, et par conséquent du temps nécessaire au déplacement, afin d'effectuer le ravitaillement dans une station-service (cf. Figure 10 et Figure 11), ces solutions ne sont pas conseillées à la Commune. La livraison de conteneur de 1000 litres de biodiesel est également possible. Cependant, aucune place de stockage facilement accessible pour un camion de livraison et aucune place de transvasement adaptée au ravitaillement n'est disponible pour les véhicules de la Commune. De plus, de malheureuses expériences de vol de carburant ont déjà été vécues dans l'ancien réservoir d'essence de la Commune.

Concernant l'hydrogène, la station la plus proche de Villars-sur-Glâne se situe à Berne. Il est par conséquent évident que le trajet à effectuer pour le ravitaillement n'apporte dans ce cas aucun bénéfice à ce système d'entraînement.

Le biométhane est également une solution de propulsion pour les véhicules. Cependant, seuls quelques véhicules sont disponibles sur le marché suisse et des problèmes cycliques de délais de livraison ne permettent pas d'assurer le renouvellement des véhicules.

Concernant la motorisation électrique, certains types de véhicules sont disponibles sur le marché mais doivent être évalués au cas par cas afin de répondre aux besoins de la Commune. Pour cette raison, les véhicules de types « Camion », « Camionnette », « Engin de chantier » et « Porte-outils » possèdent un !. Il en est de même pour les balayeuses, disponibles en version 2m³ mais actuellement déconseillées en version 5m³ sans avoir réalisé des essais grandeur nature. Concernant, les « Monoaxe », « Tondeuse autoportée » et « Tracteur < 50 CV », ceux-ci sont aujourd'hui en développement en version électrique. Dépendant de leurs années de renouvellement respectives, une solution alternative aux carburants fossiles pourra être étudiée en fonction des nouveautés sur le marché.

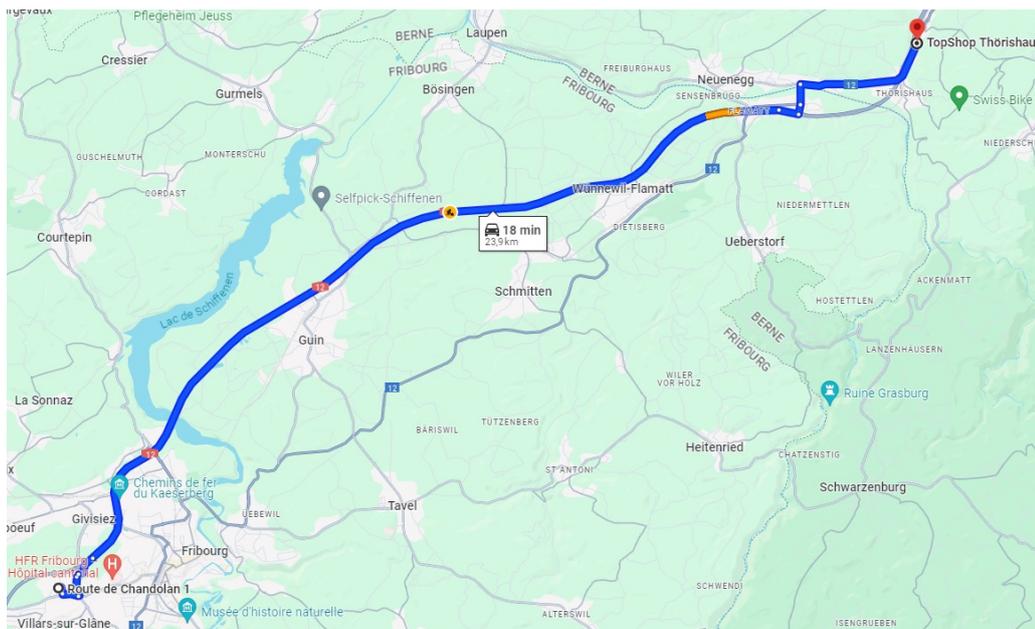


Figure 10. Trajet de la voirie de Villars-sur-Glâne à la station de bioéthanol

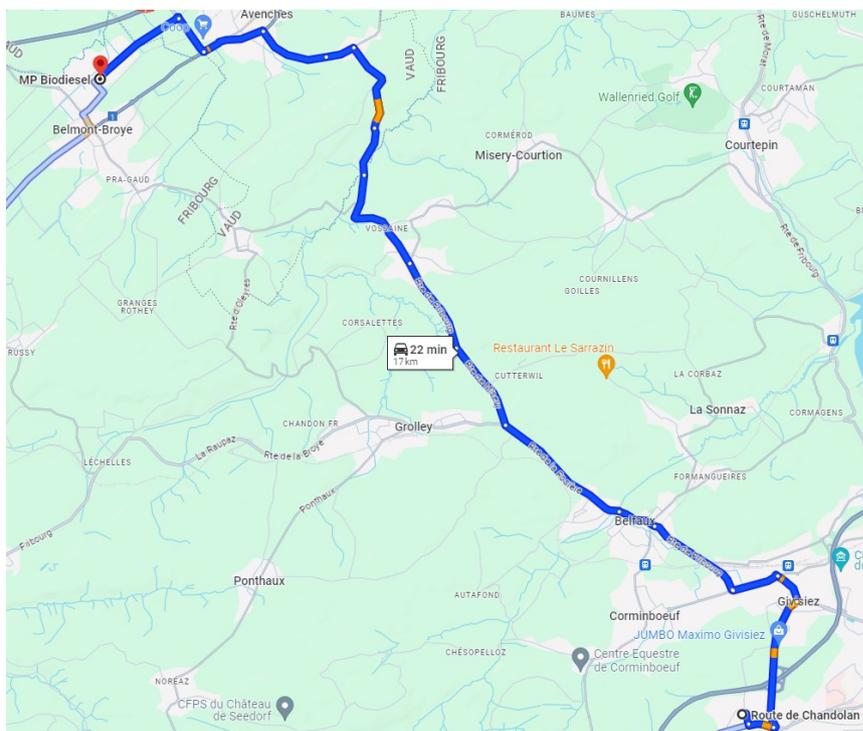


Figure 11. Trajet de la voirie de Villars-sur-Glâne à la station de biodiesel

12. ACV du parc de véhicules 2024



Annexes : chapitre A5 (pages 16 à 19)

L'annexe A5 détaille les données d'entrée ainsi que l'impact environnemental des véhicules du parc 2024 selon la méthode et les 3 indicateurs (t CO₂-equ./an, DALY/an et MJ/an) présentés au chapitre 5.3.3.

12.1. Résultats de l'ACV du parc 2024

Emissions de CO₂-equ.	105.5 t/an
DALY	0,153 DALY/an
Ressources	1'526'440 MJ/an

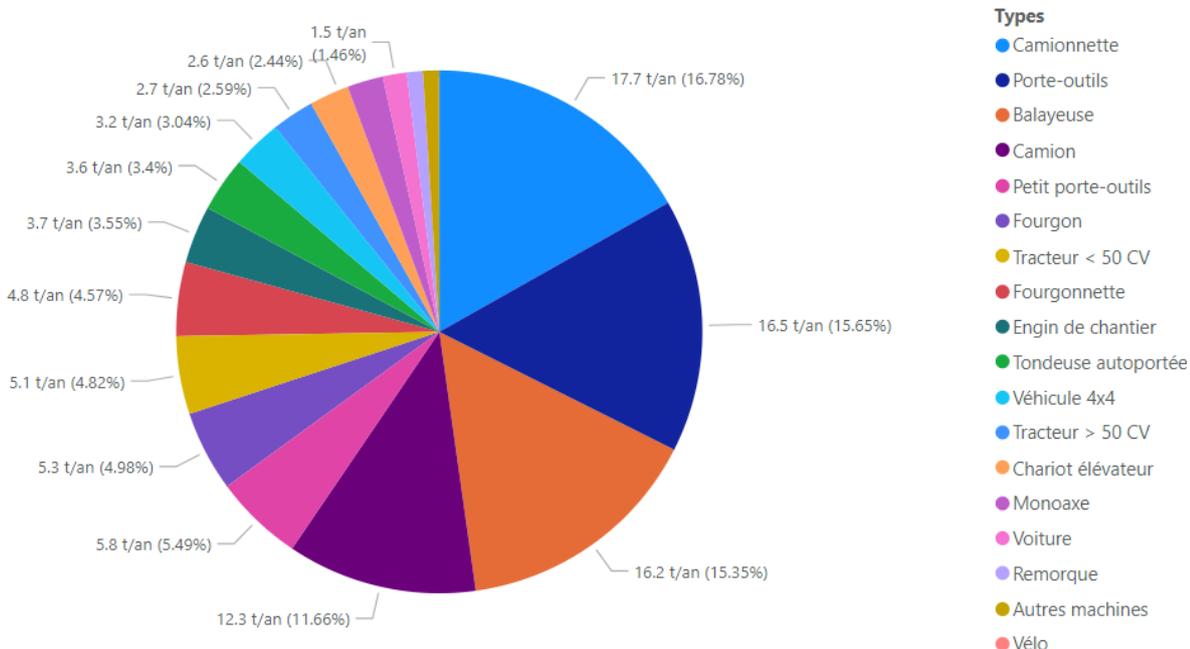
Les émissions totales du parc de véhicules actuel équivalent au rejet de 105.5 tonnes de CO₂-equ. par année. Ces 106 tonnes de CO₂-equ. émises équivalent² à environ 555'397 km parcourus par une voiture diesel ou à environ 40 allers-retours Genève-New York en avion.

L'impact du parc de véhicules sur la santé humaine est de 0,153 DALY par an. Autrement dit, si l'entier de l'impact du parc de véhicules sur la santé humaine était répercuté sur un seul être humain, celui-ci perdrait 1 année de vie toutes les 6,5 années environs. Si l'entier de cet impact sur la santé humaine était répercuté sur la population de Villars-sur-Glâne, chaque habitant perdrait environ 7 minutes de vie par année.

12.1.1. Axes d'amélioration principaux

Le Graphique 11 représente la répartition par type de véhicules des émissions actuelles du parc. Les types « Camionnette », « Porte-outils » et « Balayeuse » sont à eux seuls responsables de près de 50% des émissions du parc soit l'équivalent d'environ 50 tonnes de CO₂-equ. par an.

Répartition des émissions de CO₂-equ. actuelles par type de véhicules

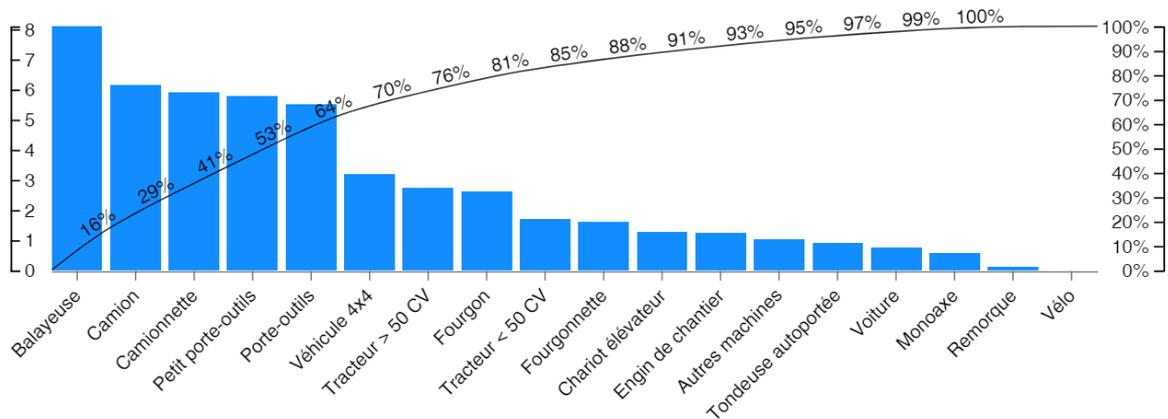


Graphique 11. Répartition des émissions de CO₂-equ. du parc actuel par type de véhicules

² Voiture diesel consommant 6.0 l/100km et en prenant en compte l'énergie grise (= env. 190 g CO₂-equ./km) et vol en classe économique.

Le Graphique 12 permet d'identifier les axes d'amélioration principaux et de visualiser les types de véhicules qui représentent 80% des émissions moyennes unitaires de CO₂-equ. de la Commune. L'incidence du nombre de véhicules possédés par type est de cette manière exclue. On remarque que ce sont les véhicules des types « Balayeuse », « Camion » et « Camionnette » qui ont le plus d'impact par unité du point de vue des émissions de CO₂-equ. L'impact environnemental selon les deux autres indicateurs (DALY par véhicule par an et MJ par véhicule par an) est corrélé avec ces résultats. Cela signifie qu'une réflexion plus approfondie doit avoir lieu sur les types de véhicules les plus impactant environnementalement.

Emissions unitaire de CO₂-equ. moyennes actuelles par type de véhicules [t/an/vhc]



Graphique 12. Répartition des émissions moyennes unitaire de CO₂-equ. par type de véhicules

13. Propositions de mesures d'amélioration

13.1. Mesure 1 : Renouvellement du robot de fauche n°38

Le robot de fauche (n°38) arrive à la fin de sa durée de vie en 2025. Actuellement, aucun modèle équivalent et utilisant un carburant alternatif à la motorisation diesel n'est disponible sur le marché. En revanche, le modèle actuel n'est pas totalement adapté aux pentes à tondre (jusqu'à 60°) et une version possédant des chenilles permet d'améliorer ces capacités. Des essais ont été précédemment réalisés par la Commune et un coût d'achat de 70'000 CHF est à prévoir pour l'acquisition du véhicule le plus adapté.

Impact relatif sur l'ensemble du parc	0.72% <small>Impact financier [CHF/an]</small>
---------------------------------------	--

13.2. Mesure 2 : Renouvellement des balayeuses n°8 et n°9

La balayeuse Ravo 540 (n°8) a déjà atteint sa durée de vie préconisée. Afin d'éviter une augmentation exponentielle des coûts de maintenance et assurer une disponibilité du véhicule, celle-ci doit être remplacée. Une analyse comparative a été réalisée et est présentée à l'annexe 4.4, une augmentation de 30 % des coûts totaux est à prévoir en cas d'acquisition d'un modèle électrique. Le renouvellement par un modèle diesel est par conséquent préconisé, conformément à la décision du Conseil Communal. Il est à noter qu'une partie non négligeable (4.12 %) de l'augmentation du coût financier annuel est dû aux frais d'amortissement de la balayeuse n°8, actuellement comptabilisés à 0 CHF/an.

La seconde balayeuse de la Commune (n°9) atteindra sa durée de vie recommandée en 2027. L'acquisition d'un modèle électrique permet de significativement abaisser les impacts environnementaux en augmentant légèrement le coût annuel du parc.

	Sans panneaux photovoltaïques			Avec panneaux photovoltaïques				
Impact environnemental de la mesure	Emissions CO2	Santé humaine	Ressources	Emissions CO2	Santé humaine	Ressources		
	- 3.5 t/an	-5.24E-03 DALY/an	-38 562 MJ/an	- 4.6 t/an	-6.09E-03 DALY/an	-65 394 MJ/an		
Coût de la mesure	Acquisition des véhicules		Impact financier sur le parc	Acquisition des véhicules		Impact financier sur le parc		
	570'000 CHF		30 662 CHF/an	570'000 CHF		30 103 CHF/an		
Impact de la mesure sur l'approvisionnement électrique	Energie électrique		Surface de PV nécessaire					
	3 288 kWh/an		15.0 m ²					
Impact relatif sur l'ensemble du parc	7.12% <small>Impact financier [CHF/an]</small>	-3.29% <small>Emissions CO2-equ.</small>	-3.43% <small>Santé humaine</small>	-2.53% <small>Ressources</small>	6.99% <small>Impact financier [CHF/an]</small>	-4.34% <small>Emissions CO2-equ.</small>	-3.98% <small>Santé humaine</small>	-4.28% <small>Ressources</small>

13.3. Mesures 3, 4 et 14 : Modification de la répartition des camions, camionnettes et véhicules 4x4

Ces mesures concernent les véhicules n°14, n°34 et n°48. Le Mercedes Puch (n°14) n'est pas adapté à son utilisation actuelle. Lors du déneigement, seule ¼ de la saieuse peut être remplie avant que le véhicule soit en surcharge. Par conséquent, son remplacement par une camionnette, possédant une charge utile plus grande est nécessaire. Comme exposé à l'annexe 4.5, la motorisation électrique apporte une forte diminution des impacts environnementaux. En revanche, une camionnette est peu adaptée pour l'utilisation d'une lame à neige. Afin de ne pas diminuer le nombre de véhicules capables d'effectuer des opérations de déneigement, la mesure 13 introduit un véhicule de déneigement.

La charge utile de l'Iveco Daily (n°48), actuellement équipé d'une benne à ordures ménagères, ne permet pas de réaliser l'entièreté des tâches qui pourraient lui être confiées. Sa durée d'utilisation recommandée étant atteinte, l'acquisition d'un petit camion diesel similaire au Renault (n°35) mais possédant une benne à ordures ménagères avec ouverture identique à celle d'un camion, permet d'augmenter les possibilités de ce véhicule. Il est à noter qu'une partie non négligeable (3.31 %) de l'augmentation du coût financier annuel est dû aux frais d'amortissement du véhicule n°48, actuellement comptabilisés à 0 CHF/an.

Le renouvellement de l'Iveco Daily (n°34) doit également avoir lieu et le choix d'une motorisation électrique est intéressante pour ce véhicule au niveau environnemental (-75% d'émissions de CO₂-equ.). Il convient cependant de réaliser des essais afin de vérifier qu'un véhicule électrique est en mesure d'être équipé d'une structure multilift et de réaliser l'ensemble de ses tâches.

A noter qu'un prix de reprise élevé (environ 50'000 CHF), non pris en compte dans les calculs de l'étude, est attendu pour le Mercedes Puch (n°14).

	Sans panneaux photovoltaïques			Avec panneaux photovoltaïques				
Impact environnemental de la mesure	Emissions CO2	Santé humaine	Ressources	Emissions CO2	Santé humaine	Ressources		
	- 0.9 t/an	-2.52E-03 DALY/an	1 025 MJ/an	- 2.6 t/an	-3.83E-03 DALY/an	-40 208 MJ/an		
Coût de la mesure	Acquisition des véhicules		Impact financier sur le parc	Acquisition des véhicules		Impact financier sur le parc		
	480'000 CHF		23 986 CHF/an	480'000 CHF		23 127 CHF/an		
Impact de la mesure sur l'approvisionnement électrique	Energie électrique			Surface de PV nécessaire				
	20 212 kWh/an			95.0 m ²				
Impact relatif sur l'ensemble du parc	5.57%	-0.89%	-1.65%	0.07%	5.37%	-2.50%	-2.50%	-2.63%
	Impact financier [CHF/an]	Emissions CO ₂ -equ.	Santé humaine	Ressources	Impact financier [CHF/an]	Emissions CO ₂ -equ.	Santé humaine	Ressources

13.4. Mesure 5 : Renouvellement du chariot élévateur Linde n°23

Actuellement, le chariot élévateur n°23 est alimenté par un moteur à gaz. Son remplacement par un modèle électrique permet d'améliorer la santé des utilisateurs. En effet, ce véhicule est utilisé dans une halle et la motorisation électrique ne rejette pas d'émissions de gaz nocifs lors de son utilisation. De plus, ceci permet d'homogénéiser les carburants utilisés pour les véhicules, tout en diminuant légèrement les coûts financiers.

	Sans panneaux photovoltaïques				Avec panneaux photovoltaïques											
Impact environnemental de la mesure	Emissions CO2		Santé humaine		Ressources		Emissions CO2		Santé humaine		Ressources					
	- 0.2 t/an		7.77E-04 DALY/an		-7 504 MJ/an		- 0.2 t/an		7.42E-04 DALY/an		-8 622 MJ/an					
Coût de la mesure	Acquisition des véhicules				Impact financier sur le parc				Acquisition des véhicules				Impact financier sur le parc			
	50'000 CHF				- 166 CHF/an				50'000 CHF				- 189 CHF/an			
Impact de la mesure sur l'approvisionnement électrique	Energie électrique								Surface de PV nécessaire							
	137 kWh/an								1.0 m ²							
Impact relatif sur l'ensemble du parc	-0.04%	-0.19%	0.51%	-0.49%	-0.04%	-0.24%	0.49%	-0.56%	<small>Impact financier (CHF/an)</small>	<small>Emissions CO2-equ.</small>	<small>Santé humaine</small>	<small>Ressources</small>	<small>Impact financier (CHF/an)</small>	<small>Emissions CO2-equ.</small>	<small>Santé humaine</small>	<small>Ressources</small>

13.5. Mesure 6 : Renouvellement de 2 fourgonnettes (n°01 et n°12)

Les durées d'utilisation recommandées des fourgonnettes Citroën Berlingo (n°01) et Peugeot Partner (n°12) se terminent en 2013, respectivement 2025. L'acquisition de modèles électriques est préconisée par rapport à un renouvellement diesel afin de diminuer l'impact environnemental du parc de véhicules. Un achat groupé des 2 véhicules pourrait permettre de discuter d'un éventuel rabais lors de l'achat. De plus, 0.36 % de l'augmentation du coût financier annuel est dû aux frais d'amortissement du véhicule n°01, actuellement comptabilisés à 0 CHF/an.

	Sans panneaux photovoltaïques			Avec panneaux photovoltaïques				
Impact environnemental de la mesure	<u>Emissions CO2</u> - 0.6 t/an	<u>Santé humaine</u> -9.19E-04 DALY/an	<u>Ressources</u> 2 240 MJ/an	<u>Emissions CO2</u> - 1.7 t/an	<u>Santé humaine</u> -1.74E-03 DALY/an	<u>Ressources</u> -23 798 MJ/an		
Coût de la mesure	<u>Acquisition des véhicules</u> 90'000 CHF		<u>Impact financier sur le parc</u> 4 226 CHF/an	<u>Acquisition des véhicules</u> 90'000 CHF		<u>Impact financier sur le parc</u> 3 683 CHF/an		
Impact de la mesure sur l'approvisionnement électrique	<u>Energie électrique</u> 12 764 kWh/an			<u>Surface de PV nécessaire</u> 60.0 m ²				
Impact relatif sur l'ensemble du parc	0.98% <small>Impact financier [CHF/an]</small>	-0.60% <small>Emissions CO2-equ.</small>	-0.60% <small>Santé humaine</small>	0.15% <small>Ressources</small>	0.85% <small>Impact financier [CHF/an]</small>	-1.62% <small>Emissions CO2-equ.</small>	-1.14% <small>Santé humaine</small>	-1.56% <small>Ressources</small>

13.6. Mesure 7 : Renouvellement du monoaxe Reform M14 n°26

La durée de vie du monoaxe Reform M14 sera atteinte en 2028. Pour le moment, la technologie électrique est en développement et les premiers modèles sont mis sur le marché. Des essais sont indispensables afin de vérifier que des performances comparables peuvent être atteintes avant une future acquisition. Pour cette raison, la décision du type de motorisation actuelle est une motorisation essence. Cependant, une réévaluation du marché en 2028 pourrait amener à une conclusion différente.

Coût de la mesure	<u>Acquisition des véhicules</u> 19'500 CHF
-------------------	--

13.7. Mesure 8 : Renouvellement du petit porte-outils n°30

La durée d'utilisation recommandée du Boschung Pony P4-T (n°30) est atteinte en 2026. Malgré un prix d'achat plus élevé pour un modèle électrique, l'impact annuel relatif sur le parc reste limité et permet une diminution importante de l'impact environnemental du parc de la Commune, par rapport au modèle diesel actuel. Par conséquent, son remplacement par un véhicule électrique de taille similaire, permettant de réaliser les tâches qui lui incombent, est préconisé.

	Sans panneaux photovoltaïques				Avec panneaux photovoltaïques			
Impact environnemental de la mesure	Emissions CO2	Santé humaine	Ressources		Emissions CO2	Santé humaine	Ressources	
	- 4.6 t/an	-7.17E-03 DALY/an	-56 211 MJ/an		- 5.6 t/an	-7.96E-03 DALY/an	-81 127 MJ/an	
Coût de la mesure	Acquisition des véhicules		Impact financier sur le parc		Acquisition des véhicules		Impact financier sur le parc	
	225'000 CHF		3 454 CHF/an		225'000 CHF		2 935 CHF/an	
Impact de la mesure sur l'approvisionnement électrique	Energie électrique				Surface de PV nécessaire			
	3 053 kWh/an				14.0 m ²			
Impact relatif sur l'ensemble du parc	0.80%	-4.38%	-4.69%	-3.68%	0.68%	-5.35%	-5.21%	-5.31%
	<small>Impact financier [CHF/an]</small>	<small>Emissions CO2-equ.</small>	<small>Santé humaine</small>	<small>Ressources</small>	<small>Impact financier [CHF/an]</small>	<small>Emissions CO2-equ.</small>	<small>Santé humaine</small>	<small>Ressources</small>

13.8. Mesure 9 : Achat d'une petite camionnette électrique

Afin que les personnes au chômage venant travailler pour la Commune ne diminuent pas la disponibilité des véhicules communaux, l'achat d'un petit véhicule supplémentaire est recommandé. Le développement réalisé ces dernières années sur ce type de véhicules apporte un fort attrait des communes pour les versions électriques, plus performantes que les versions diesel, tant d'un point de vue environnemental que technique. De nombreux modèles sont présents sur le marché comme notamment le Goupil G4, Addax MT ou Alkè 320E. En tenant compte qu'il s'agit d'un nouveau véhicule dans le parc de la Commune, cette mesure a un impact environnemental et financier relativement faible sur l'ensemble du parc pour une plus-value organisationnelle importante.

	Sans panneaux photovoltaïques				Avec panneaux photovoltaïques											
Impact environnemental de la mesure	Emissions CO2		Santé humaine		Ressources		Emissions CO2		Santé humaine		Ressources					
	1.3 t/an		1.47E-03 DALY/an		26 529 MJ/an		0.5 t/an		8.50E-04 DALY/an		6 945 MJ/an					
Coût de la mesure	Acquisition des véhicules				Impact financier sur le parc				Acquisition des véhicules				Impact financier sur le parc			
	65'000 CHF				11 033 CHF/an				65'000 CHF				10 625 CHF/an			
Impact de la mesure sur l'approvisionnement électrique	Energie électrique								Surface de PV nécessaire							
	2 400 kWh/an								11.0 m ²							
Impact relatif sur l'ensemble du parc	2.56%		1.22%		0.96%		1.74%		2.47%		0.45%		0.56%		0.45%	
	Impact financier [CHF/an]		Emissions CO2-equ.		Santé humaine		Ressources		Impact financier [CHF/an]		Emissions CO2-equ.		Santé humaine		Ressources	



Figure 12. Illustration d'une petite camionnette Goupil G4

13.9. Mesure 10 : Renouvellement de 2 porte-outils (n°15 et n°18)

Les durées de vie préconisées pour le Reform Kiffer Boki (n°15) et le Reform T10 (n°18) arrivent à échéance en 2027, respectivement 2028. Environnementalement, leur remplacement par des modèles électriques est préconisé par rapport à la motorisation diesel, permettant ainsi de fortement diminuer l'impact du parc de la Commune. Les résultats de cette mesure sont détaillés à l'annexe 4.2. En revanche, les modèles électriques ne sont apparus que récemment sur le marché et sont actuellement moins performants techniquement que les modèles diesel. Le renouvellement devant commencer en 2027, cette échéance est intéressante pour permettre l'essai des futurs modèles disponibles sur le marché, tant diesel qu'électriques, afin de vérifier la compatibilité de cette mesure avec les tâches qui leurs incombent, avant de prendre la décision finale.

	Sans panneaux photovoltaïques				Avec panneaux photovoltaïques											
Impact environnemental de la mesure	Emissions CO2		Santé humaine		Ressources		Emissions CO2		Santé humaine		Ressources					
	- 5.3 t/an		-7.62E-03 DALY/an		-57 892 MJ/an		- 7.3 t/an		-9.10E-03 DALY/an		-104 952 MJ/an					
Coût de la mesure	Acquisition des véhicules				Impact financier sur le parc				Acquisition des véhicules				Impact financier sur le parc			
	500'000 CHF				9 407 CHF/an				500'000 CHF				8 426 CHF/an			
Impact de la mesure sur l'approvisionnement électrique	Energie électrique								Surface de PV nécessaire							
	23 068 kWh/an								108.0 m ²							
Impact relatif sur l'ensemble du parc	2.18%		-5.03%		-4.98%		-3.79%		1.96%		-6.87%		-5.96%		-6.88%	
	Impact financier (CHF/an)		Emissions CO2-equ.		Santé humaine		Ressources		Impact financier (CHF/an)		Emissions CO2-equ.		Santé humaine		Ressources	

13.10. Mesure 11 : Mesures concernant les remorques

La remorque Sensa 3205 (n°21) est à remplacer en priorité. En effet, cette remorque n'est plus en mesure de passer l'expertise et son indisponibilité affecte le bon déroulement des tâches de la voirie.

La remorque Compresseur (n°32) n'est plus utilisée. Celle-ci devrait être vendue afin de récupérer de l'espace de stockage ainsi que diminuer l'impact environnemental et financier dus à son stockage.

Les durées de vie des remorques n°20, n°33, n°39 et n°46 ont déjà été atteintes ou seront atteintes d'ici 2028. Leur renouvellement, à la fin de leur durée de vie respective, permet d'éviter une indisponibilité telle que celle connue actuellement par la remorque n°21 et ainsi assurer les capacités du parc de la Commune.

Coût de la mesure	Acquisition des véhicules	
	51'690 CHF	

13.11. Mesure 12 : Renouvellement de la tondeuse autoportée n°44

La durée de vie de la tondeuse autoportée Etesia Attila (n°44) aura lieu en 2025. Son renouvellement par un modèle similaire, également à moteur essence, est actuellement conseillé car aucun équivalent possédant une autre motorisation, par exemple le biogaz ou l'électrique, n'a été trouvé sur le marché. En cas de nouveaux modèles d'ici à la date de son renouvellement, il serait intéressant d'effectuer une analyse environnementale et financière avant d'effectuer l'acquisition.

Coût de la mesure	<u>Acquisition des véhicules</u> 12'750 CHF
-------------------	--

13.12. Mesure 13 : Renouvellement du tracteur John Deere n°36

Le renouvellement du tracteur John Deere 3720 (n°36), actuellement équipé d'un chargeur frontal, par un modèle diesel similaire permet par la même occasion l'adaptation d'une lame à neige ainsi qu'une saleuse afin de compenser la diminution du nombre de véhicules utilisés pour le déneigement, comme décrit au chapitre 13.3. L'augmentation du coût financier annuel de 0.99 % est dû aux frais d'amortissement du véhicule, actuellement comptabilisés à 0 CHF/an. Les agrégats (lame et saleuse) ne sont pas compris dans les calculs de cet audit.

Coût de la mesure	<u>Acquisition des véhicules</u> 51'350 CHF
-------------------	--

13.13. Mesure 15 : Renouvellement de la voiture Honda n°2

Le renouvellement de la Honda Jazz (n°2) par une voiture citadine électrique permet de montrer une image écologiquement engagée aux habitants de la Commune. Il est à noter que pour ce véhicule, une consommation de 6l/100km a été estimée et prise en compte dans les calculs. Avec cette valeur, l'acquisition d'un modèle électrique augmenterait les émissions de CO₂-equ. de 0,3 tonnes/an ainsi que les frais financiers par rapport à un modèle essence. Cependant, si le véhicule n'effectue que des faibles trajets, sa consommation d'essence est probablement plus élevée en raison d'un fonctionnement à froid du moteur. Tant que le véhicule ne consomme pas plus de 9,5l/100km, la motorisation essence s'avère environnementalement meilleure que la motorisation électrique. Dans ce rapport, les deux solutions sont exposées ci-dessous, cependant la solution d'une voiture électrique neuve est privilégiée en raison de l'importance de l'image de la Commune. L'augmentation de 0.33 % du coût financier annuel est dû aux frais d'amortissement du véhicule, actuellement comptabilisés à 0 CHF/an.

Solution électrique :

	Sans panneaux photovoltaïques			Avec panneaux photovoltaïques				
Impact environnemental de la mesure	Emissions CO2 0.3 t/an	Santé humaine 8.27E-04 DALY/an	Ressources 6 916 MJ/an	Emissions CO2 0.1 t/an	Santé humaine 6.49E-04 DALY/an	Ressources 1 287 MJ/an		
Coût de la mesure	Acquisition des véhicules 30'000 CHF		Impact financier sur le parc 2 296 CHF/an	Acquisition des véhicules 30'000 CHF		Impact financier sur le parc 2 179 CHF/an		
Impact de la mesure sur l'approvisionnement électrique	Energie électrique 690 kWh/an		Surface de PV nécessaire 3.0 m ²					
Impact relatif sur l'ensemble du parc	0.53% Impact financier [CHF/an]	0.28% Emissions CO2-equ.	0.54% Santé humaine	0.45% Ressources	0.51% Impact financier [CHF/an]	0.06% Emissions CO2-equ.	0.42% Santé humaine	0.08% Ressources

Solution essence :

	Motorisation essence
Coût de la mesure	Acquisition des véhicules 17'320 CHF
Impact relatif sur l'ensemble du parc	0.33% Impact financier [CHF/an]

14. Recommandations d'Hymexia

14.1. Récapitulatif des mesures à appliquer en priorité

Au vu des résultats des chapitres précédents et des disponibilités des différents types de véhicules, Hymexia recommande d'appliquer en priorité, parmi les mesures possibles présentées au chapitre 13, les mesures sélectionnées dans le tableau suivant :

Tableau 11. Récapitulatif des mesures applicables en priorité avec de l'électricité du réseau

Mesure n°	Type	Nombre de véhicules à remplacer	Nombre de nouveaux véhicules électriques	Acquisition des véhicules	Impact financier sur le parc	Emissions CO2	Santé humaine	Ressources	Energie électrique
1	Autres machines	1	0	70'000 CHF	3 120 CHF/an	0.0 t/an	0.00E+00 DALY/an	0 MJ/an	0 kWh/an
2	Balayeuse	2	1	570'000 CHF	30 662 CHF/an	- 3.5 t/an	-5.24E-03 DALY/an	-38 562 MJ/an	3 288 kWh/an
3	Camion	1	0	250'000 CHF	44 322 CHF/an	12.8 t/an	1.83E-02 DALY/an	182 062 MJ/an	0 kWh/an
4	Camionnette	2	2	230'000 CHF	-10 228 CHF/an	- 10.5 t/an	-1.55E-02 DALY/an	-133 434 MJ/an	20 212 kWh/an
5	Chariot élévateur	1	1	50'000 CHF	- 166 CHF/an	- 0.2 t/an	7.77E-04 DALY/an	-7 504 MJ/an	137 kWh/an
6	Fourgonnette	2	2	90'000 CHF	4 226 CHF/an	- 0.6 t/an	-9.19E-04 DALY/an	2 240 MJ/an	12 764 kWh/an
9	Petite camionnette	1	1	65'000 CHF	11 033 CHF/an	1.3 t/an	1.47E-03 DALY/an	26 529 MJ/an	2 400 kWh/an
11	Remorque	5	0	51'690 CHF	- 734 CHF/an	0.0 t/an	-6.32E-05 DALY/an	- 659 MJ/an	0 kWh/an
13	Tracteur < 50 CV	1	0	51'350 CHF	4 279 CHF/an	0.0 t/an	0.00E+00 DALY/an	0 MJ/an	0 kWh/an
14	Véhicule 4x4	0	0	0 CHF	-10 109 CHF/an	- 3.2 t/an	-5.29E-03 DALY/an	-47 603 MJ/an	0 kWh/an
Total		16	7	1'428'040 CHF	76 405 CHF/an	- 4.0 t/an	-6.50E-03 DALY/an	-16 930 MJ/an	38 801 kWh/an

17.73%

Impact financier [CHF/an]

-3.80%

Emissions CO2-equ.

-4.25%

Santé humaine

-1.11%

Ressources

Tableau 12. Récapitulatif des mesures applicables en priorité avec de l'électricité photovoltaïque

Mesure n°	Type	Nombre de véhicules à remplacer	Nombre de nouveaux véhicules électriques	Acquisition des véhicules	Impact financier sur le parc	Emissions CO2	Santé humaine	Ressources	Energie électrique	Surface de PV nécessaire
1	Autres machines	1	0	70'000 CHF	3 120 CHF/an	0.0 t/an	0.00E+00 DALY/an	0 MJ/an	0 kWh/an	0.0 m²
2	Balayeuse	2	1	570'000 CHF	30 103 CHF/an	- 4.6 t/an	-6.09E-03 DALY/an	-65 394 MJ/an	3 288 kWh/an	15.0 m²
3	Camion	1	0	250'000 CHF	44 322 CHF/an	12.8 t/an	1.83E-02 DALY/an	182 062 MJ/an	0 kWh/an	0.0 m²
4	Camionnette	2	2	230'000 CHF	-11 087 CHF/an	- 12.2 t/an	-1.68E-02 DALY/an	-174 668 MJ/an	20 212 kWh/an	95.0 m²
5	Chariot élévateur	1	1	50'000 CHF	- 189 CHF/an	- 0.2 t/an	7.42E-04 DALY/an	-8 622 MJ/an	137 kWh/an	1.0 m²
6	Fourgonnette	2	2	90'000 CHF	3 683 CHF/an	- 1.7 t/an	-1.74E-03 DALY/an	-23 798 MJ/an	12 764 kWh/an	60.0 m²
9	Petite camionnette	1	1	65'000 CHF	10 625 CHF/an	0.5 t/an	8.50E-04 DALY/an	6 945 MJ/an	2 400 kWh/an	11.0 m²
11	Remorque	5	0	51'690 CHF	- 734 CHF/an	0.0 t/an	-6.32E-05 DALY/an	- 659 MJ/an	0 kWh/an	0.0 m²
13	Tracteur < 50 CV	1	0	51'350 CHF	4 279 CHF/an	0.0 t/an	0.00E+00 DALY/an	0 MJ/an	0 kWh/an	0.0 m²
14	Véhicule 4x4	0	0	0 CHF	-10 109 CHF/an	- 3.2 t/an	-5.29E-03 DALY/an	-47 603 MJ/an	0 kWh/an	0.0 m²
Total		16	7	1'428'040 CHF	74 013 CHF/an	- 8.7 t/an	-1.01E-02 DALY/an	-131 736 MJ/an	38 801 kWh/an	182.0 m²

17.18%

Impact financier [CHF/an]

-8.29%

Emissions CO2-equ.

-6.63%

Santé humaine

-8.63%

Ressources

14.2. Récapitulatif des mesures applicables jusqu'en 2028

A long terme, l'ensemble des mesures présentées au chapitre 13 seront applicables. Leurs impacts sont répertoriés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 13. Récapitulatif des mesures avec de l'électricité du réseau

Mesure n°	Type	Nombre de véhicules à remplacer	Nombre de nouveaux véhicules électriques	Acquisition des véhicules	Impact financier sur le parc	Emissions CO2	Santé humaine	Ressources	Energie électrique
1	Autres machines	1	0	70'000 CHF	3 120 CHF/an	0.0 t/an	0.00E+00 DALY/an	0 MJ/an	0 kWh/an
2	Balayeuse	2	1	570'000 CHF	30 662 CHF/an	- 3.5 t/an	-5.24E-03 DALY/an	-38 562 MJ/an	3 288 kWh/an
3	Camion	1	0	250'000 CHF	44 322 CHF/an	12.8 t/an	1.83E-02 DALY/an	182 062 MJ/an	0 kWh/an
4	Camionnette	2	2	230'000 CHF	-10 228 CHF/an	- 10.5 t/an	-1.55E-02 DALY/an	-133 434 MJ/an	20 212 kWh/an
5	Chariot élévateur	1	1	50'000 CHF	- 166 CHF/an	- 0.2 t/an	7.77E-04 DALY/an	-7 504 MJ/an	137 kWh/an
6	Fourgonnette	2	2	90'000 CHF	4 226 CHF/an	- 0.6 t/an	-9.19E-04 DALY/an	2 240 MJ/an	12 764 kWh/an
7	Monoaxe	1	0	19'500 CHF	0 CHF/an	0.0 t/an	0.00E+00 DALY/an	0 MJ/an	0 kWh/an
8	Petit porte-outils	1	1	225'000 CHF	3 454 CHF/an	- 4.6 t/an	-7.17E-03 DALY/an	-56 211 MJ/an	3 053 kWh/an
9	Petite camionnette	1	1	65'000 CHF	11 033 CHF/an	1.3 t/an	1.47E-03 DALY/an	26 529 MJ/an	2 400 kWh/an
10	Porte-outils	2	2	500'000 CHF	9 407 CHF/an	- 5.3 t/an	-7.62E-03 DALY/an	-57 892 MJ/an	23 068 kWh/an
11	Remorque	5	0	51'690 CHF	- 734 CHF/an	0.0 t/an	-6.32E-05 DALY/an	- 659 MJ/an	0 kWh/an
12	Tondeuse autoportée	1	0	12'750 CHF	0 CHF/an	0.0 t/an	0.00E+00 DALY/an	0 MJ/an	0 kWh/an
13	Tracteur < 50 CV	1	0	51'350 CHF	4 279 CHF/an	0.0 t/an	0.00E+00 DALY/an	0 MJ/an	0 kWh/an
14	Véhicule 4x4	0	0	0 CHF	-10 109 CHF/an	- 3.2 t/an	-5.29E-03 DALY/an	-47 603 MJ/an	0 kWh/an
15	Voiture	1	1	30'000 CHF	2 296 CHF/an	0.3 t/an	8.27E-04 DALY/an	6 916 MJ/an	690 kWh/an
Total		22	11	2'215'290 CHF	91 562 CHF/an	- 13.6 t/an	-2.05E-02 DALY/an	-124 116 MJ/an	65 612 kWh/an



Tableau 14. Récapitulatif des mesures avec de l'électricité photovoltaïque

Mesure n°	Type	Nombre de véhicules à remplacer	Nombre de nouveaux véhicules électriques	Acquisition des véhicules	Impact financier sur le parc	Emissions CO2	Santé humaine	Ressources	Energie électrique	Surface de PV nécessaire
1	Autres machines	1	0	70'000 CHF	3 120 CHF/an	0.0 t/an	0.00E+00 DALY/an	0 MJ/an	0 kWh/an	0.0 m ²
2	Balayeuse	2	1	570'000 CHF	30 103 CHF/an	- 4.6 t/an	-6.09E-03 DALY/an	-65 394 MJ/an	3 288 kWh/an	15.0 m ²
3	Camion	1	0	250'000 CHF	44 322 CHF/an	12.8 t/an	1.83E-02 DALY/an	182 062 MJ/an	0 kWh/an	0.0 m ²
4	Camionnette	2	2	230'000 CHF	-11 087 CHF/an	- 12.2 t/an	-1.68E-02 DALY/an	-174 668 MJ/an	20 212 kWh/an	95.0 m ²
5	Chariot élévateur	1	1	50'000 CHF	- 189 CHF/an	- 0.2 t/an	7.42E-04 DALY/an	-8 622 MJ/an	137 kWh/an	1.0 m ²
6	Fourgonnette	2	2	90'000 CHF	3 683 CHF/an	- 1.7 t/an	-1.74E-03 DALY/an	-23 798 MJ/an	12 764 kWh/an	60.0 m ²
7	Monoaxe	1	0	19'500 CHF	0 CHF/an	0.0 t/an	0.00E+00 DALY/an	0 MJ/an	0 kWh/an	0.0 m ²
8	Petit porte-outils	1	1	225'000 CHF	2 935 CHF/an	- 5.6 t/an	-7.96E-03 DALY/an	-81 127 MJ/an	3 053 kWh/an	14.0 m ²
9	Petite camionnette	1	1	65'000 CHF	10 625 CHF/an	0.5 t/an	8.50E-04 DALY/an	6 945 MJ/an	2 400 kWh/an	11.0 m ²
10	Porte-outils	2	2	500'000 CHF	8 426 CHF/an	- 7.3 t/an	-9.10E-03 DALY/an	-104 952 MJ/an	23 068 kWh/an	108.0 m ²
11	Remorque	5	0	51'690 CHF	- 734 CHF/an	0.0 t/an	-6.32E-05 DALY/an	- 659 MJ/an	0 kWh/an	0.0 m ²
12	Tondeuse autoportée	1	0	12'750 CHF	0 CHF/an	0.0 t/an	0.00E+00 DALY/an	0 MJ/an	0 kWh/an	0.0 m ²
13	Tracteur < 50 CV	1	0	51'350 CHF	4 279 CHF/an	0.0 t/an	0.00E+00 DALY/an	0 MJ/an	0 kWh/an	0.0 m ²
14	Véhicule 4x4	0	0	0 CHF	-10 109 CHF/an	- 3.2 t/an	-5.29E-03 DALY/an	-47 603 MJ/an	0 kWh/an	0.0 m ²
15	Voiture	1	1	30'000 CHF	2 179 CHF/an	0.1 t/an	6.49E-04 DALY/an	1 287 MJ/an	690 kWh/an	3.0 m ²
Total		22	11	2'215'290 CHF	87 553 CHF/an	- 21.6 t/an	-2.65E-02 DALY/an	-316 528 MJ/an	65 612 kWh/an	307.0 m ²



14.3. Eclaircissement des mesures proposées

Le coût d'acquisition des nouveaux véhicules ne prend pas en compte le prix de reprise des anciens véhicules car ceux-ci varient fortement en fonction de nombreux paramètres. Le prix de reprise est donc à soustraire du coût d'acquisition lors de son évaluation au cas par cas.

L'impact financier sur le parc représente la plus-value ou moins-value résultante de la mesure proposée, ceci qu'il s'agisse d'un remplacement ou d'un achat d'un nouveau véhicule. Cela explique que l'impact financier de la mesure 13.8 paraisse important pour un véhicule ayant un prix d'achat relativement faible.

Parmi les véhicules concernés par les mesures proposées par Hymexia au chapitre 14.1, 5 véhicules ont dépassé leur durée d'utilisation recommandée. Par conséquent, leur amortissement est comptabilisé à 0 CHF/an dans cet audit. Ces nouveaux frais d'amortissement représentent au total 9.13 % de l'augmentation du coût annuel du parc, soit près de 50 % de l'augmentation globale.

La surface de PV (panneaux photovoltaïques) nécessaire représente la surface pour approvisionner en électricité les véhicules remplacés par la mesure respective. Ce résultat correspond à la surface nécessaire pour subvenir à la moyenne annuelle de consommation énergétique des véhicules respectifs.

15. Planning de renouvellement



Annexes : chapitres A6 et A7 (pages 20 et 21)

Le tableau de l'annexe A6 présente l'ensemble des véhicules du parc ainsi que leur année de remplacement permettant de respecter un renouvellement au moment où la durée de vie recommandée arrive à échéance.

Un planning de renouvellement jusqu'en 2028 a été élaboré (cf. Annexe A7) en prenant en considération l'état mécanique actuel des véhicules, ceci en péjorant légèrement le respect des renouvellements au moment exact où la durée de vie recommandée arrive à échéance.

Il convient de noter que le bâtiment de stockage des véhicules n'est actuellement pas équipé de panneaux solaires, ni d'un système de recharge des véhicules. Une étude quant à la faisabilité d'acquérir une quantité importante de véhicules électrifiés doit être réalisée afin d'assurer leur ravitaillement et par conséquent le bon fonctionnement des véhicules du parc.

Sur les 51 véhicules du parc actuel, ce sont 6 véhicules qui devraient être remplacés d'ici fin 2024 afin de respecter le planning de renouvellement présenté dans le tableau de l'annexe A7. De plus, l'acquisition d'un nouveau véhicule, selon le chapitre 13.8, est à prévoir. Ces 7 véhicules représentent un investissement de 895'000 CHF.

Une projection jusqu'en 2028 permet de prévisualiser que 15 véhicules supplémentaires sont concernés par le planning de renouvellement. Le renouvellement de ces 15 véhicules nécessiterait un investissement total d'environ 1'330'000 CHF.

La situation actuelle et les tarifs des véhicules présents sur le marché fluctuent rapidement en fonction de la situation mondiale et des nouvelles technologies. Pour cette raison, il est conseillé de prévoir une marge de 15 % supplémentaire sur les prix des véhicules afin de permettre les nouvelles acquisitions sans à avoir à voter un crédit complémentaire.

Un résumé de l'investissement à prévoir par année, jusqu'en 2028 pour le renouvellement du parc (sans la marge de 15 %) est indiqué dans le tableau ci-dessous :

Tableau 15. Investissement arrondi à prévoir par année jusqu'en 2028

2024	2025	2026	2027	2028
895'000 CHF	175'000 CHF	310'000 CHF	575'000 CHF	270'000 CHF

16. Conclusion

Bien adapté aux travaux et missions actuelles, le parc de véhicules de la Commune de Villars-sur-Glâne est régulièrement renouvelé et nécessiterait principalement une transition progressive vers des moyens de propulsions alternatifs.

L'importance de la provenance de l'électricité utilisée pour la recharge des véhicules est également mise en avant dans ce rapport. En effet, l'application de l'ensemble des mesures recommandées au chapitre 13, en utilisant de l'énergie photovoltaïque, engendrerait un surcoût d'environ 87'500 CHF/an (dont 39'000 CHF/an dus aux nouveaux amortissements). Ce surcoût doit toutefois être mis en balance avec les économies d'émissions de gaz à effet de serre réalisées (-20,5 %), la diminution de l'impact sur la santé humaine (-17,4 %) et de l'extraction des ressources non renouvelables (-20,7 %).

Les véhicules en retard sur le plan de renouvellement ou devant prochainement être remplacés constituent finalement une excellente opportunité d'effectuer des renouvellements groupés en profitant des évolutions technologiques survenues ces dernières années.

En effet, des applications qui semblaient relever de l'expérimentation il y a quelques années se révèlent aujourd'hui être parfaitement accessibles et sûres tant d'un point de vue opérationnel qu'économique ou environnemental. Le recul obtenu ces dernières années et la démocratisation de ces véhicules (toutes catégories confondues) permet de confirmer le bienfondé de l'utilisation de ces nouvelles technologies dans les parcs de véhicules des Communes suisses.

Il y a des adaptations à mettre en place du point de vue organisationnel, notamment sur le ravitaillement, mais les bénéfices sont avérés.

Ce rapport met en lumière les catégories de véhicules pour lesquelles cette transition est possible dès aujourd'hui. En tenant compte de l'évolution rapide des technologies, des catégories non disponibles aujourd'hui, tel que les monoaxes, le seront probablement dans le futur.

Il met également en lumière le fait que d'autres technologies « anciennes » qui consistent à utiliser un moteur thermique sont tout aussi valables voire plus pertinentes dans certains cas d'utilisation.

Les hypothèses utilisées dans ce rapport sont toutes relativement pessimistes en ce qui concerne les coûts. Malgré cela, le coût annuel du parc varie relativement peu entre sa configuration actuelle et la configuration obtenue après le renouvellement des véhicules. En effet, sur les 20,3 % d'augmentation des coûts, 9,1 % sont dus aux frais d'amortissement des véhicules ayant aujourd'hui dépassé leurs durées de vie recommandées respectives.

L'application des mesures proposées au chapitre 13 apporterait les bienfaits suivants :

Aspects opérationnels	<ul style="list-style-type: none"> uniformisation des véhicules
Aspects administratifs	<ul style="list-style-type: none"> réalisation d'appel d'offres groupés amélioration des conditions administratives, commerciales et de service après-vente mise en place d'une stratégie à long terme mettant en lumière de manière scientifique les bienfaits apportés par la politique de renouvellement des véhicules
Aspects environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> réduction de l'impact environnemental du parc de véhicules de la Commune par exemple jusqu'à -20,5 % d'émission de CO₂-equ. d'ici 2028
Aspects publics	<ul style="list-style-type: none"> possibilité de communiquer sur les bienfaits de la stratégie de renouvellement et sur l'exemplarité du futur parc de véhicules opportunité pour développer une nouvelle signature visuelle des véhicules des services de la Commune
Aspects économiques	<ul style="list-style-type: none"> impact modéré sur les coûts annuels du parc de véhicules malgré les avantages précités

En conclusion, Hymexia recommande de procéder aux investissements présentés au chapitre 13, la balance coûts/bénéfice étant clairement en faveur de la politique de renouvellement proposée.

Etude réalisée sur mandat de la Commune de Villars-sur-Glâne



Annexes au rapport



Source : <https://www.laliberte.ch/>

« Audit organisationnel, financier et environnemental du parc de véhicules »

Établi par
HYMEXIA
Route de Vevey 105
CH – 1618 Châtel-St-Denis

Table des matières

A1.	LISTE DES VÉHICULES PRIS EN COMPTE DANS L'ÉTUDE	2
A2.	ÂGE DES VÉHICULES DU PARC ET DURÉE D'UTILISATION RECOMMANDÉE PAR HYMEXIA	3
A3.	INDICATEURS PAR TYPE DE VÉHICULES	4
A3.1	VÉHICULES DU TYPE « CAMION »	4
A3.2	VÉHICULES DU TYPE « PORTE-OUTILS » ET « PETIT PORTE-OUTILS »	5
A3.3	VÉHICULES DU TYPE « BALAYEUSE »	6
A3.4	VÉHICULES DU TYPE « TRACTEUR < 50 CV » ET « TRACTEUR > 50 CV »	7
A3.5	VÉHICULES DU TYPE « CAMIONNETTE », « VÉHICULE 4x4 », « FOURGONNETTE » ET « FOURGON »	8
A3.6	VÉHICULES DU TYPE « CHARIOT ÉLÉVATEUR » ET « ENGIN DE CHANTIER »	9
A3.7	VÉHICULES DU TYPE « VOITURE »	10
A3.8	VÉHICULES DU TYPE « MONOAXE » ET « TONDEUSE AUTOPORTÉE »	11
A4.	TCO ET ACV DES SYSTÈMES D'ENTRAÎNEMENT ÉLIGIBLES PAR TYPE	12
A4.1	CAMIONS – POIDS TOTAL DE 12 TONNES	12
A4.2	PORTE-OUTILS	12
A4.3	BALAYEUSES – VERSION 2M ³	13
A4.4	BALAYEUSES – VERSION 5M ³	13
A4.5	CAMIONNETTES	14
A4.6	FOURGONNETTES	14
A4.7	VOITURES	15
A5.	ACV DU PARC DE VÉHICULES ACTUEL	16
A5.1	ÉMISSIONS DE CO ₂ -equ. DU PARC DE VÉHICULES ACTUEL	17
A5.2	IMPACT DU PARC DE VÉHICULES ACTUEL SUR LA SANTÉ HUMAINE	18
A5.3	UTILISATION DES RESSOURCES NON-RENOUVELABLES DU PARC DE VÉHICULES ACTUEL	19
A6.	ANNÉES DE REMPLACEMENT DES VÉHICULES DU PARC ACTUEL	20
A7.	PLANNING DE RENOUVELLEMENT JUSQU'EN 2028	21

Historique des versions

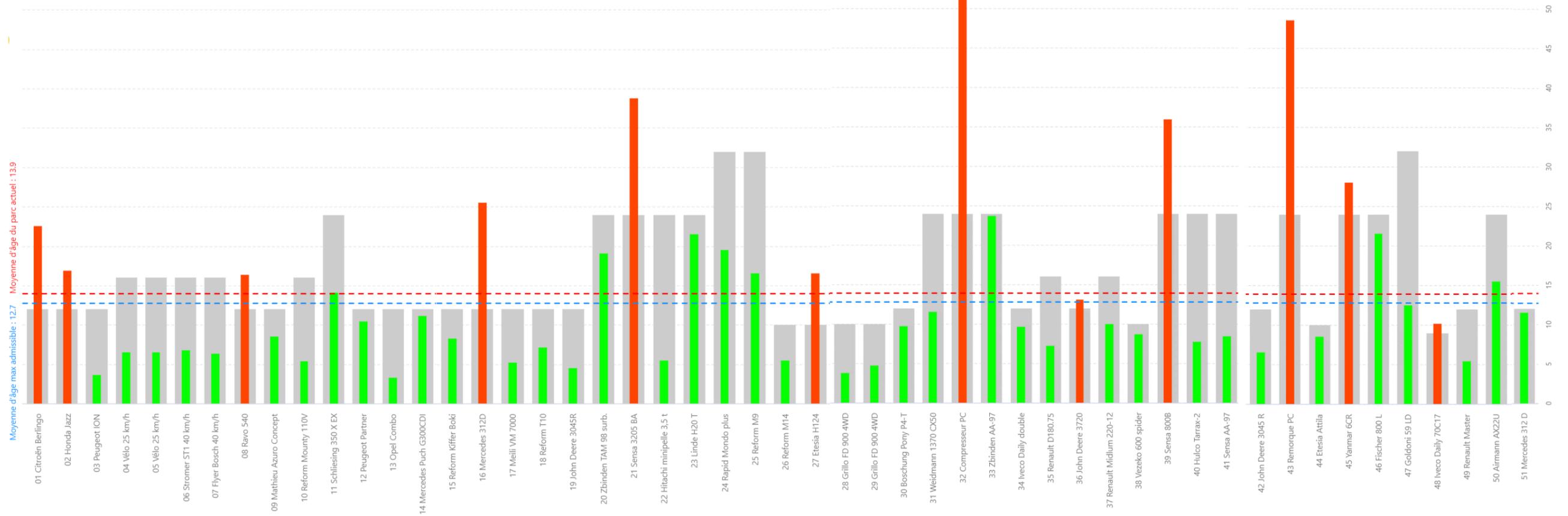
Date :	Version :	Description :
27.02.2024	1.0	Version préliminaire présentée à la Commune
19.03.2024	1.1	Version du rapport d'audit transmise à la Commune après corrections
08.04.2024	1.2	Version du rapport d'audit après seconde série de corrections
10.04.2024	1.3	Version du rapport d'audit avec tableau arrondi de l'investissement à prévoir

A1. Liste des véhicules pris en compte dans l'étude

ID	Type	Marque	Modèle	Immatriculation	Année	Carburant	Service	Caractéristiques
01	Fourgonnette	Citroën	Berlingo	FR 25227	2001	Essence	Admin	Véhicule du chef concierge
02	Voiture	Honda	Jazz	FR 58030	2007	Essence	Admin	Utilisé par le service technique
03	Voiture	Peugeot	ION	FR 118162	2020	Electrique	Admin	Utilisé par le service technique
04	Vélo	Vélo	25 km/h		2017	Electrique	Admin	
05	Vélo	Vélo	25 km/h		2017	Electrique	Admin	
06	Vélo	Stromer	ST1 40 km/h	FR 89639	2017	Electrique	Admin	
07	Vélo	Flyer	Bosch 40 km/h	FR 89640	2017	Electrique	Admin	
08	Balayeuse	Ravo	540	FR 20	2007	Diesel	Voirie	Balayage, feuilles, curages dans les grilles (lors d'urgences), brosses de désherbages pas très pratiques
09	Balayeuse	Mathieu	Azuro Concept	FR 1133	2015	Diesel	Voirie	Balayage des trottoirs et petits chemins, lavage HP
10	Tracteur > 50 CV	Reform	Mounty 110V	FR 267966	2018	Diesel	Voirie	Lame et saleuse, déneige les places de parc et les cours d'école. En été : éparage avec le bras pour les talus, pneus larges pour le terrain de foot
11	Remorque	Schliesing	350 X EX	FR 6493	2009	Diesel	Voirie	Permet de faire des copeaux, utilisé pour des troncs jusqu'à 30 cm de diamètre, tirée par Iveco FR 64166 ou Reform FR 91 505
12	Fourgonnette	Peugeot	Partner	FR 21793	2013	Diesel	Voirie	Véhicule du chef d'atelier, équipé avec les outils de dépannage
13	Fourgonnette	Opel	Combo	FR 25305	2020	Diesel	Voirie	Véhicule du contremaître
14	Véhicule 4x4	Mercedes	Puch G300CDI	FR 81437	2012	Diesel	Voirie	Lame et saleuse, utilise 1/4 de la capacité de la saleuse et est en surcharge
15	Porte-outils	Reform	Kiffer Boki	FR 91505	2015	Diesel	Voirie	Déneigement, équipé avec désherbeuse Keckex à eau chaude, transport de petites machines, pont basculant 3 côtés, est un porte-outils à cause de la neige => sinon camionnette
16	Fourgon	Mercedes	312D	FR 110609	1998	Diesel	Voirie	Ancien bus scolaire vidé, utilisé pour la peinture sur les parking et la menuiserie, est utilisé jusqu'à ce qu'il casse puis sera remplacé par FR 104 426 (bus Mercedes rouge) également ancien bus scolaire
17	Porte-outils	Meili	VM 7000	FR 151799	2018	Diesel	Voirie	Salage, sinon utilisé comme camionnette avec pont basculant 3 côtés, véhicule pas très pratique
18	Porte-outils	Reform	T10	FR 151800	2016	Diesel	Voirie	Saleuse sur multilift, lame, véhicule 4x4, limité à 40 km/h, avec pont et pont grue, utilisé pour travaux divers
19	Tracteur < 50 CV	John Deere	3045R	FR 151803	2019	Diesel	Voirie	Lame + saleuse, déneige les trottoirs, utilisé l'été pour les engrais (enfumage)
20	Remorque	Zbinden	TAM 98 surb.	FR 320654	2004	Non motorisé	Voirie	Utilisée avec tous les véhicules pour le transport de machines
21	Remorque	Sensa	3205 BA	FR 325639	1985	Non motorisé	Voirie	Utilisée avec le Renault Midlum FR 277 588, possède des freins électriques, ne passe pas l'expertise
22	Engin de chantier	Hitachi	minipelle 3,5 t		2018	Diesel	Voirie	Utilisée par les maçons, pour les chemins, cimetière, en cas de changement le modèle d'en-dessus est souhaité, devait anciennement passer entre les tombes du cimetière
23	Chariot élévateur	Linde	H20 T		2002	Méthane	Voirie	Charge le sel dans les saleuses, travaux divers.
24	Monoaxe	Rapid	Mondo plus		2004	Essence	Voirie	
25	Monoaxe	Reform	M9		2007	Essence	Voirie	Peigne, pas de lame à neige, utilisé uniquement autour de l'école du Platy + paysan pour le foin
26	Monoaxe	Reform	M14		2018	Essence	Voirie	Eparage, bord de route, piste cyclable
27	Tondeuse autoportée	Etesia	H124	FR 215	2007	Diesel	Parcs	Transformé en chasse neige et utilisé par le concierge de l'école pour la cour
28	Tondeuse autoportée	Grillo	FD 900 4WD	FR 26	2020	Diesel	Parcs	Utilisé pour les parcs et promenades
29	Tondeuse autoportée	Grillo	FD 900 4WD	FR 215	2019	Diesel	Parcs	Tond et aspire les feuilles, 3 terrains de foot - 2x par semaine de mars à décembre - 5h par semaine, besoin de couteaux très aiguisés
30	Petit porte-outils	Boschung	Pony P4-T	FR 303	2014	Diesel	Parcs	Déneigement trottoirs et petites routes, fraise à neige, été : arrosage avec lavage HP
31	Chariot élévateur	Weidmann	1370 CX50	FR 321	2012	Diesel	Parcs	Possède 2 godets, godet pince, utilisé pour le bois, véhicule à tout faire
32	Remorque	Compresseur	PC	FR 5627	1969	Non motorisé	Parcs	Revalorisé, ancienne remorque de la PC, inutilisée
33	Remorque	Zbinden	AA-97	FR 6054	2000	Non motorisé	Parcs	Remorque de chantier
34	Camionnette	Iveco	Daily double	FR 64166	2014	Diesel	Parcs	Utilise le multilift sauf pont grue, employé par les jardiniers, petites machines et déchets verts, transport de sel, 2 roues motrices, crochet de remorque, possède de nombreux problèmes mécaniques
35	Camion	Renault	D180.75	FR 70500	2016	Diesel	Parcs	Vhc 45 km/h, possède 2 bennes dont une au centre sportif pendant la tonte, crochet d'attelage, minimum 2t de charge utile
36	Tracteur < 50 CV	John Deere	3720	FR 151804	2010	Diesel	Parcs	Tire le Spider, utilisé avec la remorque Sensa 800, utilisé par les faucheurs, possède un godet frontal utilisé en tant que porte-outils (adaptable aux autres tracteurs), utilisé pour charger les ponts des véhicules
37	Camion	Renault	Midlum 220-12	FR 277588	2014	Diesel	Parcs	Vhc 45 km/h, pour les maçons, multilift avec grue, grapin, 1 pont alu, 1 benne gravats, utilisé avec minipelle Hitachi sur remorque, charge des machines sur le pont
38	Autres machines	Vezeko	600 spider	FR 310949	2015	Essence	Parcs	Utilisé jusqu'à 65° de pente avec le treuil, facile à réparer, hauteur variable et tourne à 360°, tiré par FR 151 804
39	Remorque	Sensa	800B	FR 316457	1988	Non motorisé	Parcs	
40	Remorque	Hulco	Tarrax-2	FR 323919	2016	Non motorisé	Parcs	Transport des tondeuses Grillo, utilisée par les tondeurs
41	Remorque	Sensa	AA-97	FR 324391	2015	Non motorisé	Parcs	Remorque de chantier
42	Tracteur < 50 CV	John Deere	3045 R	FR 342578	2017	Diesel	Parcs	Lame + saleuse, utilisé l'été avec la remorque d'arrosage 800 litres
43	Remorque	Remorque	PC	FR 315336	1975	Non motorisé	Parcs	
44	Tondeuse autoportée	Etesia	Attila		2015	Essence	Parcs	Tonte, véhicule étroit
45	Engin de chantier	Yanmar	6CR		1996	Diesel	Parcs	Amène les copaux, n'est actuellement plus utilisée, est stockée en réserve
46	Remorque	Fischer	800 L		2002	Non motorisé	Parcs	Utilisée avec le tracteur FR 342 578
47	Monoaxe	Goldoni	59 LD		2011	Diesel	Parcs	Véhicule revalorisé
48	Camionnette	Iveco	Daily 70C17	FR 151801	2013	Diesel	Déchetterie	Container à poubelles, ramasse où le camion poubelle ne prend pas ainsi que ce qui reste à côté des bennes
49	Camionnette	Renault	Master	FR 182840	2018	Diesel	Déchetterie	Véhicule des personnes au chômage et des jardiniers, permet de ramasser les encombrants, équipé d'une grue
50	Engin de chantier	Airmann	AX22U		2008	Diesel	Déchetterie	Véhicule revalorisé, utilisé à la déchetterie pour tasser les bennes, a été remplacé par la minipelle Hitachi
51	Fourgon	Mercedes	312 D	FR 104426	2012	Diesel		Utilisé pour les déménagements et les camps de ski, remplacera le Mercedes FR 110 609 quand il sera cassé

A2. Âge des véhicules du parc et durée d'utilisation recommandée par Hymexia

● Véhicules dépassant leur durée de vie ● Véhicules en dessous de leur durée de vie ● Durée de vie

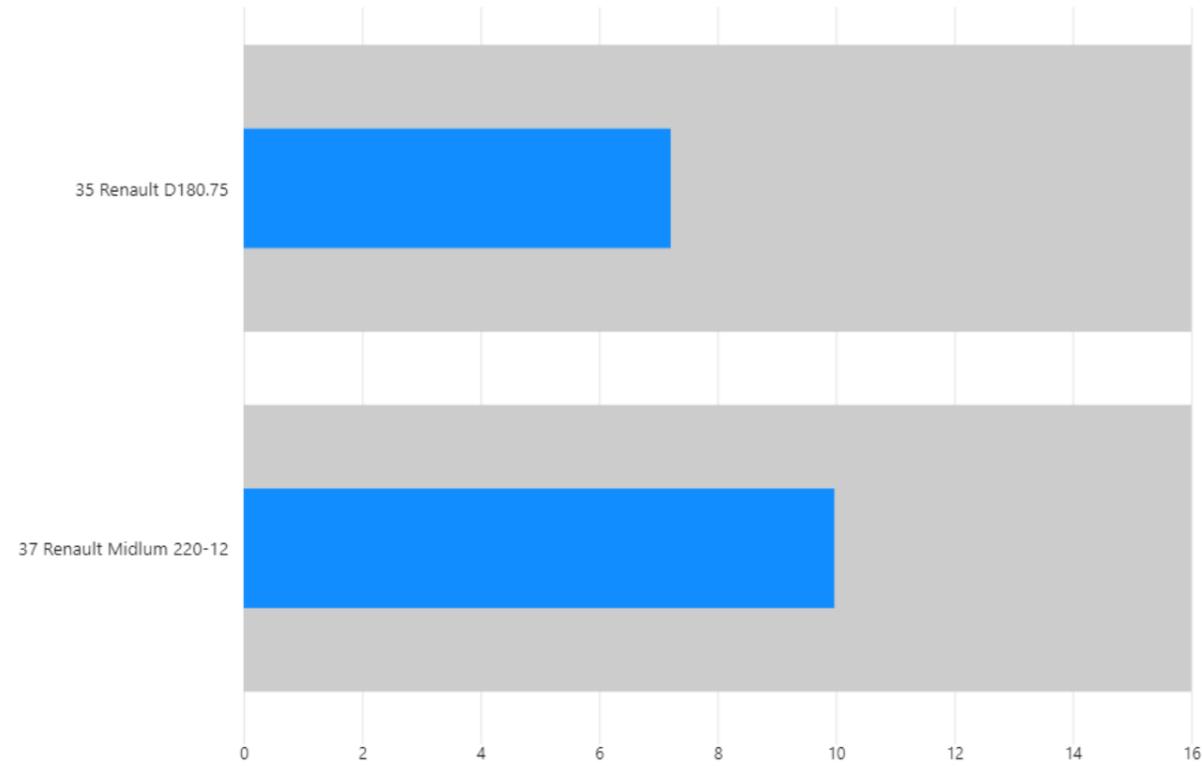


A3. Indicateurs par type de véhicules

A3.1 Véhicules du type « Camion »

Age des véhicules

● Age du véhicule ● Durée de vie

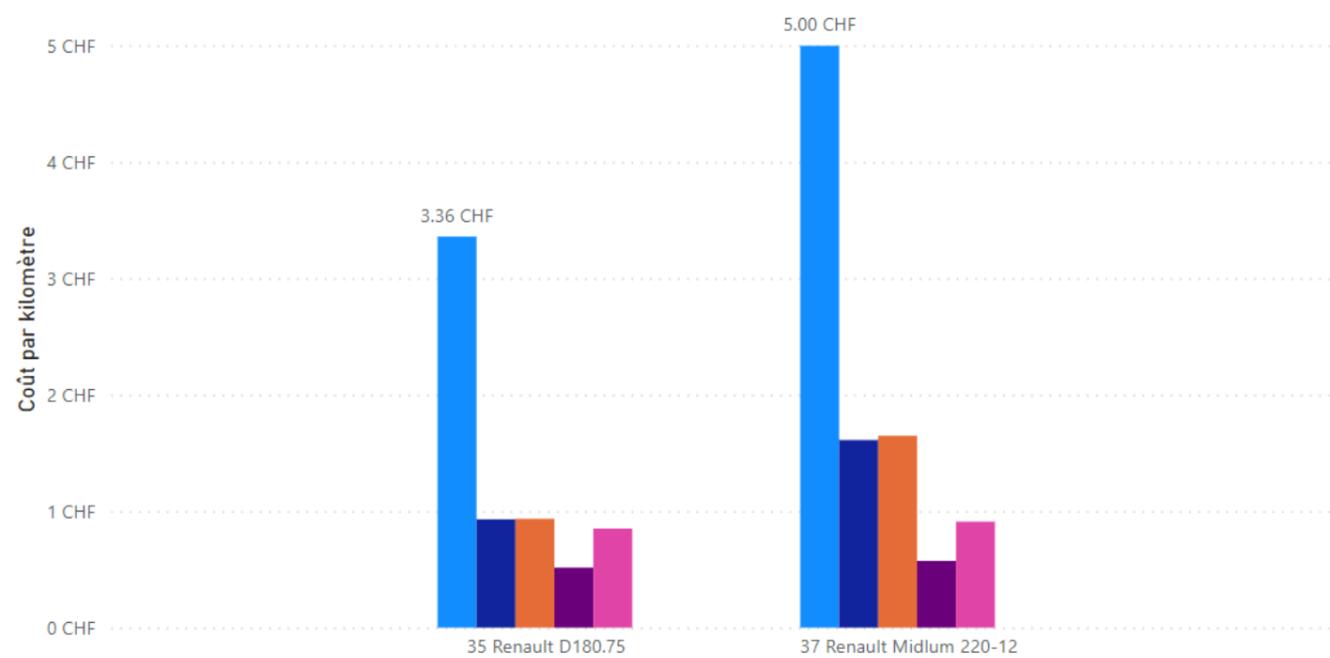


Taux d'utilisation par année



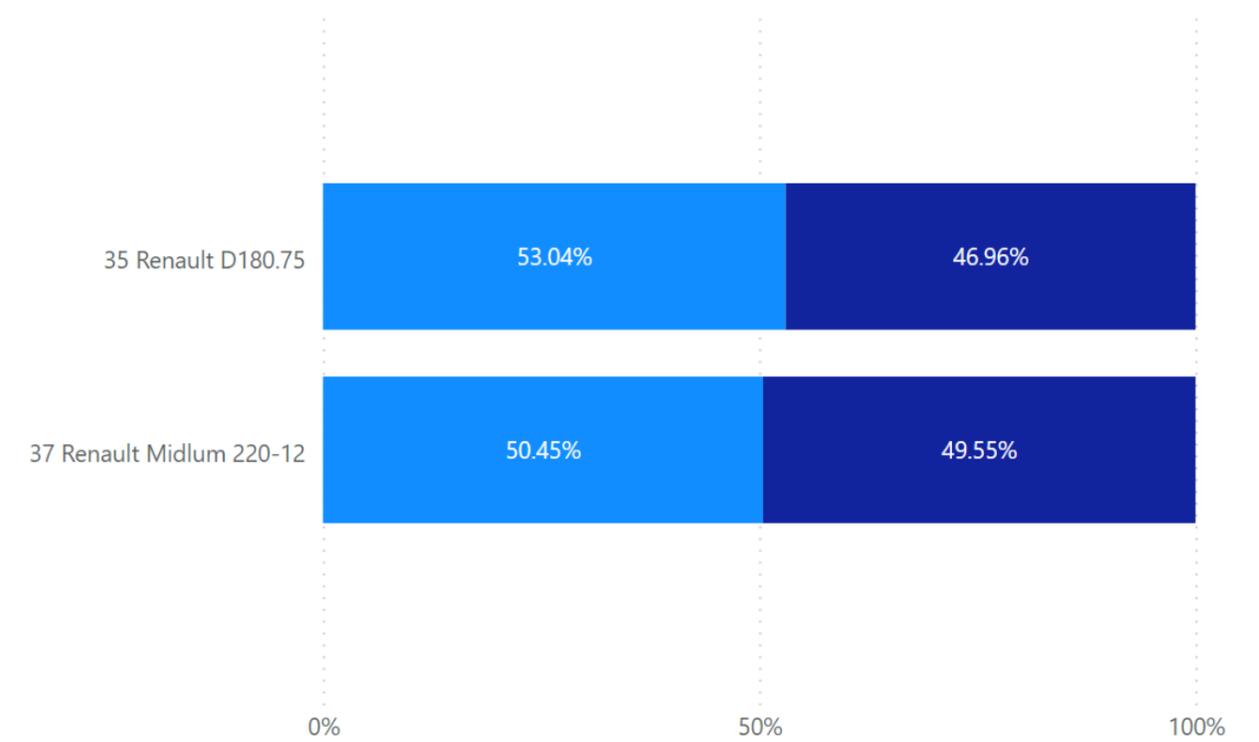
Coût kilométrique

● Coût total ● Amortissement ● Maintenance ● Carburant ● Assurance, stockage, impôt



Part des frais fixes et des frais variables

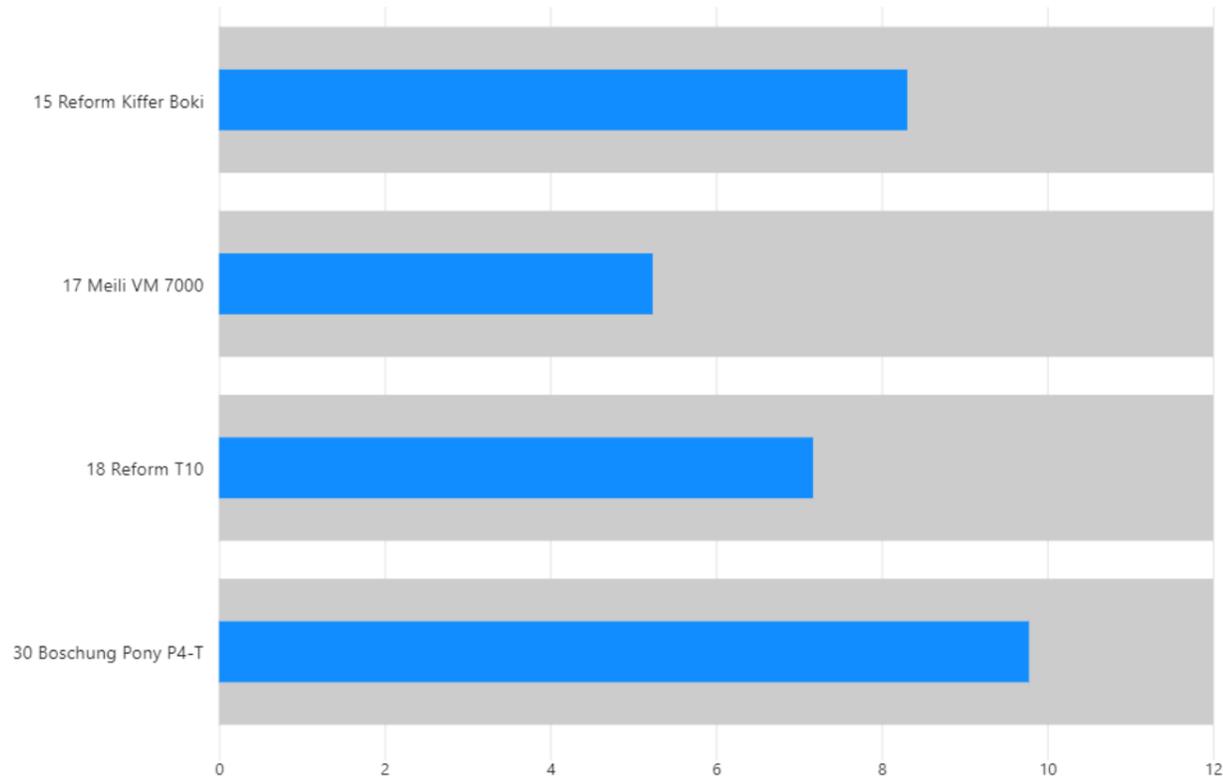
● Frais fixes ● Frais variables



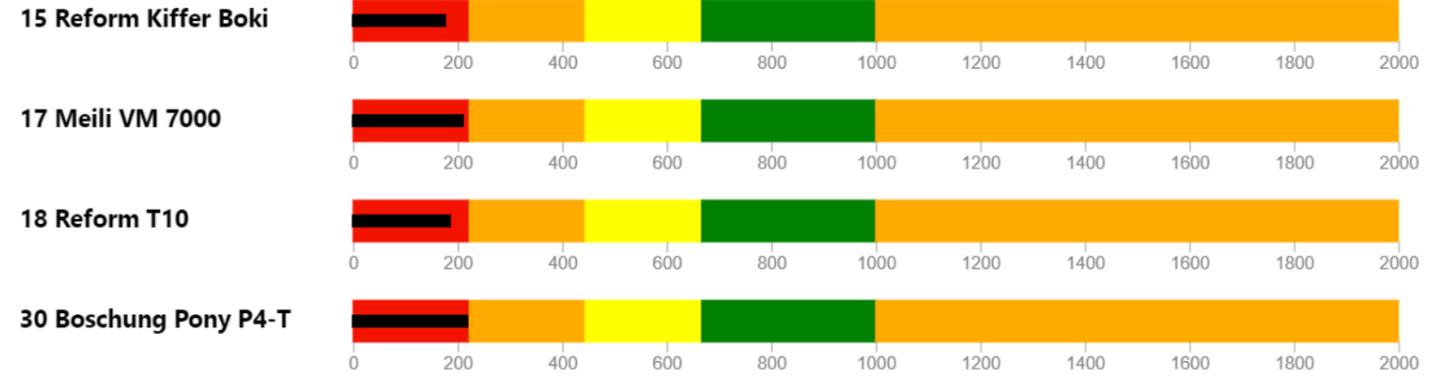
A3.2 Véhicules du type « Porte-outils » et « Petit porte-outils »

Age des véhicules

● Age du véhicule ● Durée de vie

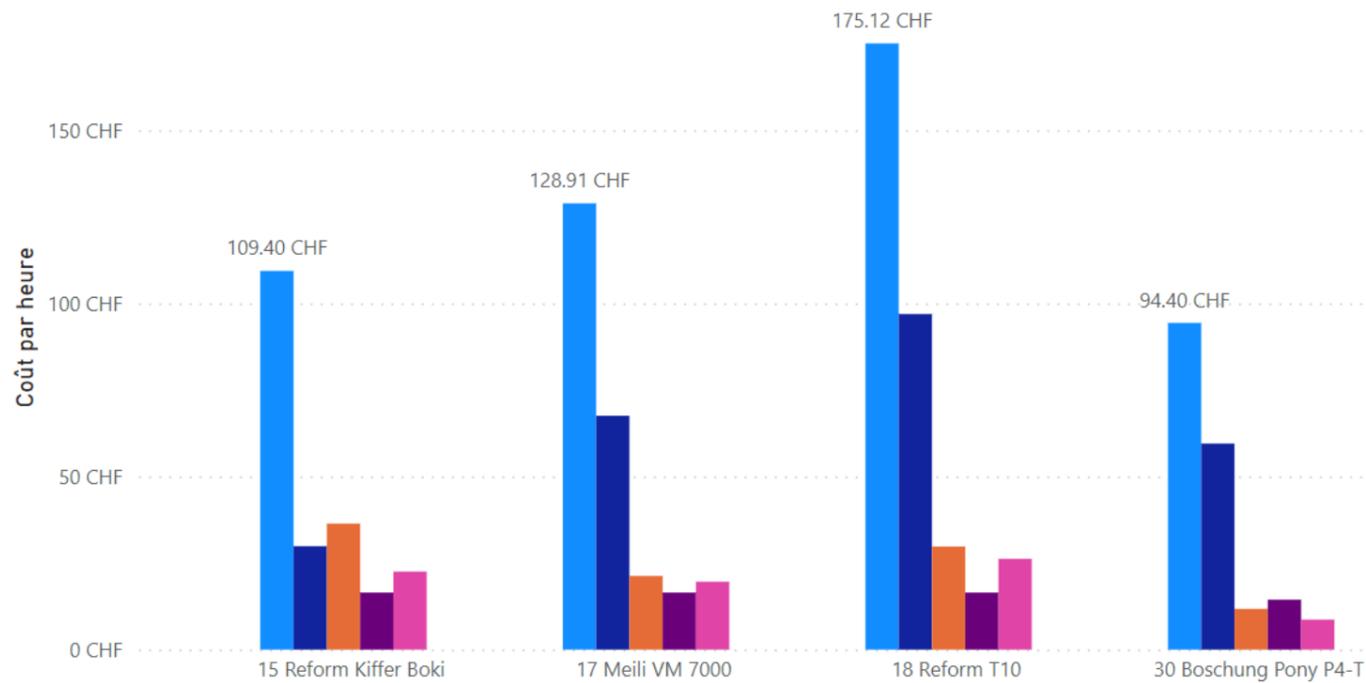


Taux d'utilisation par année



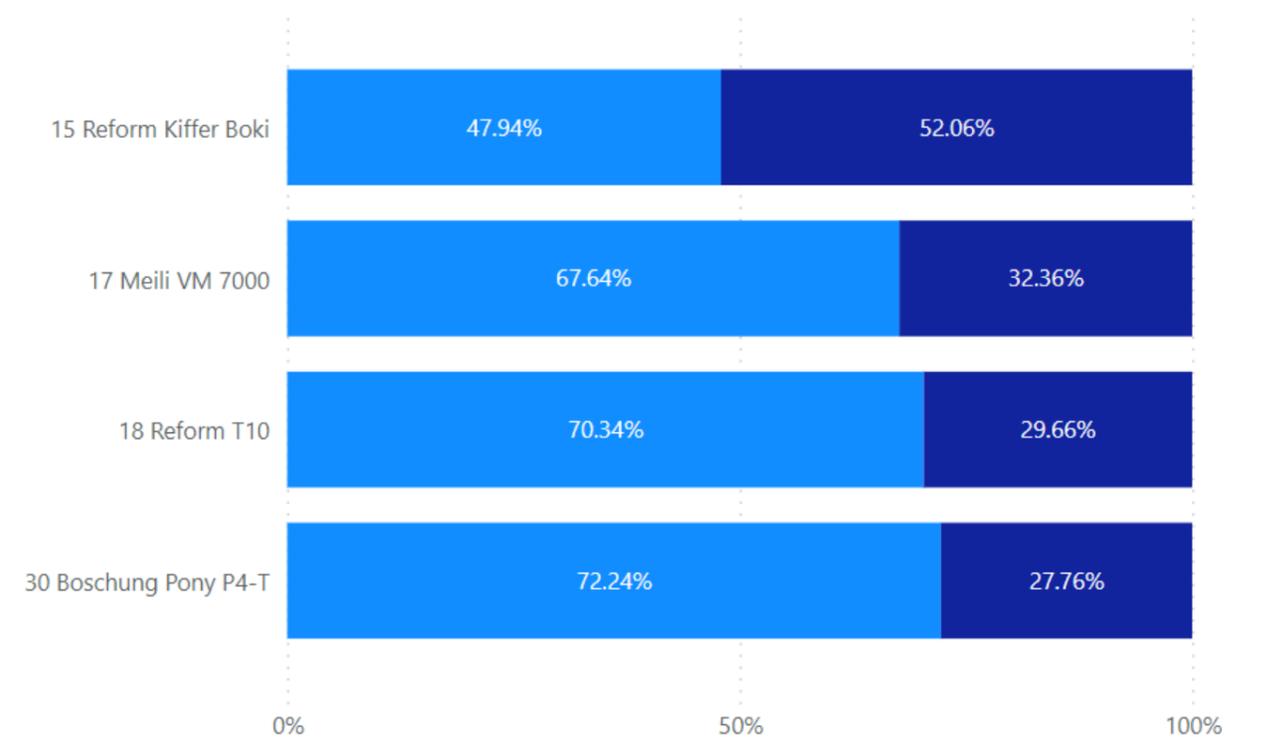
Coût horaire

● Coût total ● Amortissement ● Maintenance ● Carburant ● Assurance, stockage, impôt



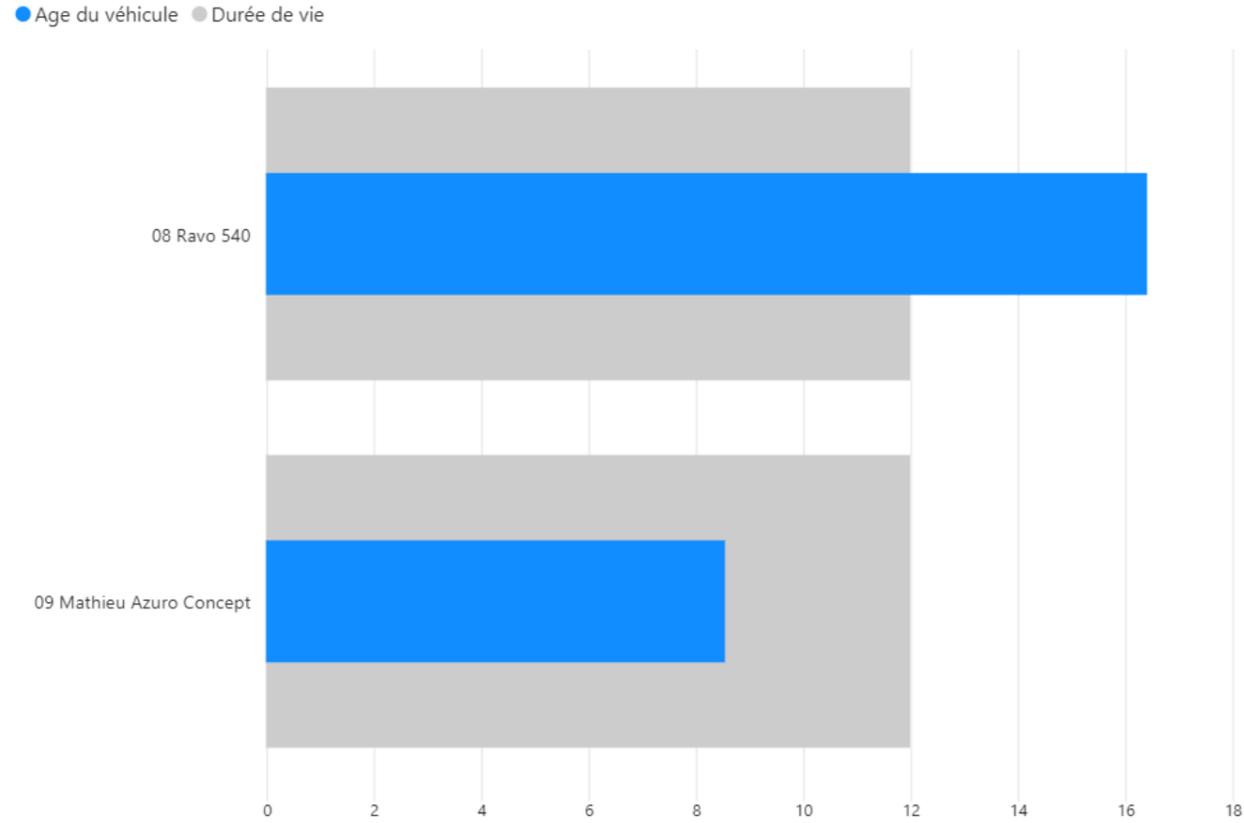
Part des frais fixes et des frais variables

● Frais fixes ● Frais variables

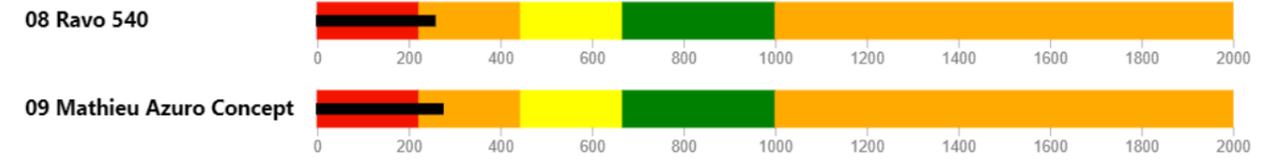


A3.3 Véhicules du type « Balayeuse »

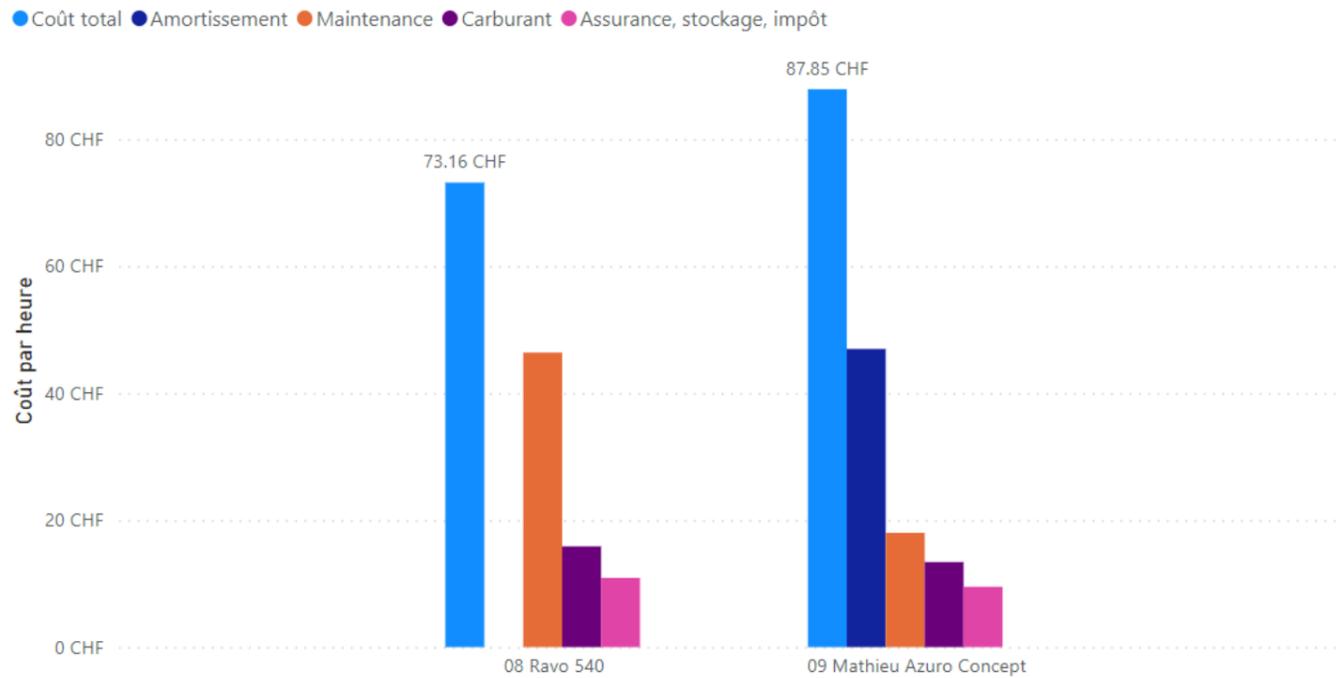
Age des véhicules



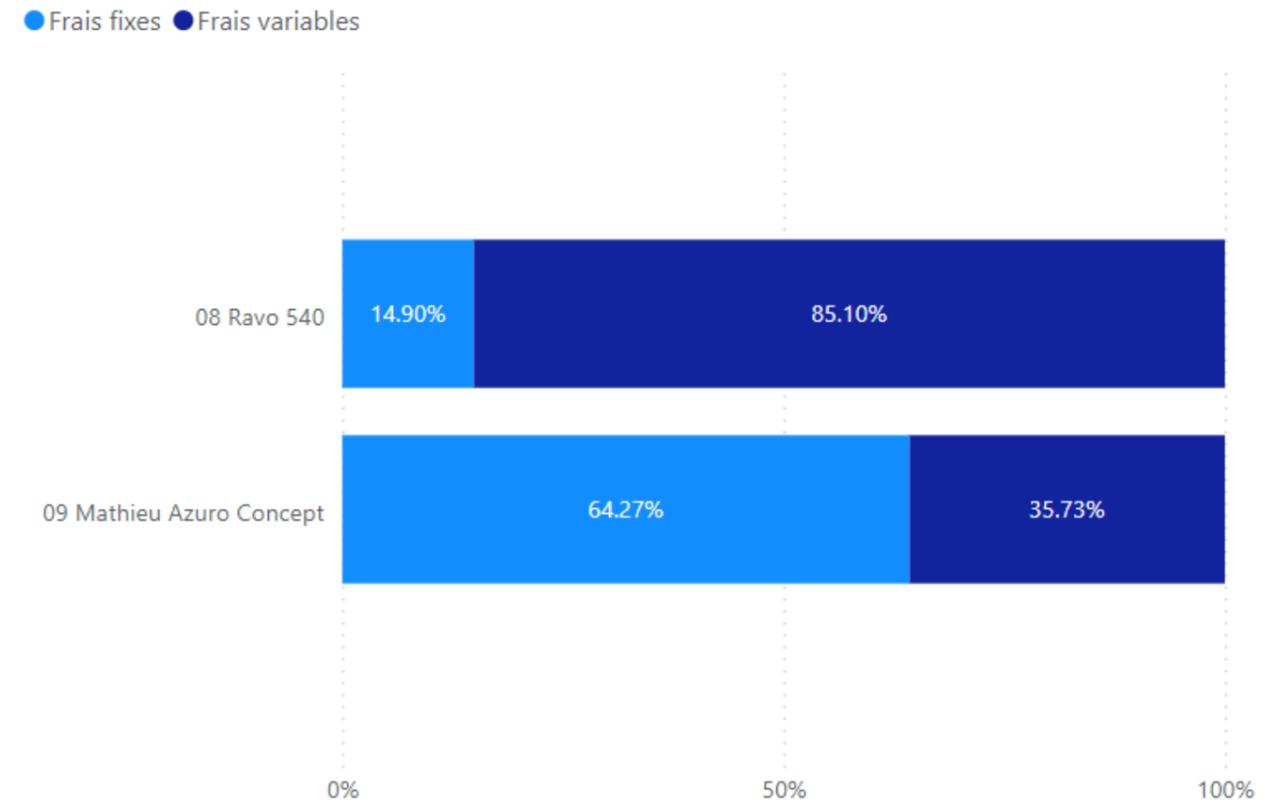
Taux d'utilisation par année



Coût horaire

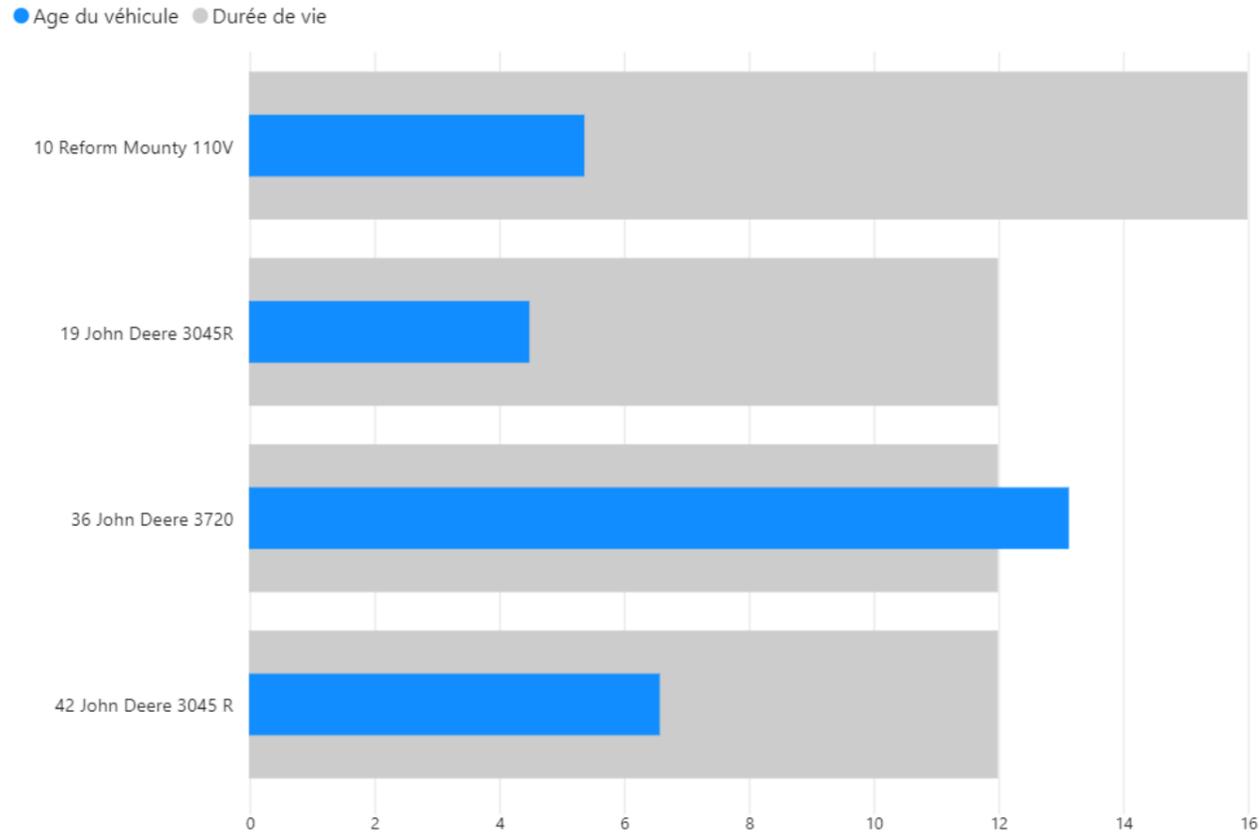


Part des frais fixes et des frais variables

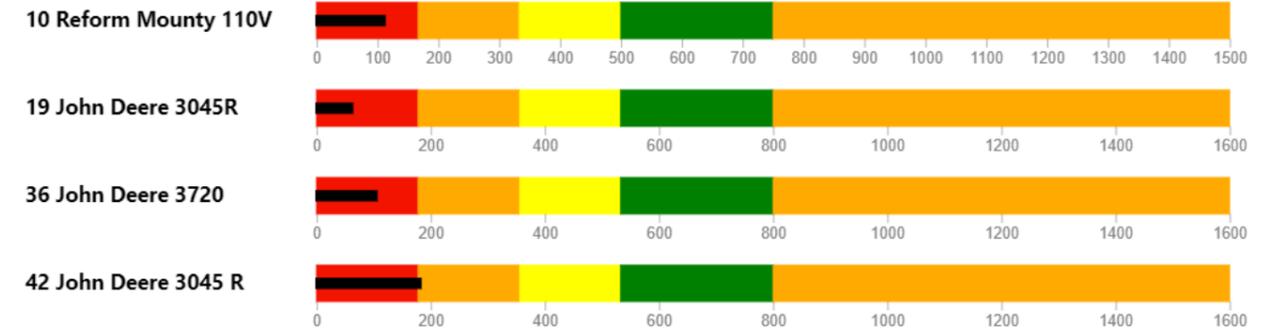


A3.4 Véhicules du type « Tracteur < 50 CV » et « Tracteur > 50 CV »

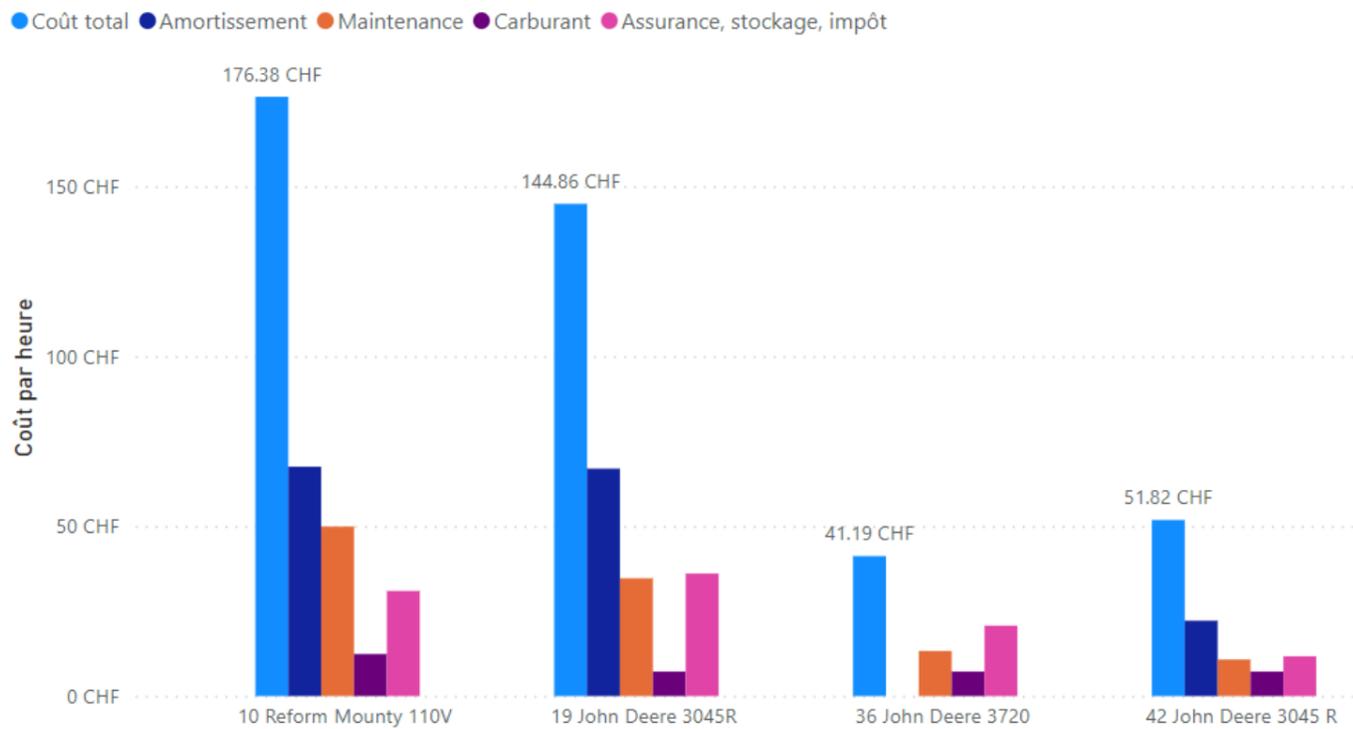
Age des véhicules



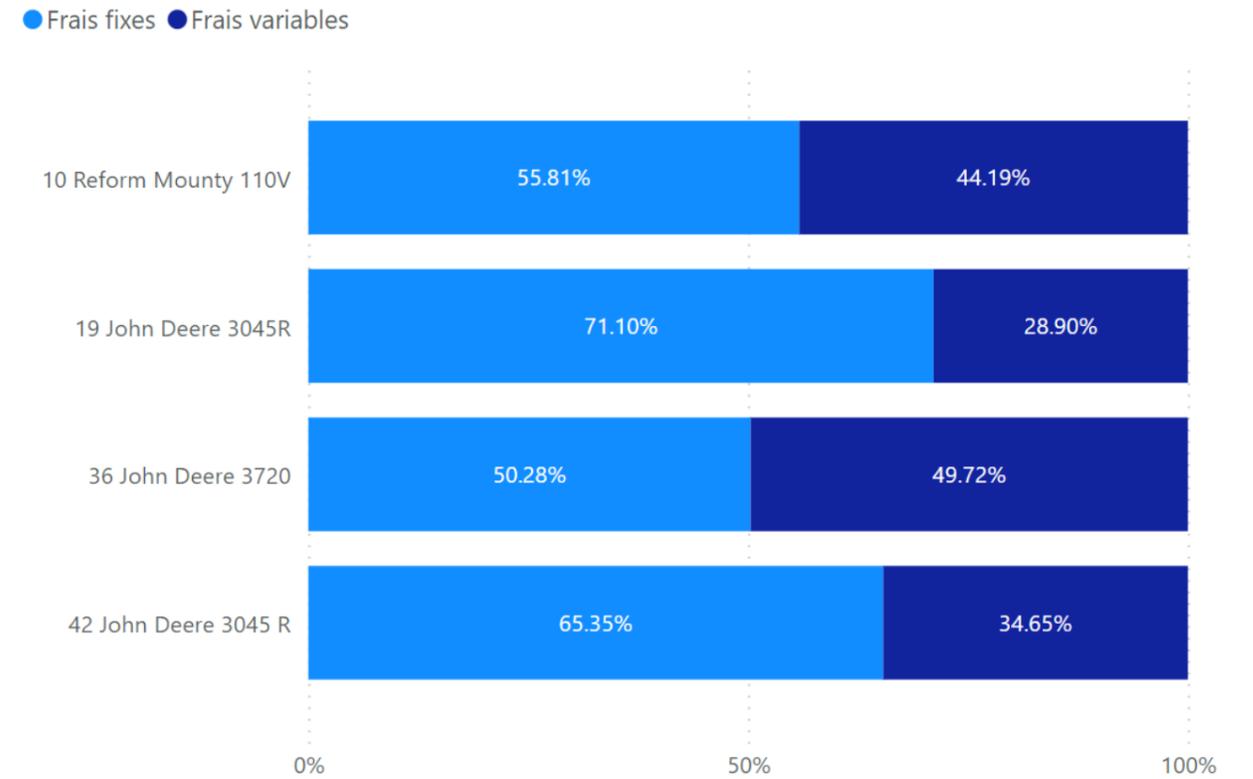
Taux d'utilisation par année



Coût horaire

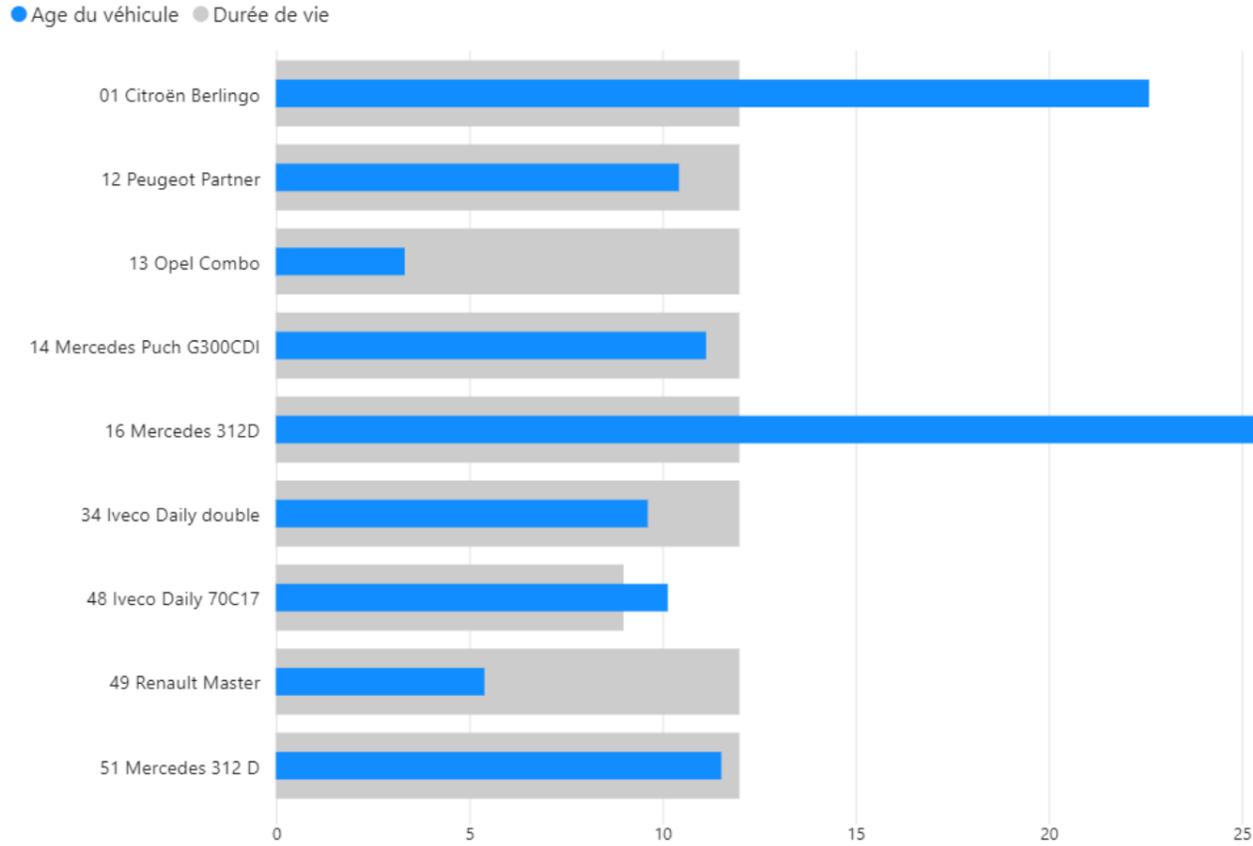


Part des frais fixes et des frais variables

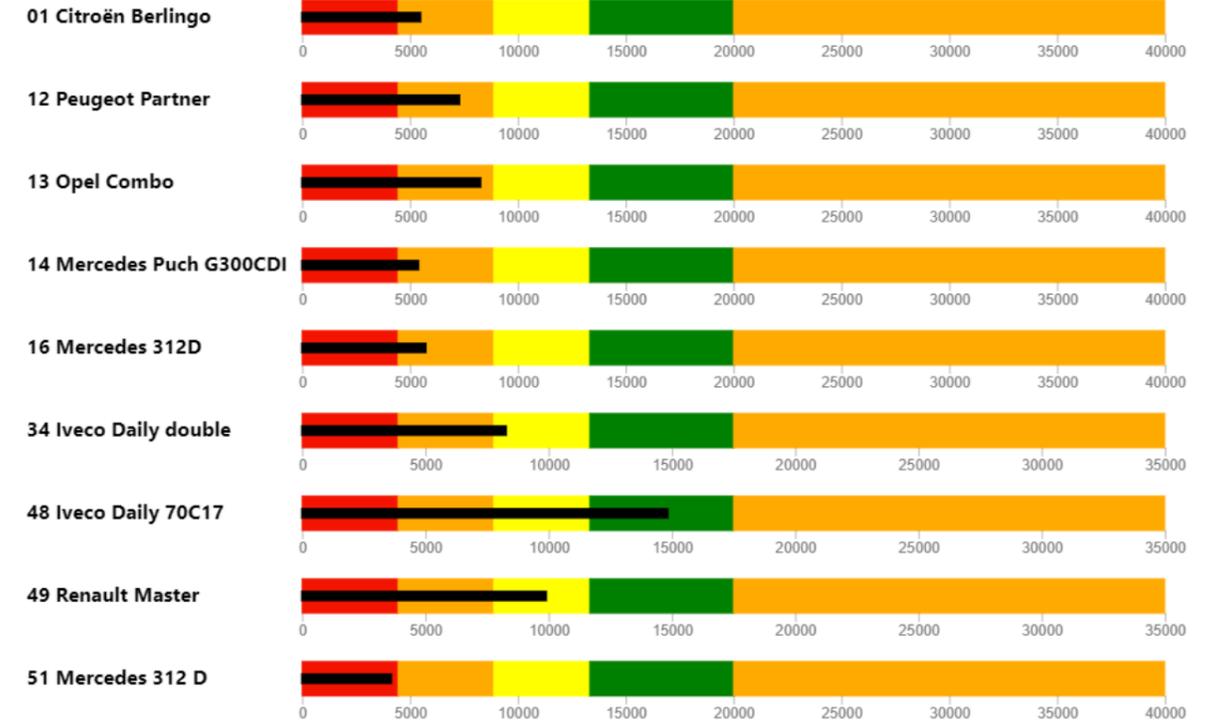


A3.5 Véhicules du type « Camionnette », « Véhicule 4x4 », « Fourgonnette » et « Fourgon »

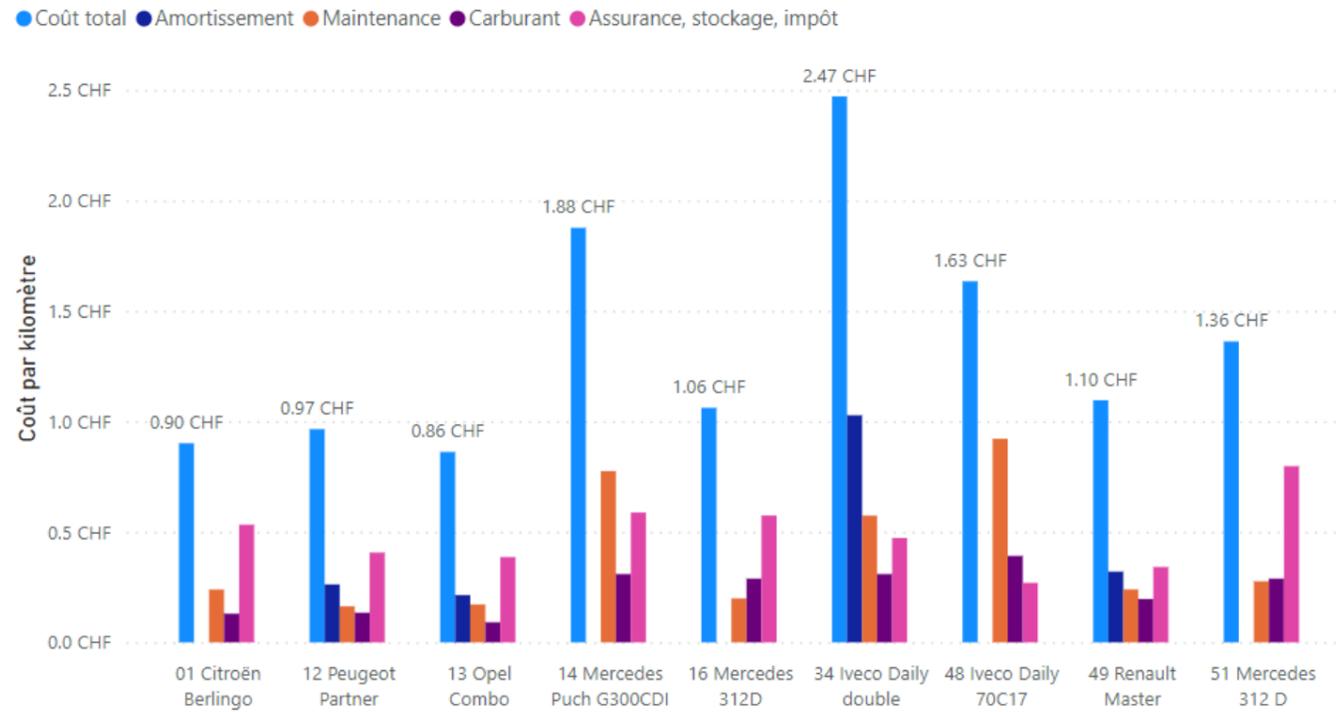
Age des véhicules



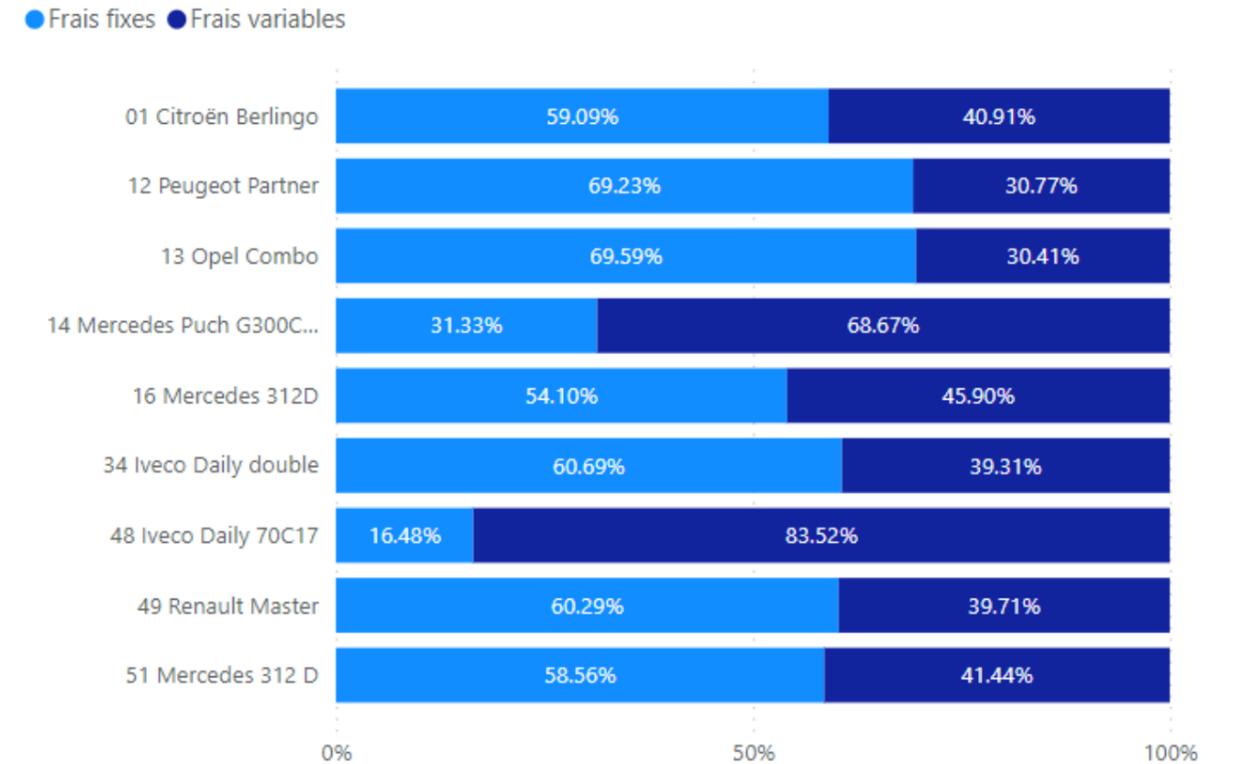
Taux d'utilisation par année



Coût kilométrique

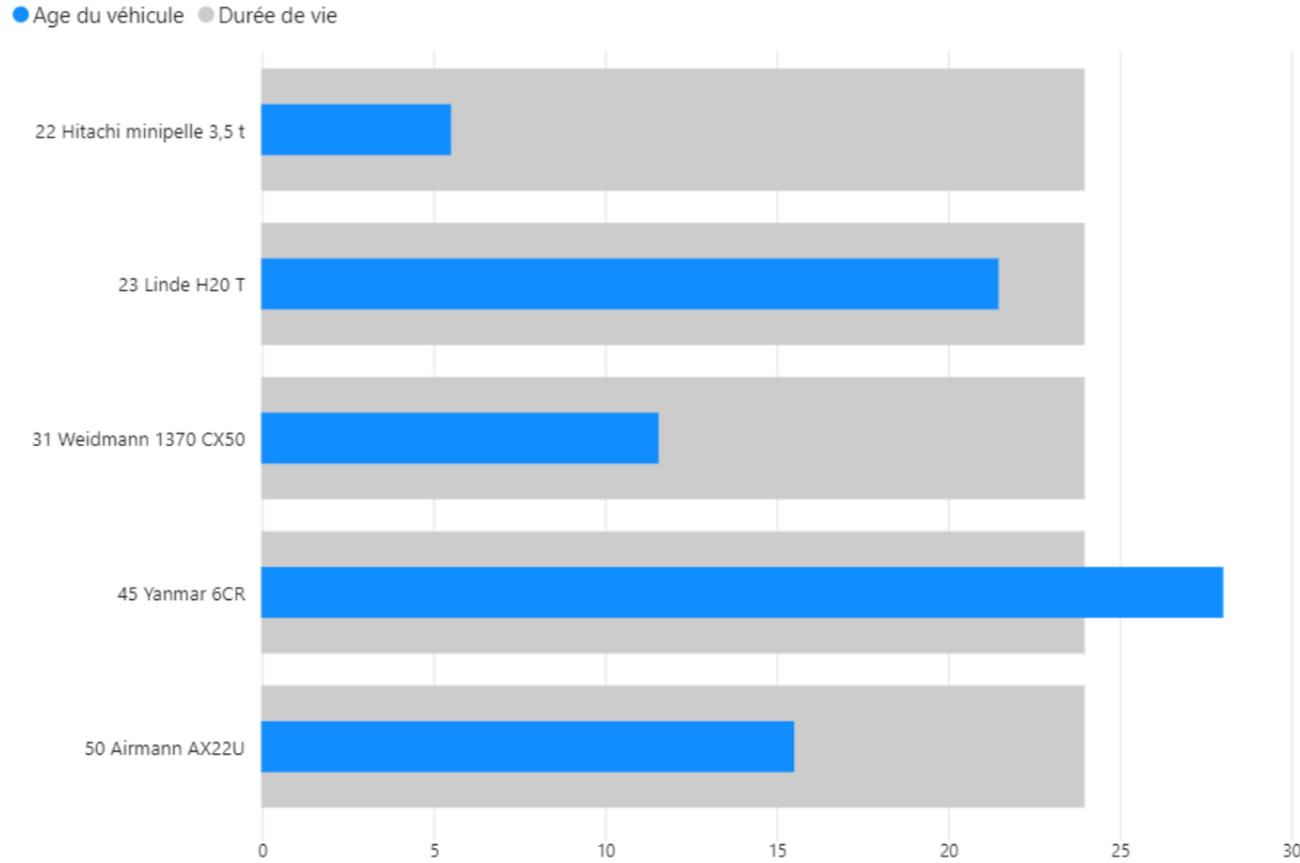


Part des frais fixes et des frais variables

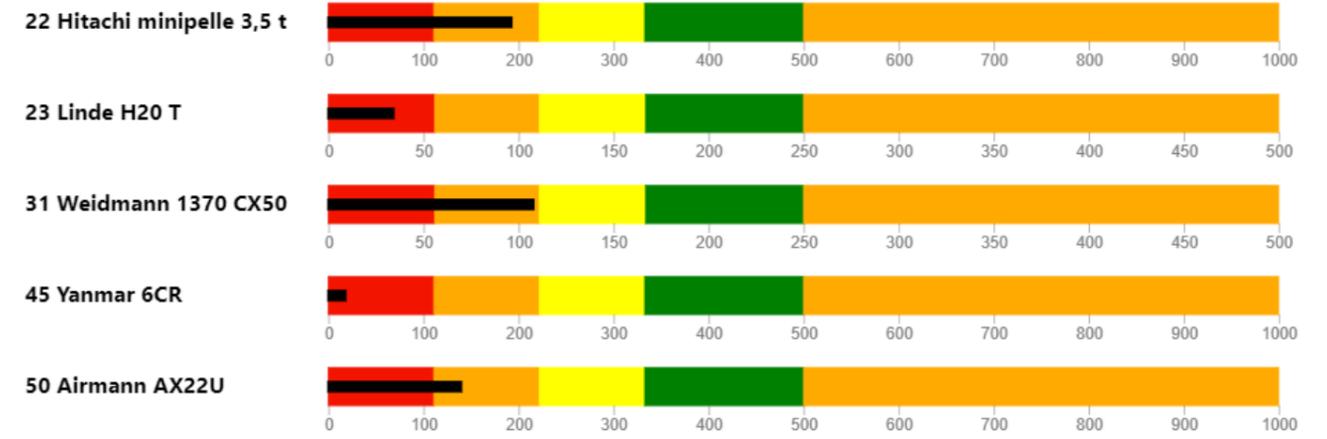


A3.6 Véhicules du type « Chariot élévateur » et « Engin de chantier »

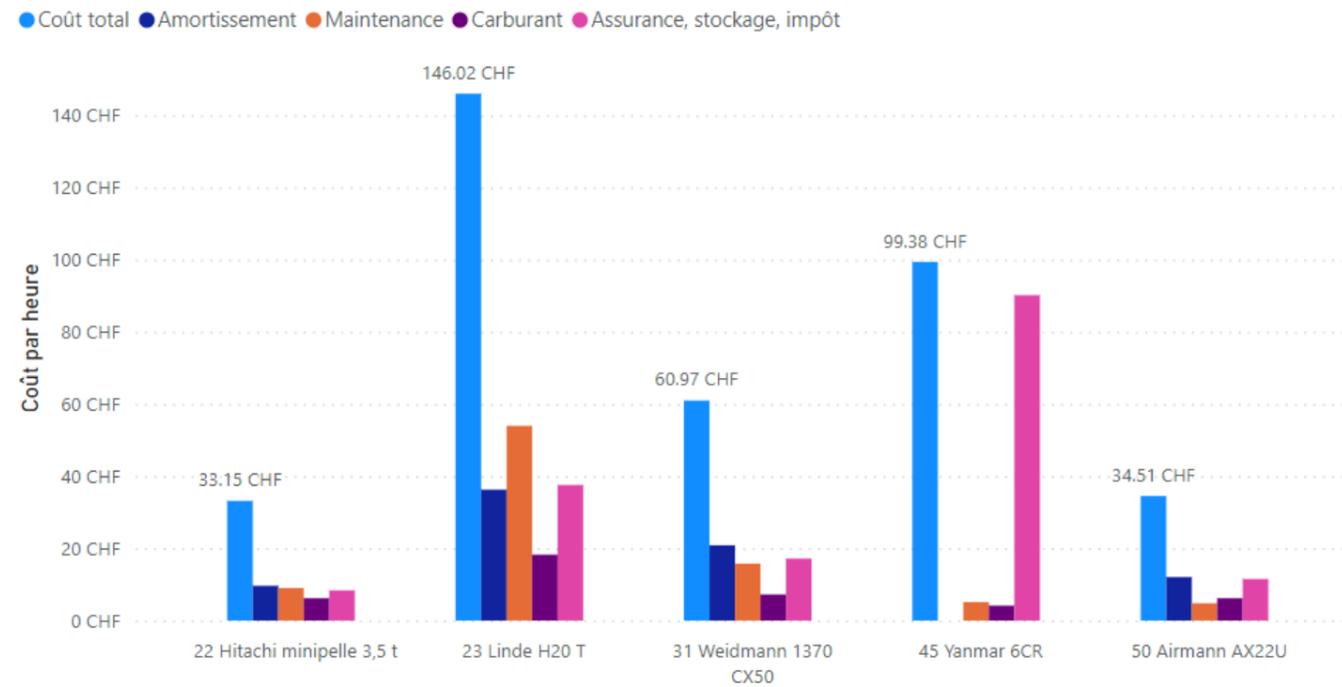
Age des véhicules



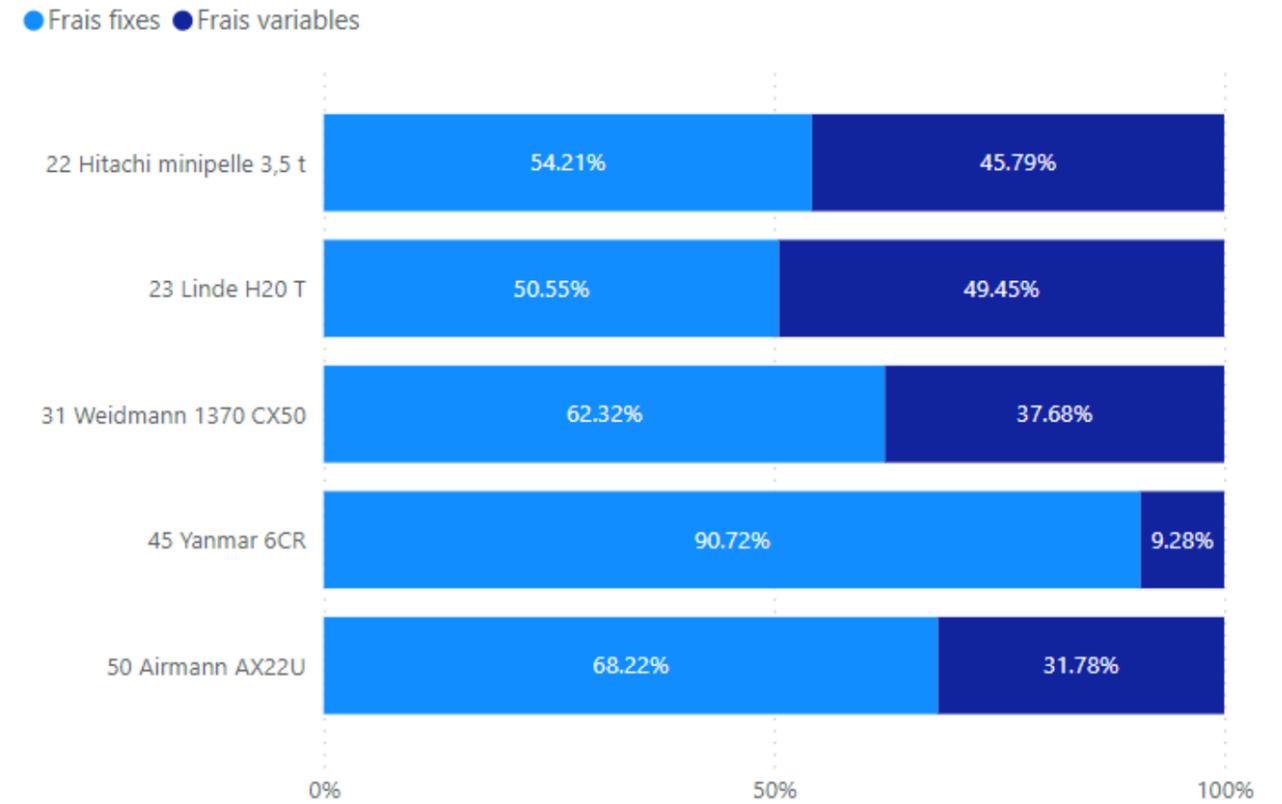
Taux d'utilisation par année



Coût horaire

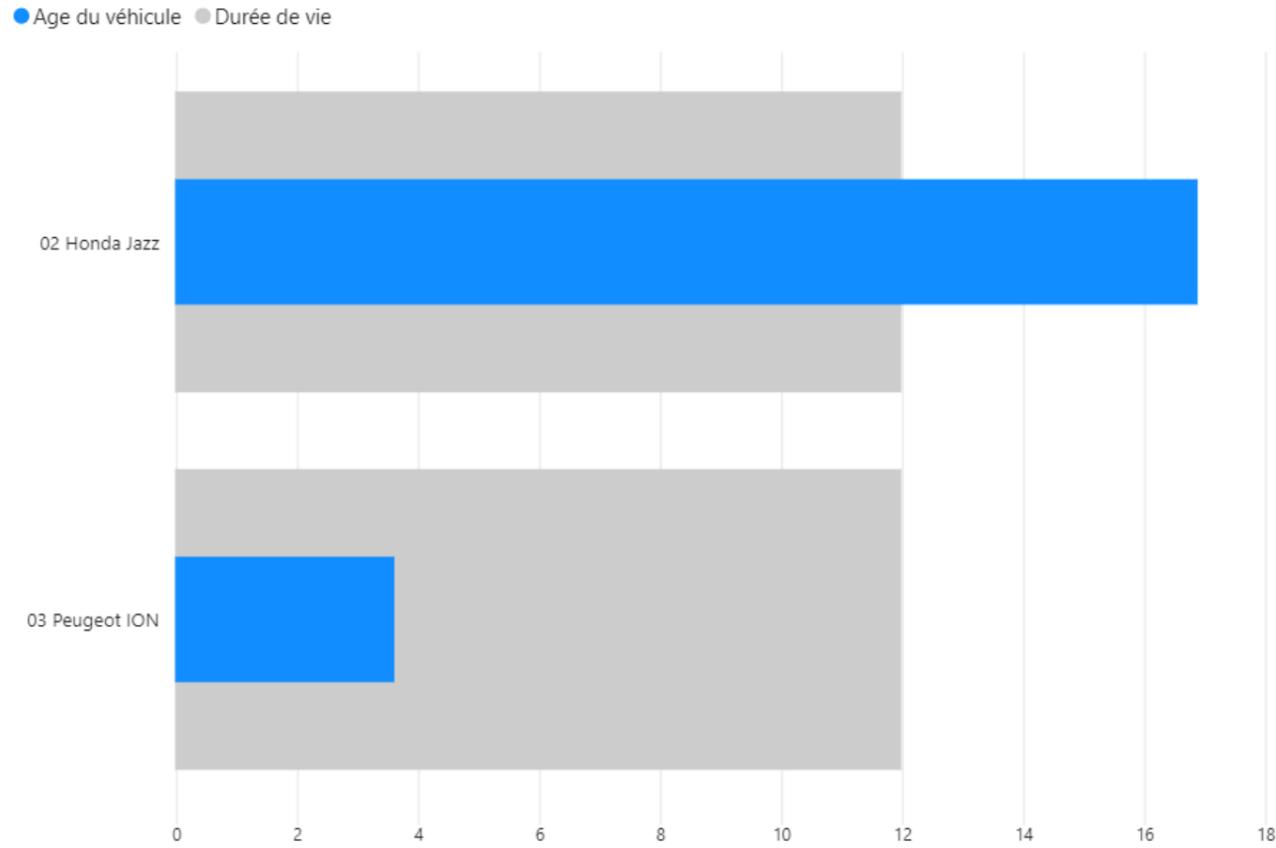


Part des frais fixes et des frais variables

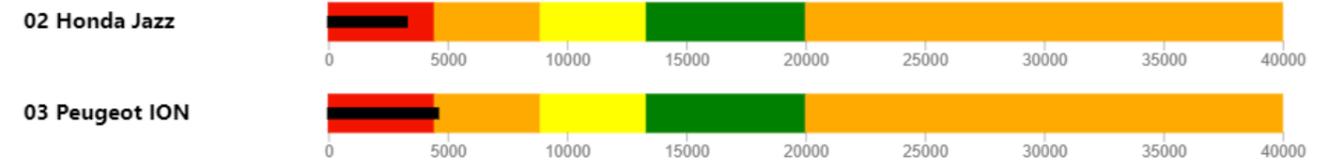


A3.7 Véhicules du type « Voiture »

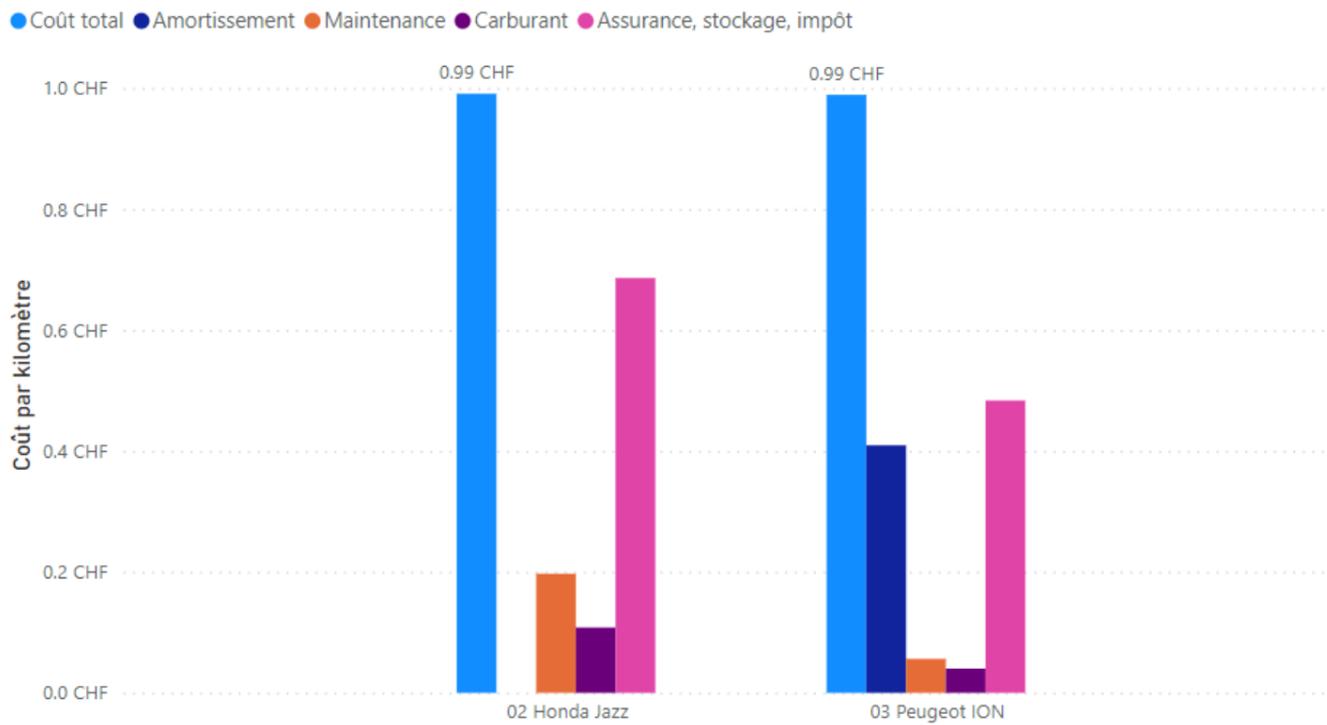
Age des véhicules



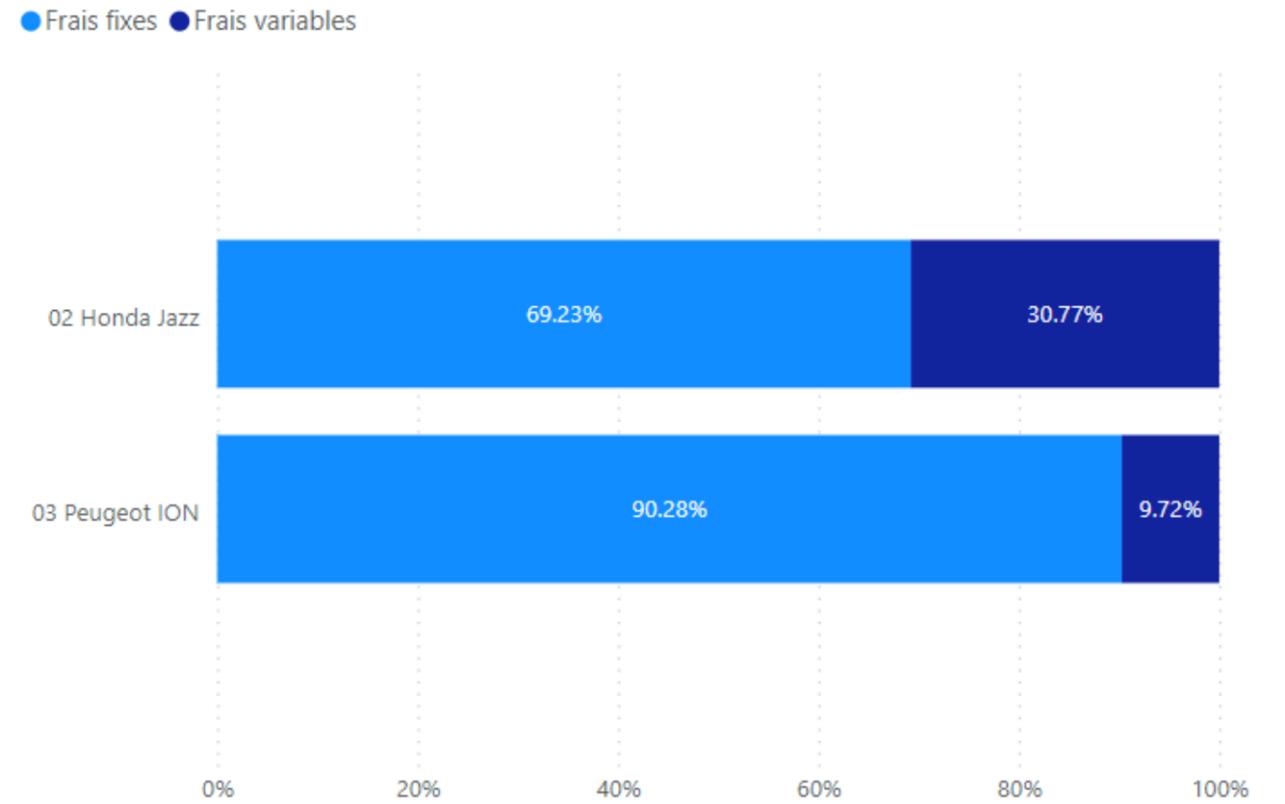
Taux d'utilisation par année



Coût kilométrique

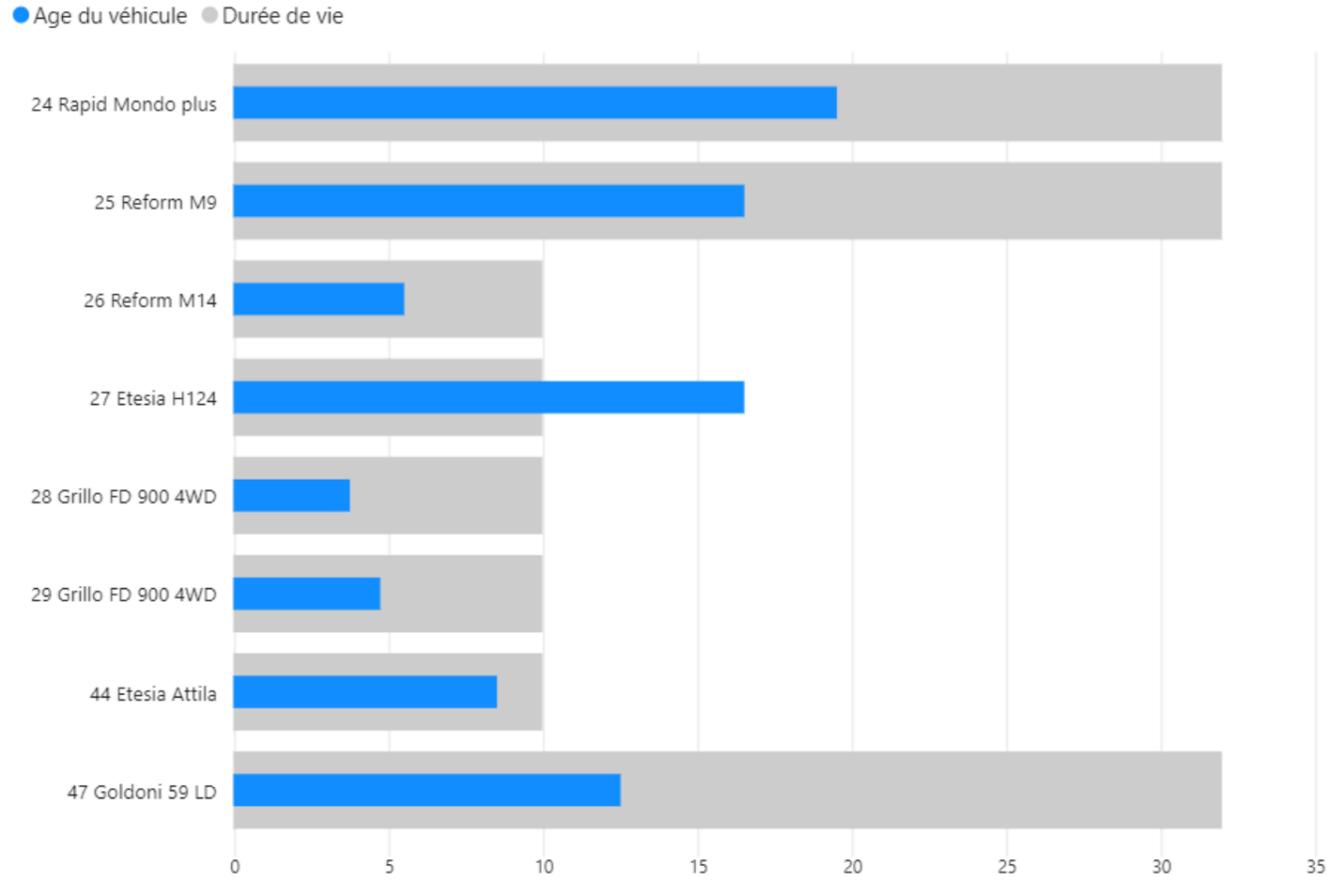


Part des frais fixes et des frais variables

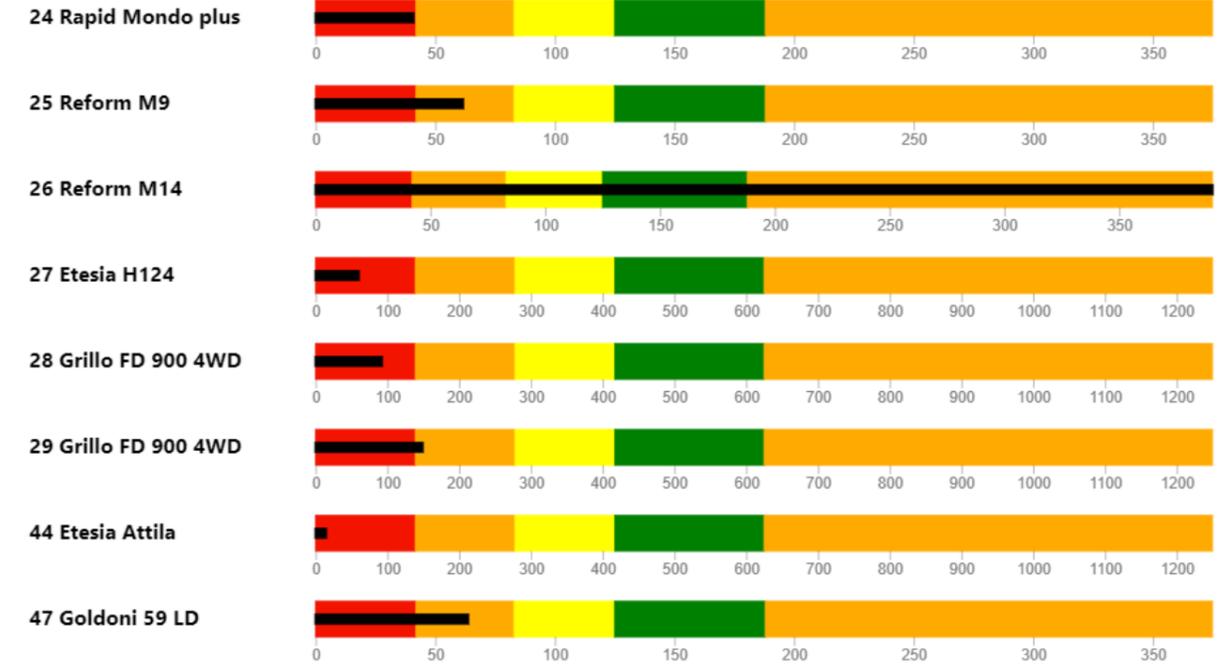


A3.8 Véhicules du type « Monoaxe » et « Tondeuse autoportée »

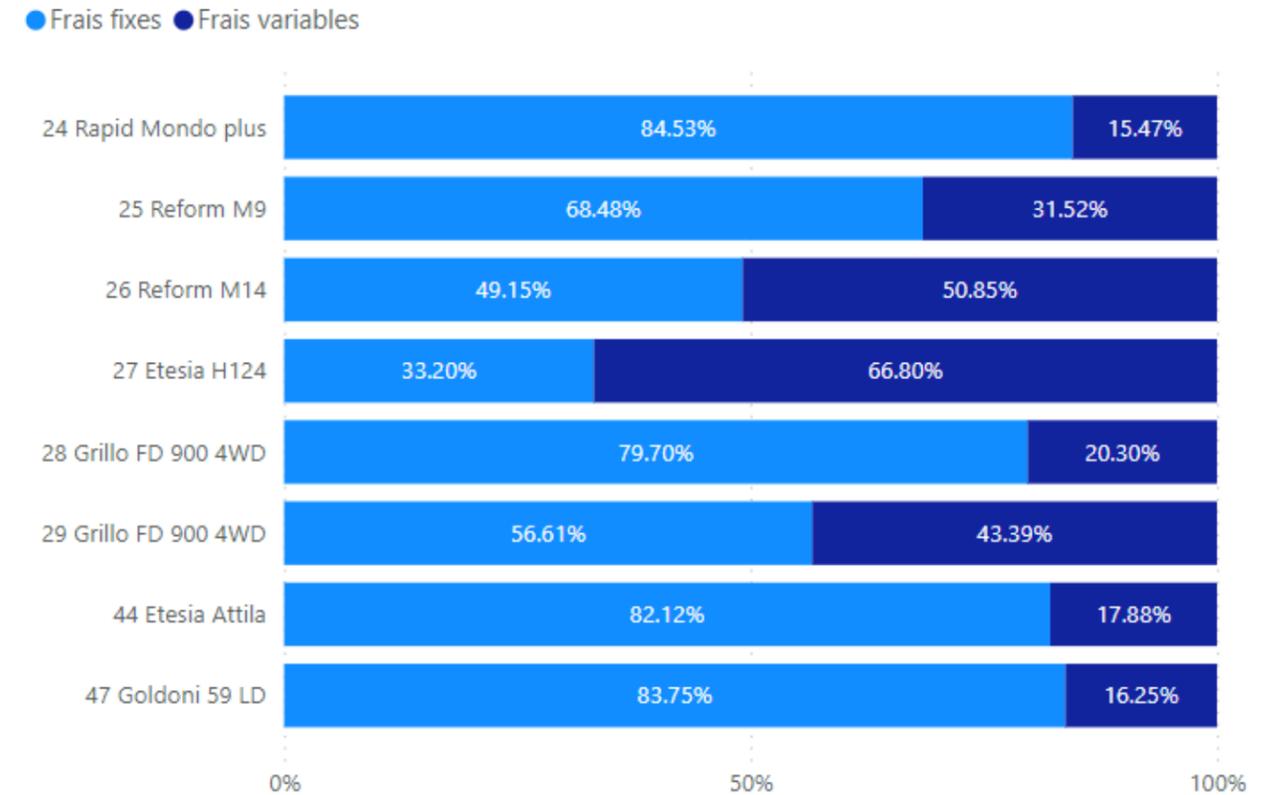
Age des véhicules



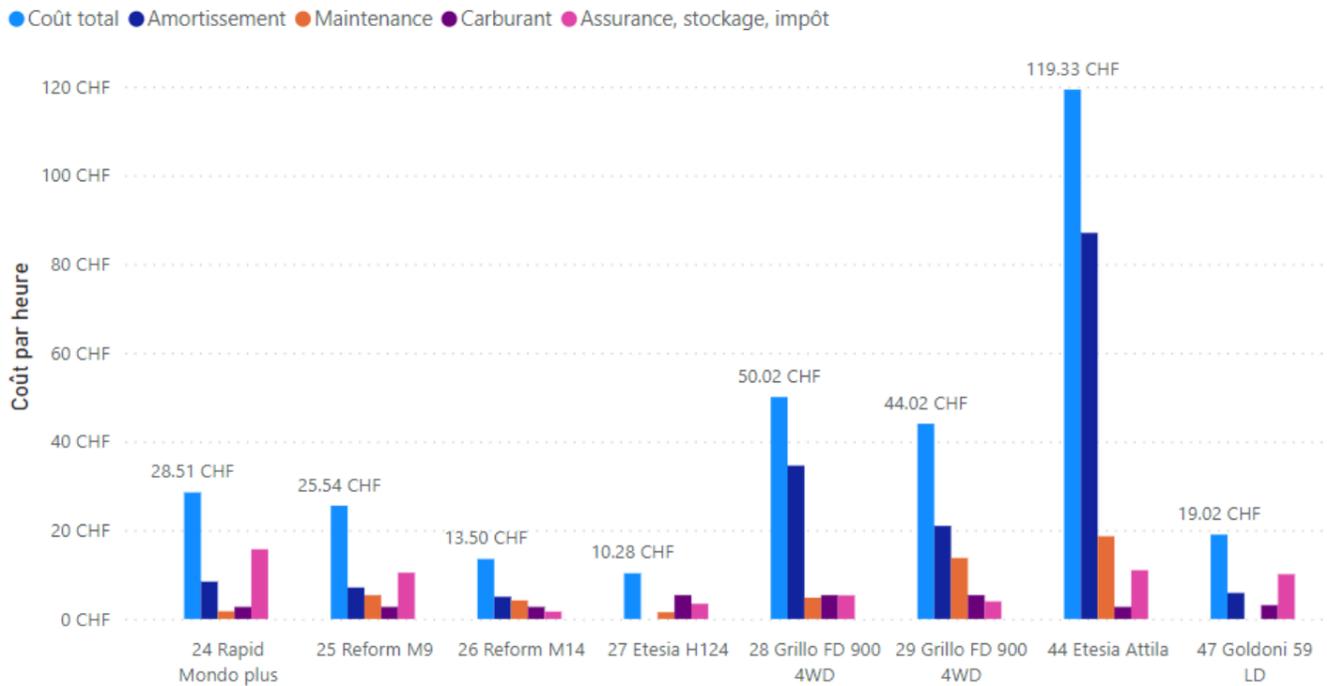
Taux d'utilisation par année



Part des frais fixes et des frais variables

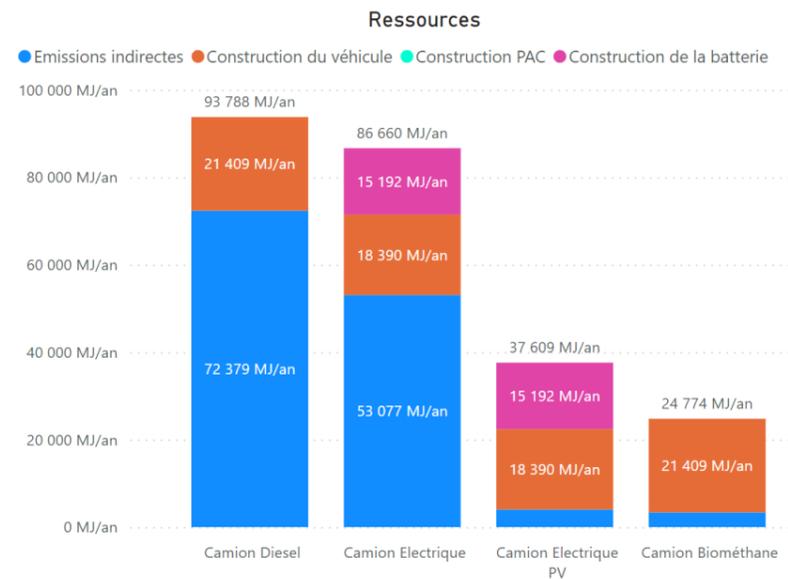
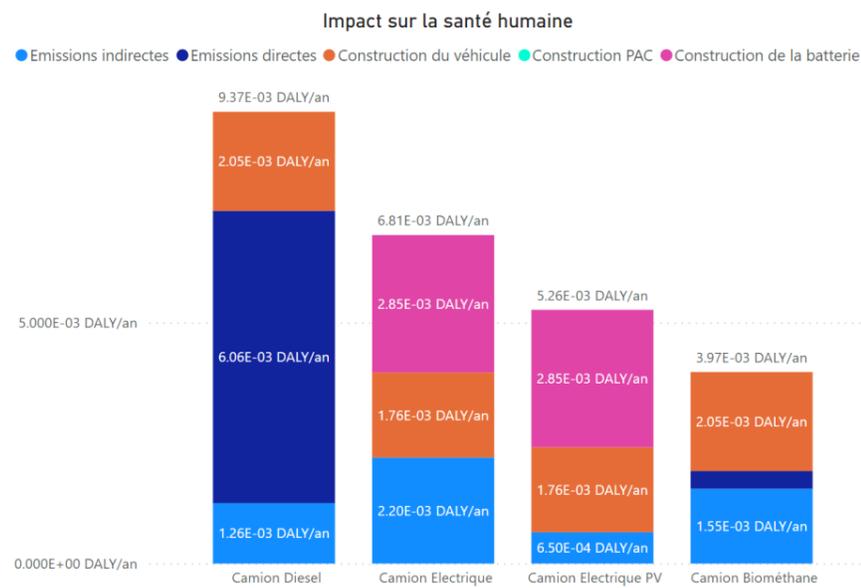
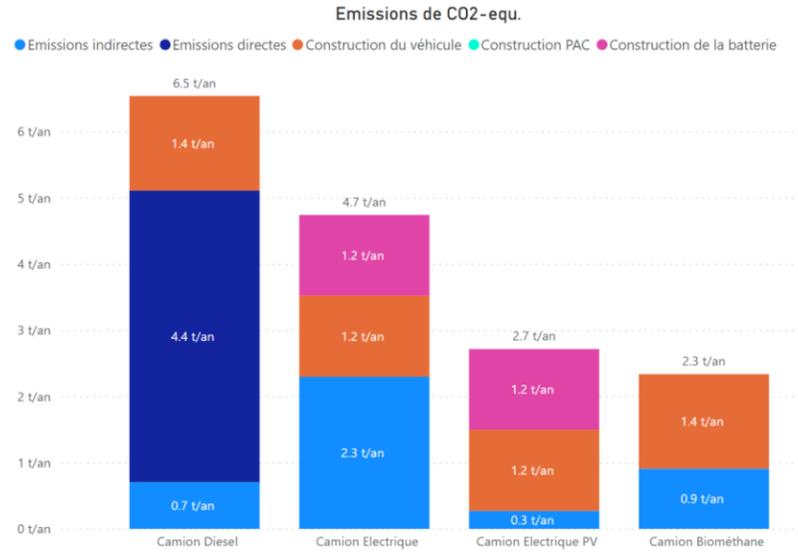
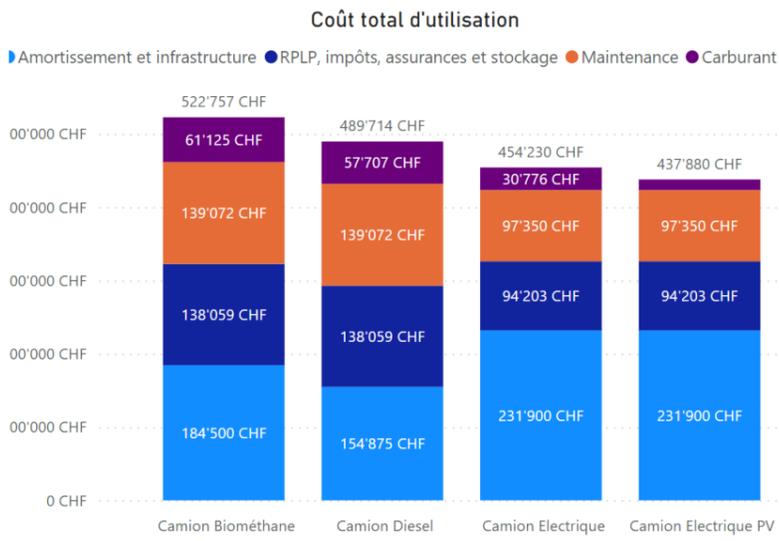


Coût horaire

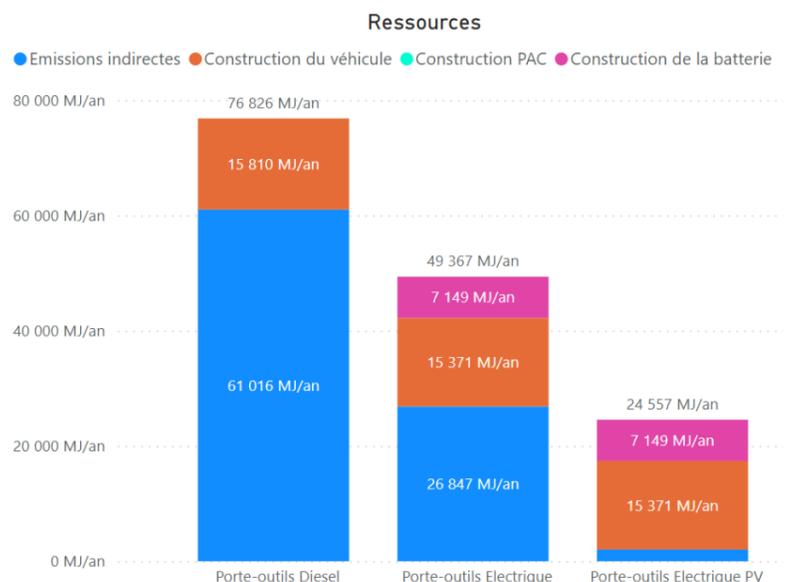
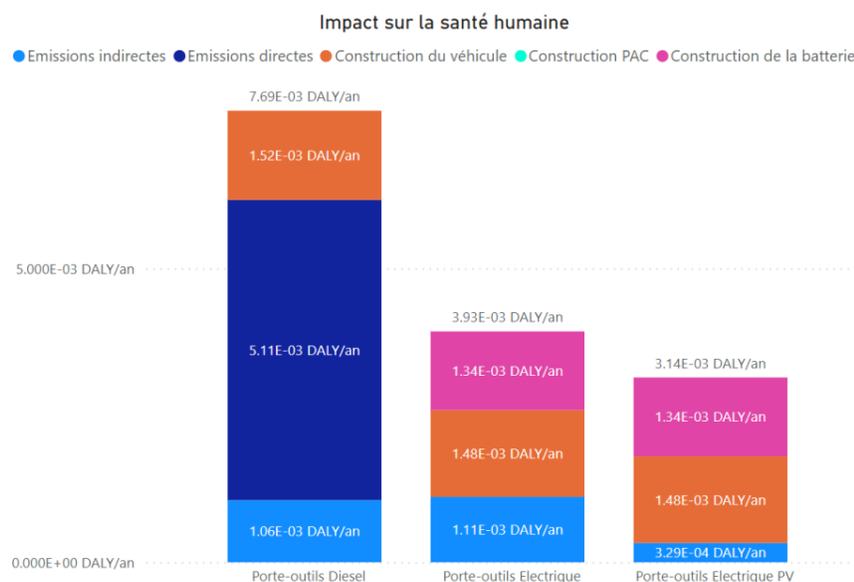
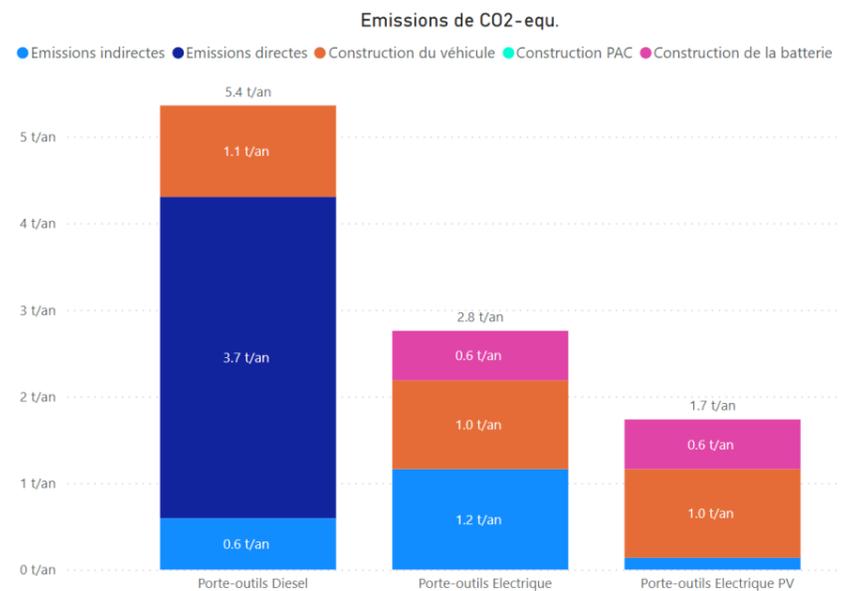
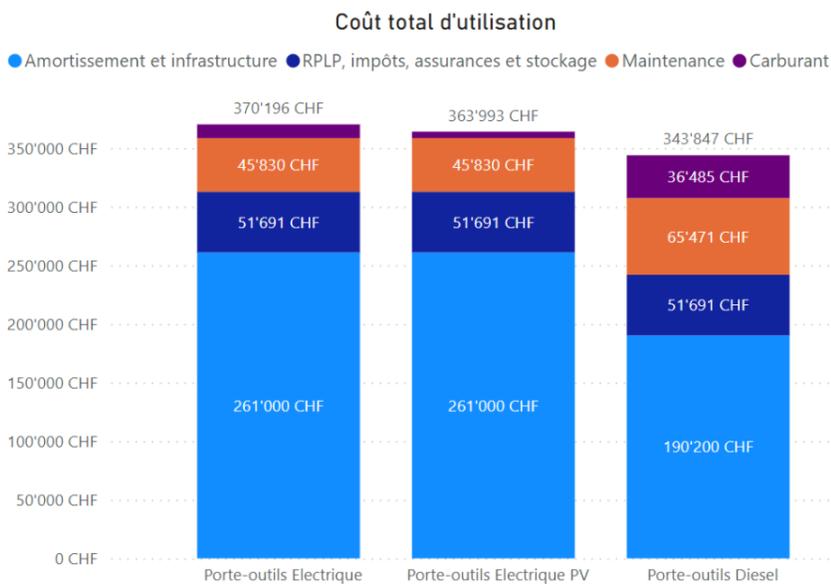


A4. TCO et ACV des systèmes d'entraînement éligibles par type

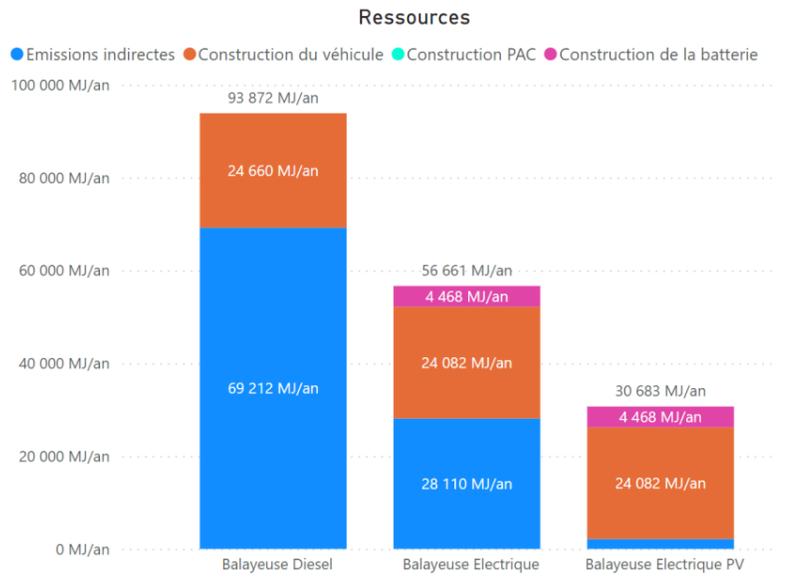
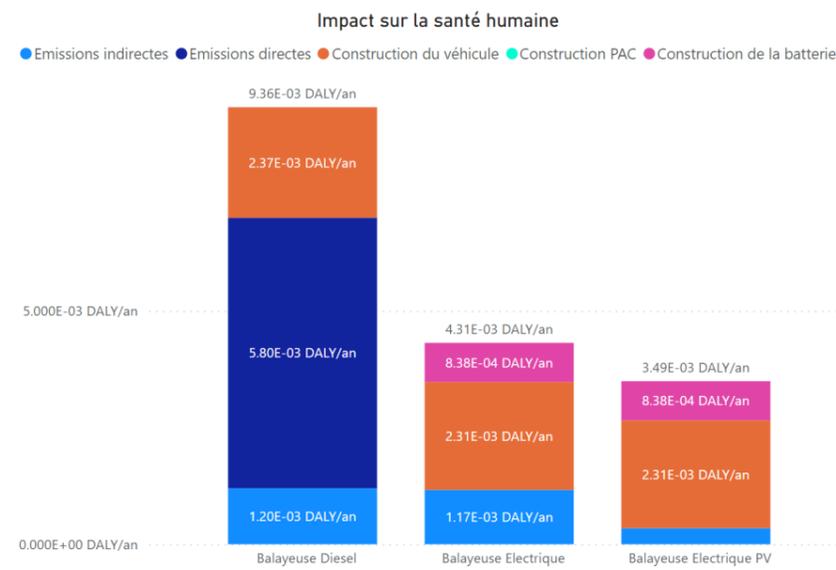
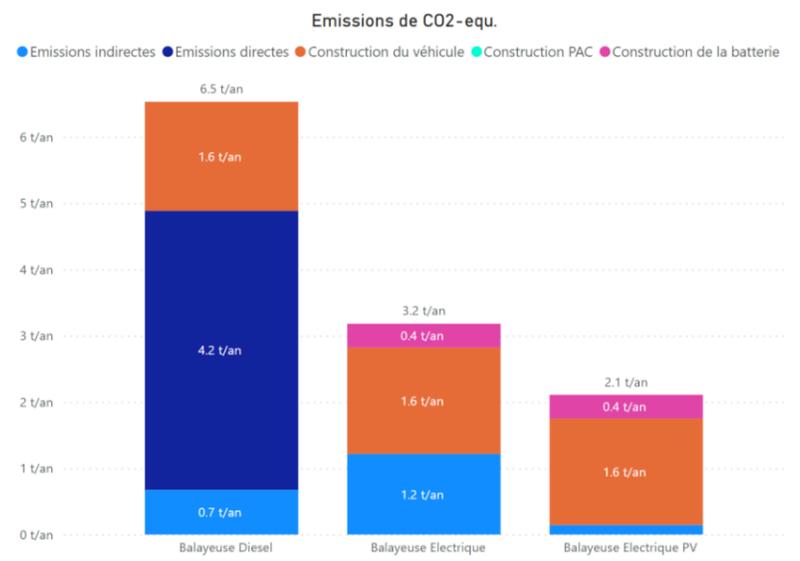
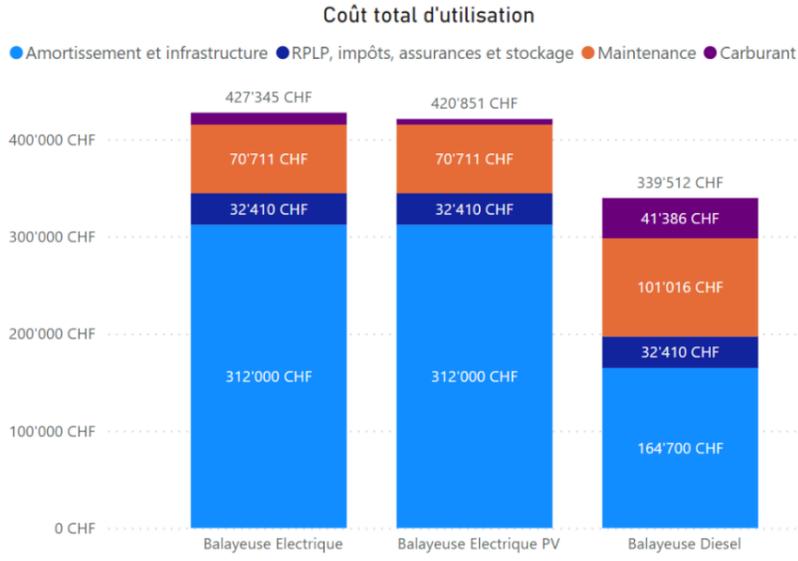
A4.1 Camions – poids total de 12 tonnes



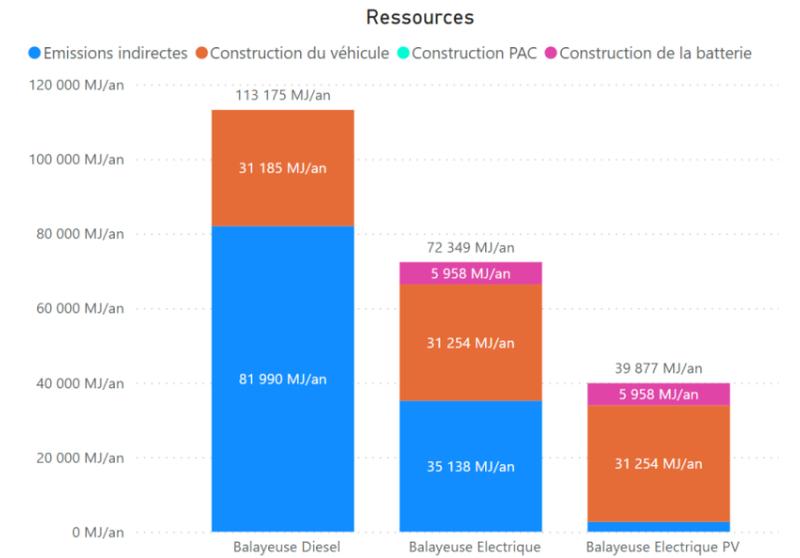
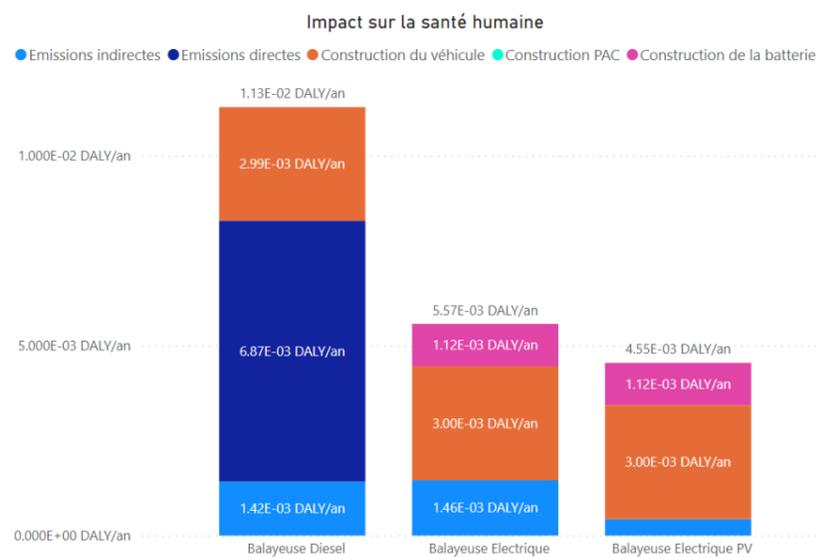
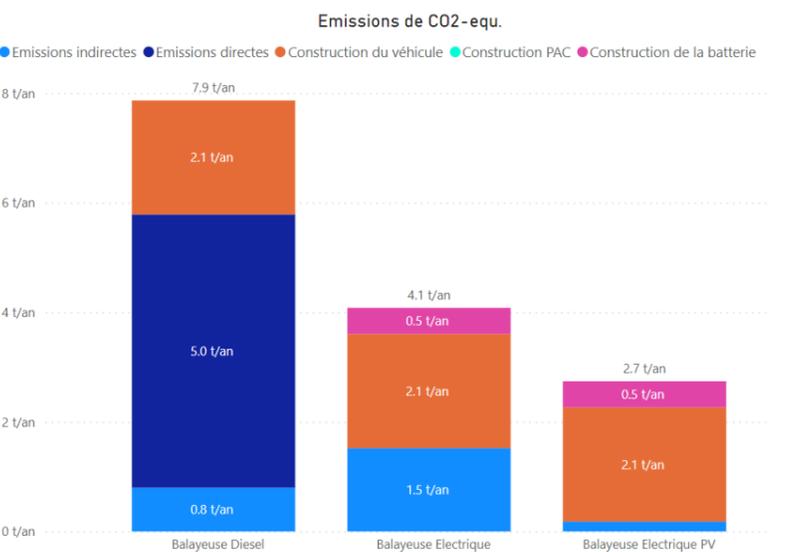
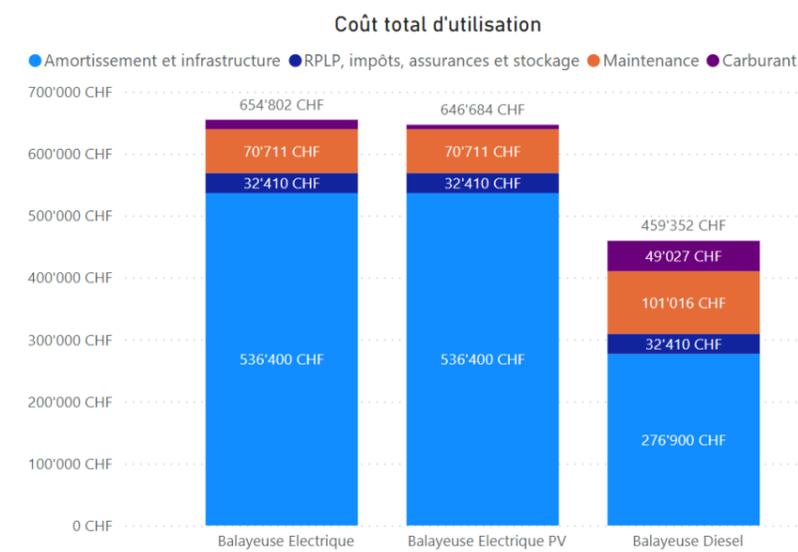
A4.2 Porte-outils



A4.3 Balayuses – version 2m³



A4.4 Balayuses – version 5m³



A4.5 Camionnettes

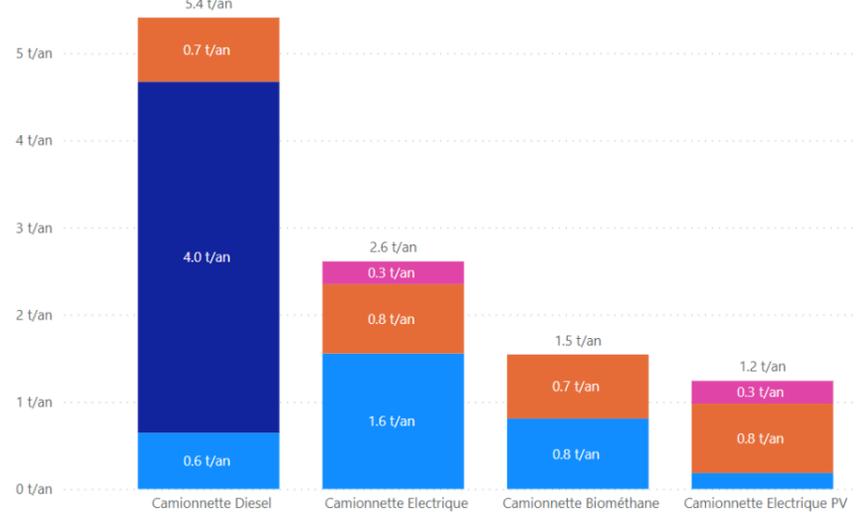
Coût total d'utilisation

● Amortissement et infrastructure ● RPLP, impôts, assurances et stockage ● Maintenance ● Carburant



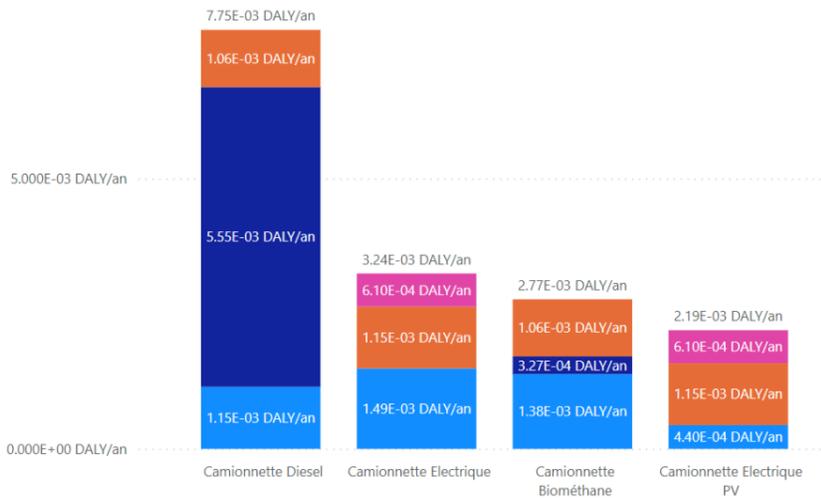
Emissions de CO2-eq.

● Emissions indirectes ● Emissions directes ● Construction du véhicule ● Construction PAC ● Construction de la batterie



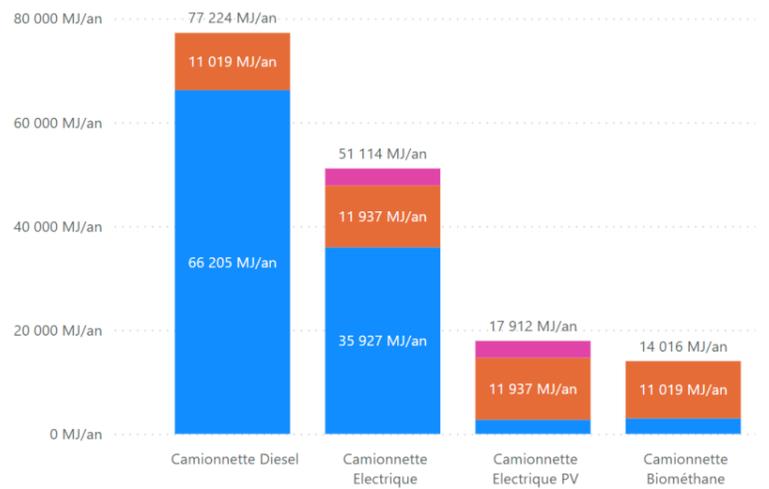
Impact sur la santé humaine

● Emissions indirectes ● Emissions directes ● Construction du véhicule ● Construction PAC ● Construction de la batterie



Ressources

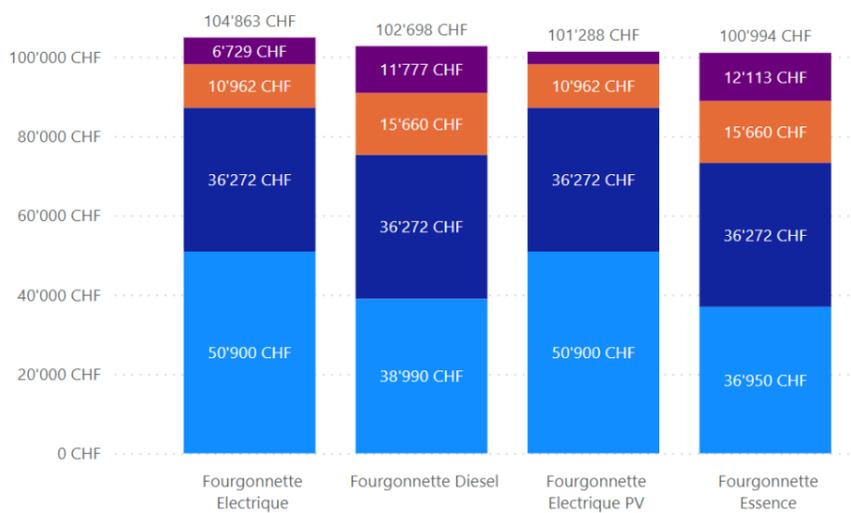
● Emissions indirectes ● Construction du véhicule ● Construction PAC ● Construction de la batterie



A4.6 Fourgonnettes

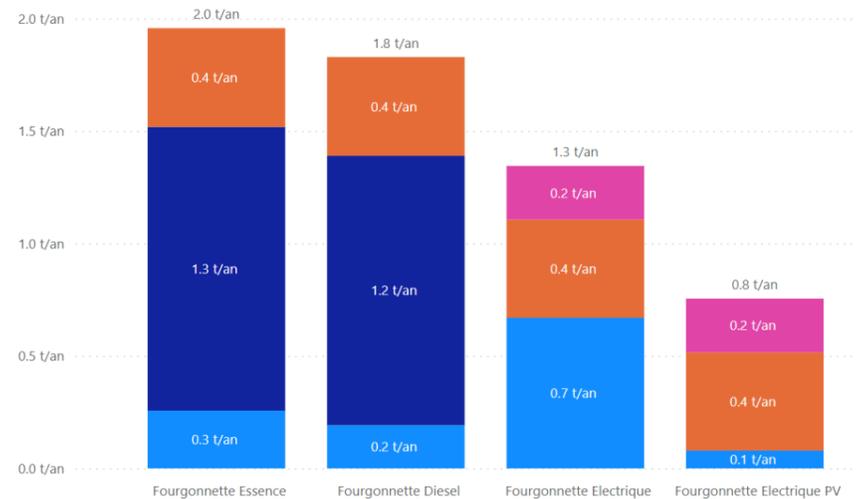
Coût total d'utilisation

● Amortissement et infrastructure ● RPLP, impôts, assurances et stockage ● Maintenance ● Carburant



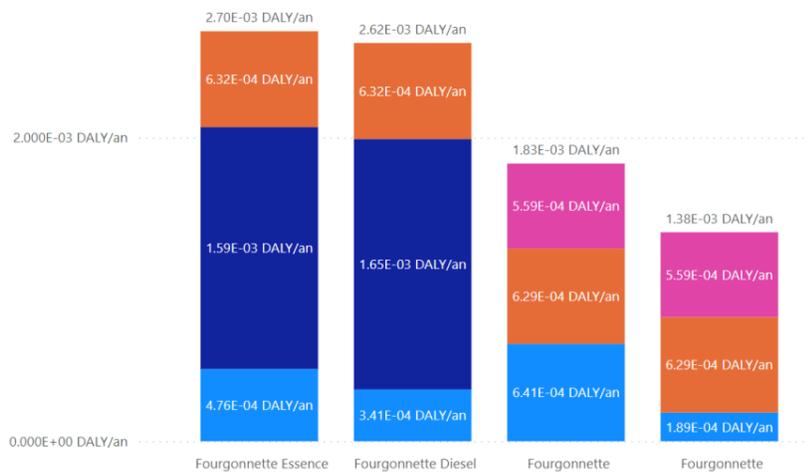
Emissions de CO2-eq.

● Emissions indirectes ● Emissions directes ● Construction du véhicule ● Construction PAC ● Construction de la batterie



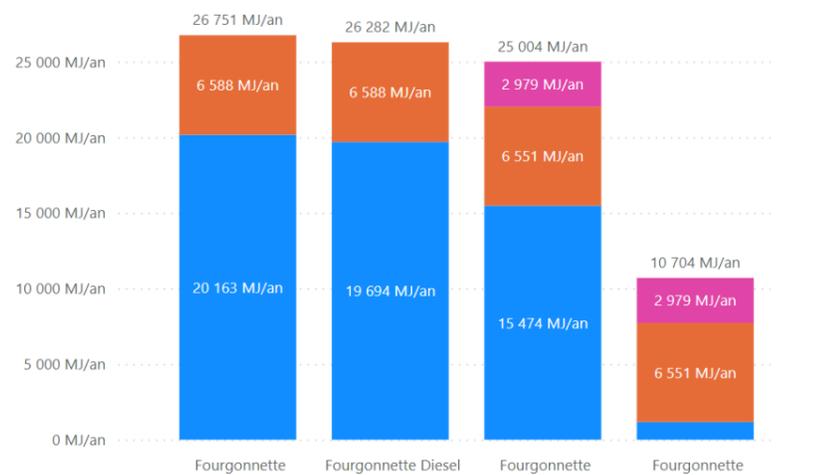
Impact sur la santé humaine

● Emissions indirectes ● Emissions directes ● Construction du véhicule ● Construction PAC ● Construction de la batterie



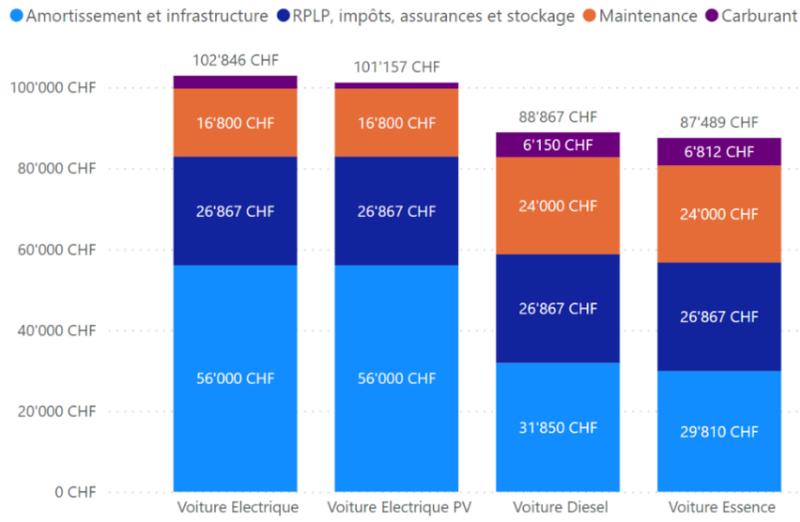
Ressources

● Emissions indirectes ● Construction du véhicule ● Construction PAC ● Construction de la batterie

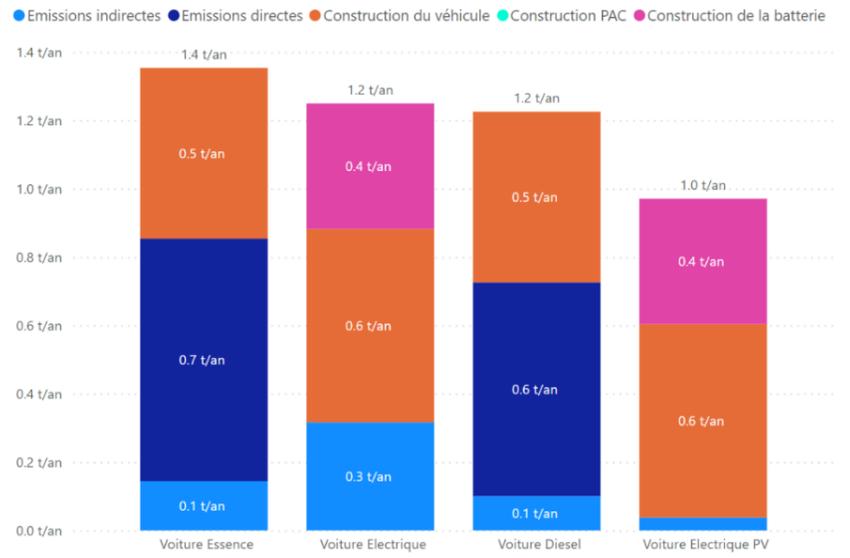


A4.7 Voitures

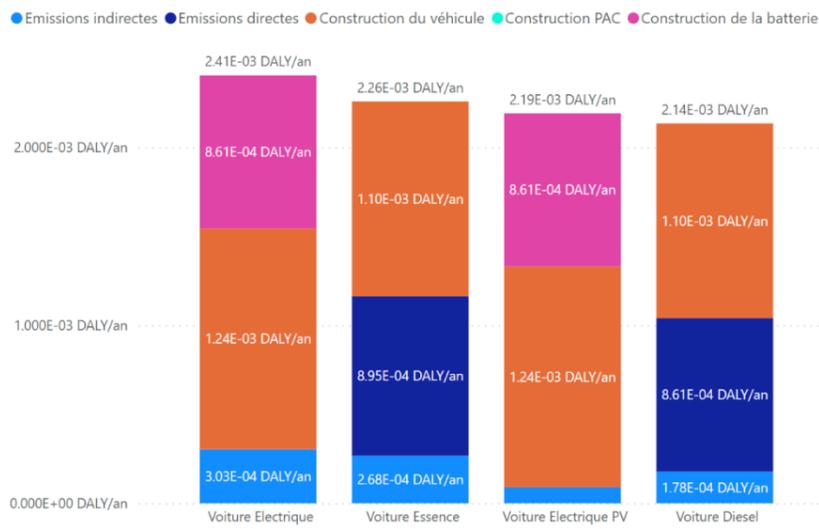
Coût total d'utilisation



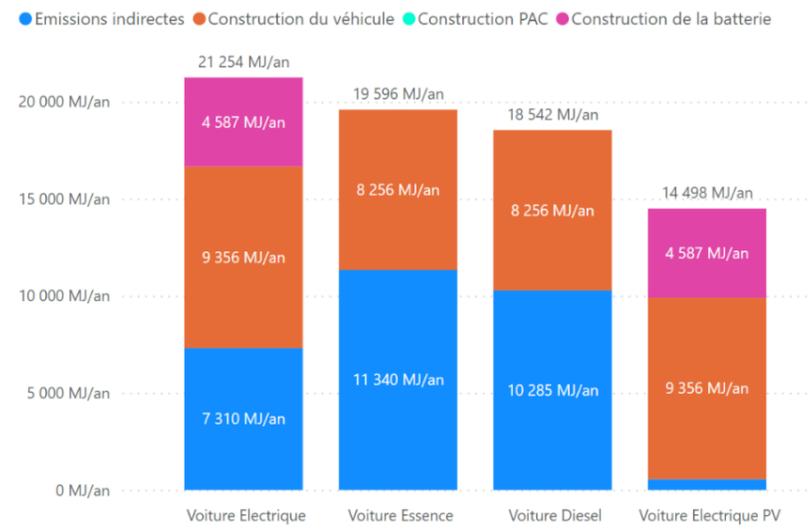
Emissions de CO2-equ.



Impact sur la santé humaine



Ressources



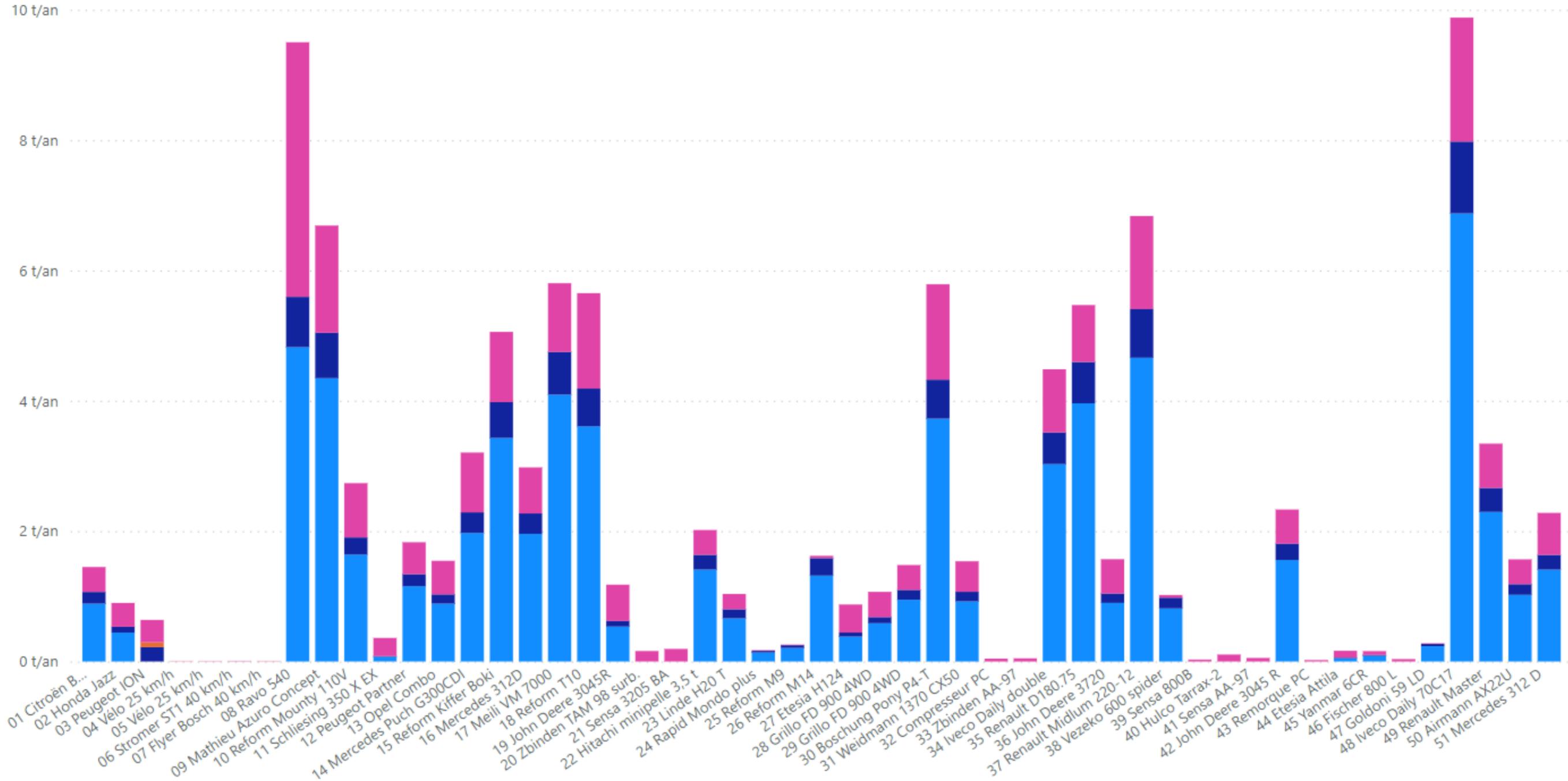
A5. ACV du parc de véhicules actuel

ID	Type	Marque	Modèle	Carburant	Consommation	Utilisation annuelle	Durée de vie	Utilisation totale
01	Fourgonnette	Citroën	Berlingo	Essence	7.20 l/100km	5479 km	12	65'753.08 km
02	Voiture	Honda	Jazz	Essence	6.00 l/100km	3285 km	12	39'422.84 km
03	Voiture	Peugeot	ION	Electrique	12.50 kWh/100km	4599 km	12	55'193.96 km
04	Vélo	Vélo	25 km/h	Electrique	0.80 kWh/100km	119 km	16	1'911.79 km
05	Vélo	Vélo	25 km/h	Electrique	0.80 kWh/100km	183 km	16	2'928.82 km
06	Vélo	Stromer	ST1 40 km/h	Electrique	1.40 kWh/100km	312 km	16	4'988.22 km
07	Vélo	Flyer	Bosch 40 km/h	Electrique	1.40 kWh/100km	133 km	16	2'124.80 km
08	Balayeuse	Ravo	540	Diesel	7.70 l/h	257 h	12	3'078.87 h
09	Balayeuse	Mathieu	Azuro Concept	Diesel	6.50 l/h	274 h	12	3'288.16 h
10	Tracteur > 50 CV	Reform	Mounty 110V	Diesel	6.00 l/h	112 h	16	1'792.80 h
11	Remorque	Schliesing	350 X EX	Diesel	2.00 l/h	15 h	24	352.65 h
12	Fourgonnette	Peugeot	Partner	Diesel	6.50 l/100km	7284 km	12	87'409.12 km
13	Fourgonnette	Opel	Combo	Diesel	4.40 l/100km	8266 km	12	99'188.82 km
14	Véhicule 4x4	Mercedes	Puch G300CDI	Diesel	15.00 l/100km	5387 km	12	64'640.83 km
15	Porte-outils	Reform	Kiffer Boki	Diesel	8.00 l/h	176 h	12	2'107.66 h
16	Fourgon	Mercedes	312D	Diesel	14.00 l/100km	5729 km	12	68'751.42 km
17	Porte-outils	Meili	VM 7000	Diesel	8.00 l/h	210 h	12	2'515.63 h
18	Porte-outils	Reform	T10	Diesel	8.00 l/h	185 h	12	2'217.62 h
19	Tracteur < 50 CV	John Deere	3045R	Diesel	3.50 l/h	63 h	12	753.07 h
20	Remorque	Zbinden	TAM 98 surb.	Non motorisé		525 km	24	12'593.44 km
21	Remorque	Sensa	3205 BA	Non motorisé		503 km	24	12'076.35 km
22	Engin de chantier	Hitachi	minipelle 3,5 t	Diesel	3.00 l/h	193 h	24	4'623.09 h
23	Chariot élévateur	Linde	H20 T	Méthane	8.00 kg/h	34 h	24	821.95 h
24	Monoaxe	Rapid	Mondo plus	Essence	1.50 l/h	41 h	32	1'310.34 h
25	Monoaxe	Reform	M9	Essence	1.50 l/h	62 h	32	1'973.76 h
26	Monoaxe	Reform	M14	Essence	1.50 l/h	391 h	10	3'906.84 h
27	Tondeuse autoportée	Etesia	H124	Diesel	2.60 l/h	60 h	10	602.89 h
28	Tondeuse autoportée	Grillo	FD 900 4WD	Diesel	2.60 l/h	93 h	10	925.76 h
29	Tondeuse autoportée	Grillo	FD 900 4WD	Diesel	2.60 l/h	149 h	10	1'492.61 h
30	Petit porte-outils	Boschung	Pony P4-T	Diesel	7.00 l/h	218 h	12	2'617.20 h
31	Chariot élévateur	Weidmann	1370 CX50	Diesel	3.50 l/h	108 h	24	2'590.49 h
32	Remorque	Compresseur	PC	Non motorisé		504 km	24	12'096.41 km
33	Remorque	Zbinden	AA-97	Non motorisé		506 km	24	12'154.01 km
34	Camionnette	Iveco	Daily double	Diesel	15.00 l/100km	8270 km	12	99'240.53 km
35	Camion	Renault	D180.75	Diesel	25.00 l/100km	6490 km	16	103'841.46 km
36	Tracteur < 50 CV	John Deere	3720	Diesel	3.50 l/h	105 h	12	1'262.57 h
37	Camion	Renault	Midlum 220-12	Diesel	27.80 l/100km	6868 km	16	109'883.15 km
38	Autres machines	Vezeko	600 spider	Essence	3.50 l/h	103 h	10	1'033.99 h
39	Remorque	Sensa	800B	Non motorisé		501 km	24	12'021.04 km
40	Remorque	Hulco	Tarrax-2	Non motorisé		516 km	24	12'394.76 km
41	Remorque	Sensa	AA-97	Non motorisé		531 km	24	12'753.15 km
42	Tracteur < 50 CV	John Deere	3045 R	Diesel	3.50 l/h	182 h	12	2'188.18 h
43	Remorque	Remorque	PC	Non motorisé		505 km	24	12'109.00 km
44	Tondeuse autoportée	Etesia	Attila	Essence	1.50 l/h	15 h	10	146.52 h
45	Engin de chantier	Yanmar	6CR	Diesel	2.00 l/h	18 h	24	427.94 h
46	Remorque	Fischer	800 L	Non motorisé		511 km	24	12'256.42 km
47	Monoaxe	Goldoni	59 LD	Diesel	1.50 l/h	64 h	32	2'042.40 h
48	Camionnette	Iveco	Daily 70C17	Diesel	19.00 l/100km	14825 km	9	133'420.86 km
49	Camionnette	Renault	Master	Diesel	9.50 l/100km	9895 km	12	118'740.00 km
50	Engin de chantier	Airmann	AX22U	Diesel	3.00 l/h	140 h	24	3'352.59 h
51	Fourgon	Mercedes	312 D	Diesel	14.00 l/100km	4125 km	12	49'502.64 km

A5.1 Émissions de CO₂-equ. du parc de véhicules actuel

Emissions de CO₂-equ. du parc de véhicules actuel

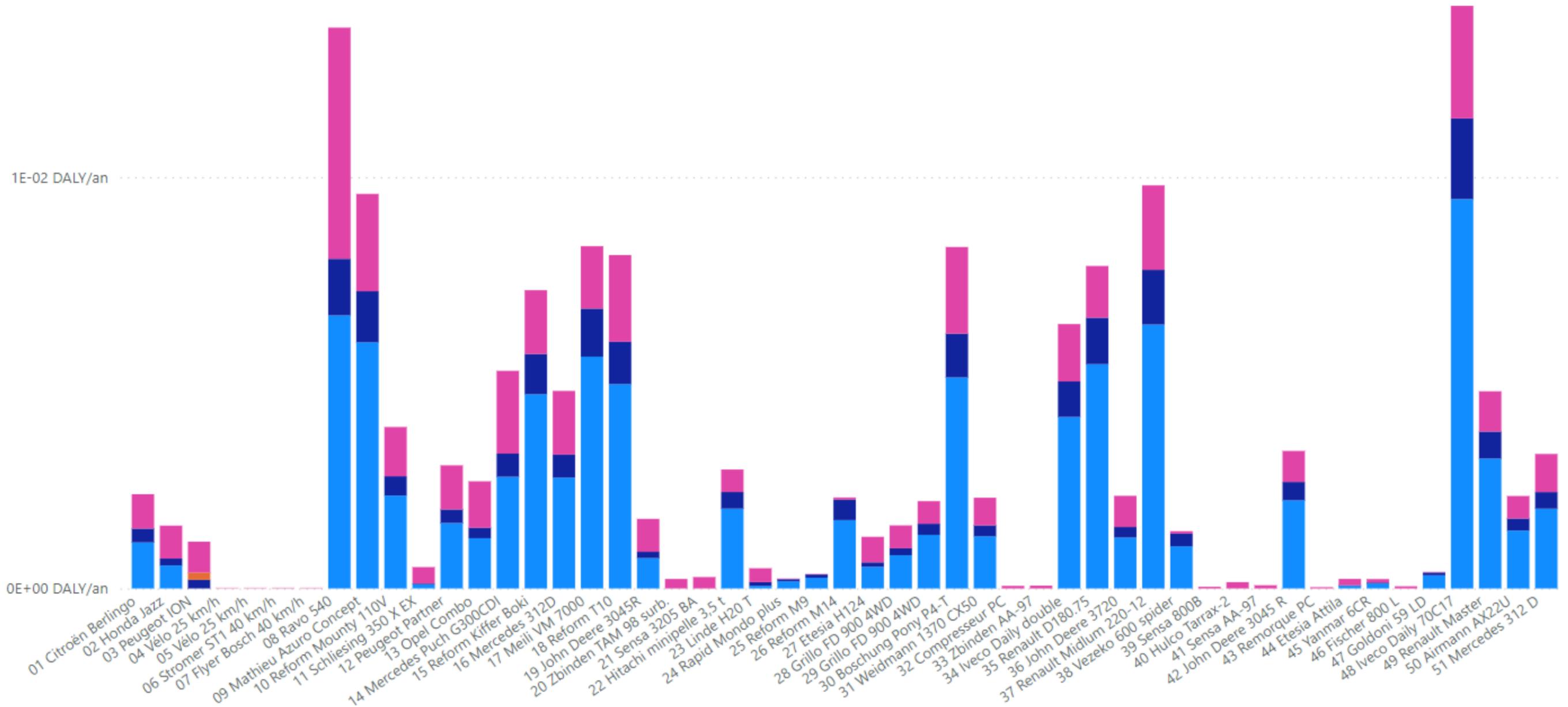
● Emissions directes ● Emissions indirectes ● Construction de la batterie ● Construction PAC ● Construction du véhicule



A5.2 Impact du parc de véhicules actuel sur la santé humaine

Impact du parc de véhicules actuel sur la santé humaine

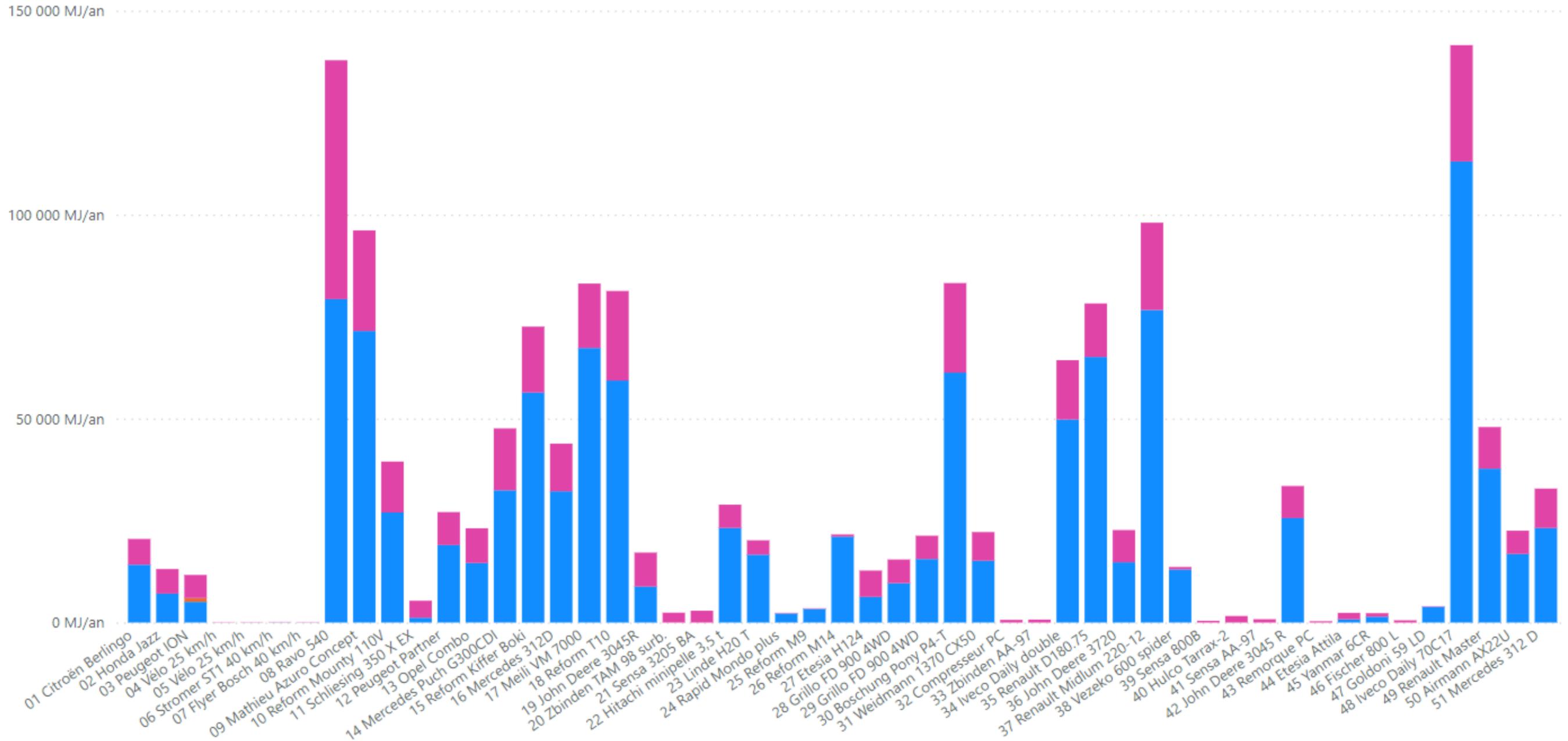
● Emissions directes ● Emissions indirectes ● Construction de la batterie ● Construction PAC ● Construction du véhicule



A5.3 Utilisation des ressources non-renouvelables du parc de véhicules actuel

Utilisation des ressources non-renouvelables du parc de véhicules actuel

● Emissions indirectes ● Construction de la batterie ● Construction PAC ● Construction du véhicule



A6. Années de remplacement des véhicules du parc actuel

Type	Service	Véhicule	Année	Durée d'amortissement	Année de remplacement
Fourgonnette	Admin	01 Citroën Berlingo	2001	12	2013
Voiture	Admin	02 Honda Jazz	2007	12	2019
Voiture	Admin	03 Peugeot ION	2020	12	2032
Vélo	Admin	04 Vélo 25 km/h	2017	16	2033
Vélo	Admin	05 Vélo 25 km/h	2017	16	2033
Vélo	Admin	06 Stromer ST1 40 km/h	2017	16	2033
Vélo	Admin	07 Flyer Bosch 40 km/h	2017	16	2033
Balayeuse	Voirie	08 Ravo 540	2007	12	2019
Balayeuse	Voirie	09 Mathieu Azuro Concept	2015	12	2027
Tracteur > 50 CV	Voirie	10 Reform Mouny 110V	2018	16	2034
Remorque	Voirie	11 Schliesing 350 X EX	2009	24	2033
Fourgonnette	Voirie	12 Peugeot Partner	2013	12	2025
Fourgonnette	Voirie	13 Opel Combo	2020	12	2032
Véhicule 4x4	Voirie	14 Mercedes Puch G300CDI	2012	12	2024
Porte-outils	Voirie	15 Reform Kiffer Boki	2015	12	2027
Fourgon	Voirie	16 Mercedes 312D	1998	12	2010
Porte-outils	Voirie	17 Meili VM 7000	2018	12	2030
Porte-outils	Voirie	18 Reform T10	2016	12	2028
Tracteur < 50 CV	Voirie	19 John Deere 3045R	2019	12	2031
Remorque	Voirie	20 Zbinden TAM 98 surb.	2004	24	2028
Remorque	Voirie	21 Sensa 3205 BA	1985	24	2009
Engin de chantier	Voirie	22 Hitachi minipelle 3,5 t	2018	24	2042
Chariot élévateur	Voirie	23 Linde H20 T	2002	24	2026
Monoaxe	Voirie	24 Rapid Mondo plus	2004	32	2036
Monoaxe	Voirie	25 Reform M9	2007	32	2039
Monoaxe	Voirie	26 Reform M14	2018	10	2028
Tondeuse autoportée	Parcs	27 Etesia H124	2007	10	2017
Tondeuse autoportée	Parcs	28 Grillo FD 900 4WD	2020	10	2030
Tondeuse autoportée	Parcs	29 Grillo FD 900 4WD	2019	10	2029
Petit porte-outils	Parcs	30 Boschung Pony P4-T	2014	12	2026
Chariot élévateur	Parcs	31 Weidmann 1370 CX50	2012	24	2036
Remorque	Parcs	32 Compresseur PC	1969	24	1993
Remorque	Parcs	33 Zbinden AA-97	2000	24	2024
Camionnette	Parcs	34 Iveco Daily double	2014	12	2026
Camion	Parcs	35 Renault D180.75	2016	16	2032
Tracteur < 50 CV	Parcs	36 John Deere 3720	2010	12	2022
Camion	Parcs	37 Renault Midlum 220-12	2014	16	2030
Autres machines	Parcs	38 Vezeko 600 spider	2015	10	2025
Remorque	Parcs	39 Sensa 800B	1988	24	2012
Remorque	Parcs	40 Hulco Tarrax-2	2016	24	2040
Remorque	Parcs	41 Sensa AA-97	2015	24	2039
Tracteur < 50 CV	Parcs	42 John Deere 3045 R	2017	12	2029
Remorque	Parcs	43 Remorque PC	1975	24	1999
Tondeuse autoportée	Parcs	44 Etesia Attila	2015	10	2025
Engin de chantier	Parcs	45 Yanmar 6CR	1996	24	2020
Remorque	Parcs	46 Fischer 800 L	2002	24	2026
Monoaxe	Parcs	47 Goldoni 59 LD	2011	32	2043
Camionnette	Déchetterie	48 Iveco Daily 70C17	2013	9	2022
Camionnette	Déchetterie	49 Renault Master	2018	12	2030
Engin de chantier	Déchetterie	50 Airmann AX22U	2008	24	2032
Fourgon		51 Mercedes 312 D	2012	12	2024

A7. Planning de renouvellement jusqu'en 2028

Type	Service	Véhicule	Année	Durée d'amortissement	Année de remplacement	Futur véhicule	Carburant	Prix d'achat	Mesure n°	En retard	2024	2025	2026	2027	2028
Fourgonnette	Admin	01 Citroën Berlingo	2001	12	2025	Fourgonnette	Electrique	45000	6	-11	✗	✓			
Voiture	Admin	02 Honda Jazz	2007	12	2025	Voiture	Electrique	30000	15	-5	✗	✓			
Balayeuse	Voirie	08 Ravo 540	2007	12	2019	Balayeuse	Diesel	270000	2	-5	✗	✓			
Balayeuse	Voirie	09 Mathieu Azuro Concept	2015	12	2027	Balayeuse	Electrique	300000	2					✓	
Fourgonnette	Voirie	12 Peugeot Partner	2013	12	2025	Fourgonnette	Electrique	45000	6			✓			
Véhicule 4x4	Voirie	14 Mercedes Puch G300CDI	2012	12	2024	Camionnette	Electrique	80000	14		✓				
Porte-outils	Voirie	15 Reform Kiffer Boki	2015	12	2027	Porte-outils	Electrique	250000	10					✓	
Porte-outils	Voirie	18 Reform T10	2016	12	2028	Porte-outils	Electrique	250000	10						✓
Remorque	Voirie	20 Zbinden TAM 98 surb.	2004	24	2026	Remorque	Non motorisé	17378	11				✓		
Remorque	Voirie	21 Sensa 3205 BA	1985	24	2024	Remorque	Non motorisé	10000	11	-15	✗	✓			
Chariot élévateur	Voirie	23 Linde H20 T	2002	24	2026	Chariot élévateur	Electrique	50000	5				✓		
Monoaxe	Voirie	26 Reform M14	2018	10	2028	Monoaxe	Essence	19500	7						✓
Petit porte-outils	Parcs	30 Boschung Pony P4-T	2014	12	2026	Petit porte-outils	Electrique	225000	8				✓		
Remorque	Parcs	33 Zbinden AA-97	2000	24	2027	Remorque	Non motorisé	5470	11					✓	
Camionnette	Parcs	34 Iveco Daily double	2014	12	2024	Camionnette	Electrique	150000	4		✓				
Tracteur < 50 CV	Parcs	36 John Deere 3720	2010	12	2025	Tracteur < 50 CV	Diesel	51350	13	-2	✗	✓			
Autres machines	Parcs	38 Vezeko 600 spider	2015	10	2024	Autres machines	Diesel	70000	1		✓				
Remorque	Parcs	39 Sensa 800B	1988	24	2027	Remorque	Non motorisé	5500	11	-12	✗				✓
Tondeuse autoportée	Parcs	44 Etesia Attila	2015	10	2026	Tondeuse autoportée	Essence	12750	12				✓		
Remorque	Parcs	46 Fischer 800 L	2002	24	2027	Remorque	Non motorisé	13342	11					✓	
Camionnette	Déchetterie	48 Iveco Daily 70C17	2013	9	2024	Camion	Diesel	250000	4	-2	✗	✓			
						Petite camionnette	Electrique	65000	9		✓				

Le tableau ci-dessous résume l'investissement à prévoir par année, jusqu'en 2028 pour le renouvellement du parc (sans la marge de 15 %) :

2024	2025	2026	2027	2028
895'000 CHF	171'350 CHF	305'128 CHF	574'312 CHF	269'500 CHF

Le tableau ci-dessous résume l'investissement à prévoir par année, jusqu'en 2028 pour le renouvellement du parc (arrondi à 5'000 CHF près, sans la marge de 15 %) :

2024	2025	2026	2027	2028
895'000 CHF	175'000 CHF	310'000 CHF	575'000 CHF	270'000 CHF