

Embargo: 01.0921, 09h45

## Etude d'opportunité

# Mise en service d'un moyen de transport lourd à haute capacité dans l'agglomération de Fribourg



## Rapport technique

Août 2021

Auteur : Transports publics fribourgeois Trafic (TPF TRAFIC) SA



Mandataire : Service de la mobilité de l'Etat de Fribourg, DAEC



Partenaire : Agglomération Fribourg/Freiburg



## Table des matières

1. Introduction .....	4
1.1. Contexte.....	4
1.1.1. Généralités.....	4
1.1.2. Historique.....	4
1.2. Objectifs .....	6
1.3. Périmètre .....	6
1.4. Méthodologie.....	7
2. Analyse de la situation actuelle .....	8
2.1. Contexte politique .....	8
2.2. Contexte d'urbanisation.....	8
2.3. Analyse par mode de transport .....	14
2.3.1. Trafic individuel motorisé.....	14
2.3.2. Mobilité douce .....	19
2.3.3. Transports publics .....	20
2.4. Eléments clés à retenir .....	28
3. Analyse de la demande future .....	28
3.5. Evolution démographique et emplois.....	28
3.6. Développements planifiés de zones et impacts .....	30
3.7. Stratégie de mobilité selon le projet d'agglomération de 4 <sup>ème</sup> génération.....	32
3.8. Hypothèses spécifiques à l'étude .....	35
4. Caractéristiques de la future offre TP .....	35
4.1. Capacité de l'offre .....	35
4.2. Parcours.....	36
5. Analyse technologique .....	37
5.1. Descriptions des technologies existantes .....	37
5.2. Variantes.....	43
5.3. Comparaisons des différentes variantes.....	57
5.3.1. Matériel roulant .....	57
5.3.2. Vitesse commerciale .....	58
5.3.3. Temps de parcours .....	58
5.3.4. Capacité horaire.....	58
5.3.5. Ponctualité – Pourcentage en site propre.....	59
5.3.6. Coûts et financements.....	60
5.4. Recommandations .....	62

6.	Etude de l'extension Schönberg .....	64
6.1.	Analyse de la situation actuelle .....	64
6.2.	Situation future .....	68
6.3.	Offre future .....	69
6.4.	Variante Tram et BHNS .....	69
7.	Contraintes pour le concept d'exploitation .....	72
7.5.	Dépôt .....	72
7.6.	Maintenance du matériel roulant .....	74
7.7.	Maintenance des infrastructures.....	75
7.8.	Formation du personnel roulant et de maintenance.....	75
7.9.	Centre d'exploitation et processus d'exploitation .....	75
8.	Conclusion .....	76
9.	Tables des illustrations .....	79
10.	Bibliographie .....	82
11.	Annexes.....	83

## 1. Introduction

L'Etat de Fribourg et plus particulièrement son Service de la Mobilité a souhaité mandater les Transports publics fribourgeois Trafic (TPF TRAFIC) SA pour mener une étude d'opportunité sur la mise en service d'un moyen de transport à haute capacité dans l'Agglomération fribourgeoise à l'horizon 2040. L'Agglomération a été intégrée à l'étude en tant que partenaire afin de garantir la cohérence des réflexions.

### 1.1. Contexte

#### 1.1.1. Généralités

Depuis plusieurs années, les fusions de communes sont promues par le canton de Fribourg. Pour ce faire, la loi relative à l'encouragement aux fusions de communes (LEFC) entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2012 définit les objectifs de cet encouragement et les moyens mis à disposition par l'Etat. L'un des objectifs évoqués à l'article 2 est le renforcement du centre cantonal, soit une union de communes autour de la ville de Fribourg, nommée fusion du Grand Fribourg. Dans le cadre des réflexions menées autour de cette dernière, différents projets-clés ont été définis par une assemblée constitutive de la fusion du Grand Fribourg. Dans le thème « Mobilité et Durabilité », l'objectif général est d'offrir une cadence 7.5 minutes dans tout le Grand Fribourg pour parvenir à se rendre d'un point à un autre du territoire fusionné en moins de 15 minutes et les projets-clés suivants sont mentionnés<sup>1</sup> :

- Tramway vers Marly
- Gares routières
- Nouvelles voies bus
- Lignes diamétrales

Le projet « Tramway vers Marly » a déclenché, auprès du Canton de Fribourg et de son Service de la Mobilité, la volonté d'élaborer la présente étude. Le but est de prendre en considération un périmètre plus étendu que l'axe Gare de Fribourg – Marly et d'étudier toutes les technologies disponibles offrant des capacités importantes sans se limiter aux tramways.

Cette volonté de transport à haute capacité est motivée par une évolution démographique du canton de Fribourg particulièrement importante. En effet, entre 2008 et 2018, la population fribourgeoise a augmenté de 14.4. % contre une moyenne suisse de 8.6 %. L'agglomération de Fribourg n'échappe pas à cette tendance. Des développements conséquents de zones d'activités et résidentielles sont planifiés ces prochaines années. Les besoins en mobilité vont également croître et il est primordial, dès à présent, d'élaborer les futures planifications des transports publics à l'échelle cantonale et de l'agglomération.

#### 1.1.2. Historique

L'idée d'un transport fribourgeois à haute capacité n'est pas récente. En effet, de nombreuses études ont déjà été effectuées par des bureaux d'ingénieurs, les TPF, le Canton ou l'Agglomération. Une liste non-exhaustive se trouve dans le tableau ci-après :

---

<sup>1</sup> Source : <https://grandfribourg.ch/mobilite-durabilite>

**Tableau 1 - Historique des études réalisées**

Date	Titre	Auteur	Type
06.2001	Etude de faisabilité Liaison ferroviaire Péroilles-Marly	PERSS Ing. Conseils SA	Etude mandatée par TPF
2007	Etude de faisabilité technique d'un Tram-Train entre la Gare de Fribourg et le Plateau de Péroilles	M. Grisanti	Travail diplôme
06.2007	Etude d'opportunité d'un nouveau système de transport automatique utilisant le tracé de l'ancienne voie marchandise entre la gare de Fribourg et le Plateau de Péroilles	Transitec et GEA	Etude mandatée par Canton
05.2008	Etude comparative entre un système de transport automatique et le tram-train sur le plateau de Péroilles	M. Grisanti	Etude TPF
2010	Etude de faisabilité RER/MAF Belfaux-Marly	PERSS Ing. Conseils SA	Etude mandatée par TPF
09.2012	Erschliessung der Achse Marly-Fribourg-Forum	ETH, Dr. Weidmann	Etude mandatée par TPF
09.2014	Faisabilité d'une ligne de métro ou de tram-train entre la Gare de Fribourg et Marly	Team+	Analyses prélim., rép. Allenspach
09.2015	Etude préliminaire de faisabilité d'un métrocâble	R. Casazza	Etude accomp. postulat

Dans le cadre de ce rapport, ces études ont été lues et les éléments pertinents sont repris et cités. D'autres rapports et études ont été réalisés suite à une demande politique sous forme de postulat déposé généralement auprès du Canton mais aussi de l'Agglomération de Fribourg. Ils sont cités ci-dessous :

**Tableau 2 - Historique des postulats politiques**

Date et N° dépôt	Titre	Auteur	Date réponse	Rapport réponse
2002 208.02	Desserte du Plateau de Péroilles par train	N. Bürgisser	01.2004	Rapport 120
12.2005 303.05	Création d'un tramway en site propre entre la gare de Fribourg et le sud de Marly	N. Brügisser, J-P. Dorand	01.2009	Rapport 121
06.2009 2057-09	Etude d'un projet de train-tramway entre Belfaux et Fribourg	J-P. Dorand, P-A. Clément	02.2014	Rapport2013-DAEC-38
05.2012 Agglo2012_013	Planification d'un réseau de voies en site propre pour bus	22 auteurs	08.2013	-
03.2013 Agglo2013_015	Machbarkeit einer Metro- oder Tram-/Bahnlinie zwischen dem Bahnhof Freiburg – Cardinal – Hochschulen Péroilles – Marly	C. Allenspach	09.2014	Etude Team+
07.2013 Agglo2013_016	Etude d'un réseau de transport automatisé de type « Transport Automatique Personnalisé/ de Groupe » pour l'Agglo	5 auteurs	Refusé 09.2013	-
10.2015 2015-GC-133	Métrocâble entre la gare de Fribourg, le HFR et la sortie autoroutière à Villars-sur-Glâne	A. De Weck, E. Schnyder	01.2016	Réponse CE 2015-GC-133
11.2015 Agglo2015_032	Etude de faisabilité sur la réalisation d'un métro-câble	S. Dorthe	Refusé 03.2016	-

Par le biais de ces deux tableaux, il peut être constaté que, régulièrement, le sujet d'un transport à haute capacité revient dans les discussions des acteurs de la mobilité, soit le Canton, l'Agglo et les TPF et des politiciens. Le projet de fusion du Grand Fribourg motive les acteurs concernés à se pencher sur la réalisation d'une étude d'opportunité actualisée avec la prise en compte des dernières données disponibles en lien notamment avec les réflexions effectuées pour le Plan d'Agglomération de 4<sup>ème</sup> génération.

## 1.2. Objectifs

Pour le Canton, les objectifs généraux auxquels doit répondre l'étude sont le report modal du trafic individuel vers les transports publics et la mobilité douce, des transports publics plus efficaces et l'atteinte des objectifs du plan climatique cantonal.

Les objectifs spécifiques de l'étude d'opportunité sont les suivants :

- Evaluer la demande en transports publics à l'horizon 2040
- Définir l'offre à mettre en place dans le périmètre défini
- Proposer le moyen de transport qui répond le mieux aux contraintes technologiques, économiques et environnementales
- Etudier les impacts sur l'exploitation
- Evaluer les nouvelles infrastructures à créer
- Procéder à une estimation des coûts
- Proposer les prochaines démarches à entreprendre et un planning intentionnel

## 1.3. Périmètre

Le périmètre de base, défini par le SMO, l'Agglo et les TPF, est l'axe Marly – Fribourg, gare – Bertigny et est représenté sur l'illustration ci-dessous. Le secteur Bertigny est considéré suite au développement prévu par le projet de couverture de l'autoroute A12. Toutes les variantes de parcours sont envisageables et seront étudiées autour de l'axe principal. Différents parcours peuvent être cités de manière non exhaustive : Pérolles / Arsenaux, Route du Jura / Avenue Weck-Reynold, accès à la zone Bertigny - Chamblieux, position du terminus à Marly, etc. Des extensions à d'autres axes sont possibles selon le résultat des études. Celles-ci peuvent par exemple se justifier si une certaine masse critique est intéressante pour un mode lourd. C'est pourquoi il a été décidé d'étudier une extension en direction du quartier du Schönberg. Le secteur à proximité de la Porte de Fribourg desservi par la ligne 1 est en plein développement et pourrait également être analysé ultérieurement. Il se situe proche de la sortie autoroutière et de la halte Fribourg/Freiburg, Poya. De plus, une nouvelle halte ferroviaire, nommée Agy, est prévue dans ce secteur et modifiera les habitudes de déplacements.

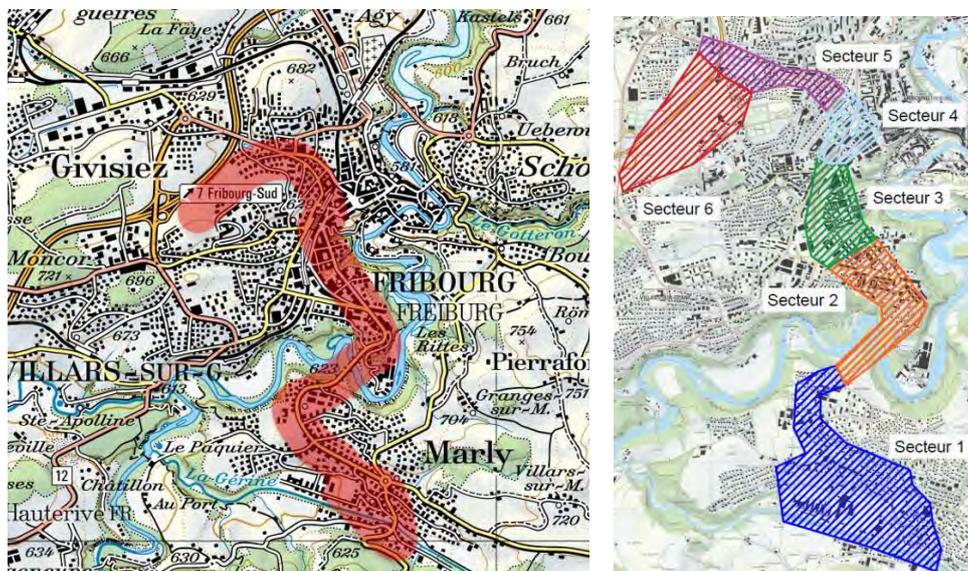


Figure 1 - Périmètre de base de l'étude et Figure 2 - Secteurs

Afin de faciliter l'analyse, le périmètre d'étude a été séparé en six secteurs comme suit :

**Tableau 3 - Définition des secteurs**

N° Secteur	Tronçon
Secteur 1	Marly, Gérine → Giratoire Falaises
Secteur 2	Giratoire Falaises → Rte Industrie
Secteur 3	Rte Industrie → Gare
Secteur 4	Gare → Université / Montenach
Secteur 5	Université / Montenach → Mont-Carmel
Secteur 6	Bertigny-Chamblieux

## 1.4. Méthodologie

Différentes séances de travail ainsi que des comités de pilotage ont eu lieu afin d'assurer le suivi de l'étude par le Canton, l'Agglomération et les TPF.

**Tableau 4 - Séances**

Date	Type de séance
20.08.20	Séance travail SMO-Agglo-TPF
02.11.20	Séance travail SMO-Agglo-TPF
09.11.20	COFIL
12.01.21	Séance travail SMO-Agglo-TPF
05.03.21	COFIL
10.05.21	COFIL
07.06.21	COFIL

Il a été convenu de structurer l'étude d'opportunité de la manière suivante :

- 1) Introduction et contexte
- 2) Analyse situation existante (axe de base)
- 3) Analyse de la demande (axe de base)
- 4) Définition de l'offre (axe de base)
- 5) Analyse des différentes technologies possibles et variantes
- 6) Recommandations d'une ou plusieurs variantes
- 7) Etude d'éventuelles extensions d'axes complémentaires
- 8) Etude des contraintes d'exploitation
- 9) Conclusions et perspectives

De plus, les échéances ont été établies selon le calendrier suivant :

**Tableau 5 - Calendrier de l'étude**

Echéance	Tâches
Janvier 2021	Chapitres 1 + 2 + 3 + 4
Mars 2021	Chapitres 5 + 6
Avril 2021	Chapitre 7
Mai 2021	Chapitre 8
Juin 2021	Rendu final

## 2. Analyse de la situation actuelle

Le diagnostic de la situation actuelle se base sur le contexte politique et le contexte d'urbanisation en prenant en compte les aspects liés à la démographie, aux emplois, aux déplacements pendulaires et aux pôles générateurs de trafic. Ensuite, les trois modes de transports principaux, c'est-à-dire le trafic individuel motorisé, les transports publics et les modes doux ont fait l'objet d'une analyse. Pour le trafic individuel motorisé, les aspects liés aux charges de trafic, au stationnement et aux congestions sont importants. Pour les transports publics, l'analyse se focalise sur l'offre et les infrastructures déjà en place. Finalement, les aménagements et la sécurité des modes doux sont étudiés.

### 2.1. Contexte politique

L'étude d'opportunité amène différents enjeux pour les parties prenantes. Chaque partie a ses propres intérêts qu'il faut considérer même s'il s'agit simplement d'une étude.

L'Etat de Fribourg soutient la fusion du Grand fusion. Par cette étude, il s'agit d'une occasion de s'impliquer dans les réflexions en cours en lien avec la fusion du Grand Fribourg mais également sur le thème de la mobilité qui occupe une place importante dans les préoccupations des citoyens. Le Canton a besoin de cette étude comme base de réponses aux postulats des députés fribourgeois. Il doit pouvoir également se faire sa propre opinion sur ce qui est faisable ou non d'un point de vue technique et d'avoir une vue d'ensemble des technologies disponibles permettant de répondre entre autres aux objectifs du Canton en termes de report modal et d'objectifs climatiques.

L'Agglomération est à la recherche de solutions pour développer les transports publics dans son périmètre tout en étant cohérent avec les stratégies définies dans les plans d'agglomération.

Les communes de Fribourg et Marly ont besoin de concrétiser une liaison forte entre leurs deux territoires. Cette étude peut constituer une réelle base pour le futur. Cette liaison permettrait une accélération des développements des zones d'activités à proximité. La commune de Villars-sur-Glâne est également touchée par le périmètre de base.

Pour les TPF, cette étude constitue une première base de réflexions sur l'exploitation à long terme du réseau urbain notamment. Elle peut permettre de mettre en relation les visions concernant les modes de traction future et d'anticiper les besoins liés à l'exploitation et aux infrastructures (maintenance, dépôt, formation, etc.) futures.

### 2.2. Contexte d'urbanisation

#### Démographie

A l'échelle cantonale, 27 % des habitants du canton vivent dans l'agglomération de Fribourg soit 82'953<sup>2</sup> habitants en 2018. La tableau ci-dessous détaille le nombre d'habitants par commune de l'Agglomération. Fribourg, Düdingen, Marly et Villars-sur-Glâne sont les communes les plus peuplées.

---

<sup>2</sup> Source : Annuaire statistique du canton de Fribourg, Edition 2020

**Tableau 6 - Population par Commune (2018)<sup>3</sup>**

Communes	Population
Avry	1'921
Belfaux	3'283
Corminboeuf	2'696
Fribourg	38'365
Givisiez	3'166
Granges-Paccot	3'750
Marly	8'193
Matran	1'521
Villars-sur-Glâne	12'094
Düdingen	7'964
<b>Total</b>	<b>82'953</b>

En analysant plus précisément chaque secteur défini au chapitre 1.3, il peut être constaté, sans surprise, que les secteurs Pérolles, Vuille-Jura, Chamblieux et Charmettes ont les moyennes d'habitants par hectare les plus élevées. La commune de Marly a un habitat plus dispersé et composé principalement de maisons individuelles et de petits immeubles. Il est important de desservir le secteur de Pérolles qui possède un fort potentiel.

**Tableau 7 - Population par secteur (2018)<sup>4</sup>**

Secteur	Moyenne [hab/ha]	Total (à titre indicatif)
Secteur 1 (Marly)	34	7'307
Secteur 2 (Charmettes)	72	3'021
Secteur 3 (Pérolles)	112	4'132
Secteur 4 (Gare-Uni)	54	1'718
Secteur 5 (Vuille-Jura)	74	5'266
Secteur 6 (Chamblieux)	87	2'538
<b>Moyenne</b>	<b>54</b>	<b>21'444</b>

## Emplois

Concernant les emplois, il est intéressant de noter que l'Agglo concentre 42 % des emplois du canton de Fribourg, soit environ 63'712 emplois en 2017 représentant 47'367 EPT<sup>5</sup>. D'une manière générale, Fribourg et Villars-sur-Glâne possèdent le plus d'emplois en valeur absolue avec respectivement 53% et 15% des emplois de l'agglo.

**Tableau 8 - Emplois par commune de l'Agglo<sup>6</sup>**

Communes	Emplois
Avry	1'327
Belfaux	734
Corminboeuf	1'055
Fribourg	33'730
Givisiez	4'850
Granges-Paccot	4'018
Marly	2'910
Matran	1'449
Villars-sur-Glâne	9'618
Düdingen	4'021
<b>Total</b>	<b>63'712</b>

<sup>3</sup> Source : Annuaire statistique du canton de Fribourg, Edition 2020

<sup>4</sup> Source : Informations tirées de map.geo.admin.ch

<sup>5</sup> Source : Annuaire statistique du canton de Fribourg, Edition 2020

<sup>6</sup> Source : Informations tirées de map.geo.admin.ch

Les secteurs Chamblieux, Pérolles et Gare-Uni concentrent un nombre important d'EPT et d'emplois à l'hectare. Il s'agit, sans équivoque, des secteurs centraux d'activités du périmètre étudié grâce à leur position proche de la gare. Le secteur Charmettes est aussi important puisqu'il concentre plusieurs Hautes Ecoles et universités générant un nombre conséquent d'emplois. Il est également intéressant de noter que la zone d'activités du Marly Innovation Center (MIC) située sur l'ancien site industriel d'Ilford à Marly est en plein développement. Actuellement, plus de 500 emplois y sont concentrés et ne sont pas pris en compte en totalité dans les chiffres du Tableau 10 - Secteurs d'activités car les données datent de 2014.

**Tableau 9 - Emplois par secteur (2017)<sup>7</sup>**

Secteur	EPT/ha	Etablissements/ha	Emplois/ha
Secteur 1 (Marly)	14 (2'068)	4 (587)	20 (2'977)
Secteur 2 (Charmettes)	69 (3'113)	8 (358)	100 (4'480)
Secteur 3 (Pérolles)	99 (3'562)	18 (654)	149 (5'360)
Secteur 4 (Gare-Uni)	221 (7'500)	25 (843)	317 (10'777)
Secteur 5 (Vuille-Jura)	30 (1'832)	4 (270)	41 (2'491)
Secteur 6 (Chamblieux)	159 (2'968)	7 (170)	149 (3'718)

Une étude mandatée<sup>8</sup> par l'Agglo a analysé l'économie territoriale sur les zones d'activités de l'agglomération. Certaines zones d'activités citées font parties intégrantes du périmètre de cette étude et sont représentées dans le tableau suivant. Le développement de ces secteurs sera à prendre en compte dans l'analyse de la situation future. Les données à disposition datent de 2014 et une mise à jour serait nécessaire pour un approfondissement des réflexions. Les zones d'activités identifiées sont représentées sur la carte ci-après.

**Tableau 10 - Secteurs d'activités**

Secteur	Emplois (2014)	Entreprises (2014)
A Bluefactory	100	16
B Bertigny	0	0
C Moncor	3430	132
D MIC	340	15
E Pré-aux-Moines Marly	0	0
F Chésalles-Corbaroche Marly	500	73
G Daillettes	740	44



**Figure 3 - Zones d'activités**

<sup>7</sup> Source : Informations tirées de map.geo.admin.ch

<sup>8</sup> Source : Etude d'économie territoriale sur les zones d'activités d'AggloFribourg, Wüestpartner, 2018

### Trafic pendulaire<sup>9</sup>

A l'échelle cantonale, à titre informatif, 32.1 % des pendulaires entrant dans le canton de Fribourg pour le travail et la formation proviennent du canton de Berne et 46.4 % du canton de Vaud. Les fribourgeois actifs sortants du canton de Fribourg se rendent majoritairement dans les cantons de Berne et de Vaud. 37 % des Suisses qui pendulent en direction du canton de Fribourg viennent plus précisément dans l'Agglo. En prenant en compte les pendulaires suisses travaillant dans l'Agglo de Fribourg (non compris les fribourgeois), 40 % proviennent de Suisse alémanique, 32 % de l'Arc lémanique (VD, VS et GE) et 25 % de la Broye vaudoise. Les habitants de l'Agglo travaillant hors canton de Fribourg se rendent à 60 % en Suisse allemande et à 30 % sur l'Arc lémanique. Le nord du canton de Fribourg et l'agglomération sont très orientés sur la Capitale suisse tandis que le sud est plus tourné vers l'arc lémanique.

73 % des fribourgeois restent travailler dans le canton de Fribourg dont 39 % dans l'agglomération. Au vu du nombre de personnes travaillant dans l'Agglo, il est primordial que les pendulaires transbordent sur les transports publics au plus près de leur domicile afin de minimiser les kilomètres effectués en voiture individuelle. Les flux par district représentés ci-dessous démontrent que les fribourgeois viennent de l'ensemble du territoire fribourgeois pour travailler dans l'Agglo.

Il est intéressant de noter que 71 % des habitants de l'Agglo restent travailler dans l'Agglo engendrant beaucoup de déplacements internes aux heures de pointe. Les habitants de l'Agglo doivent pouvoir rejoindre de manière efficace leur place de travail sans l'utilisation d'un moyen de transport individuel motorisé. Le futur moyen de transport à haute capacité devrait pouvoir capter la plus grande partie possible des pendulaires intra agglo.

Le Service de la Mobilité de l'Etat de Fribourg possède un outil permettant d'analyser de manière précise les différents flux de pendulaires entre toutes les communes suisses.

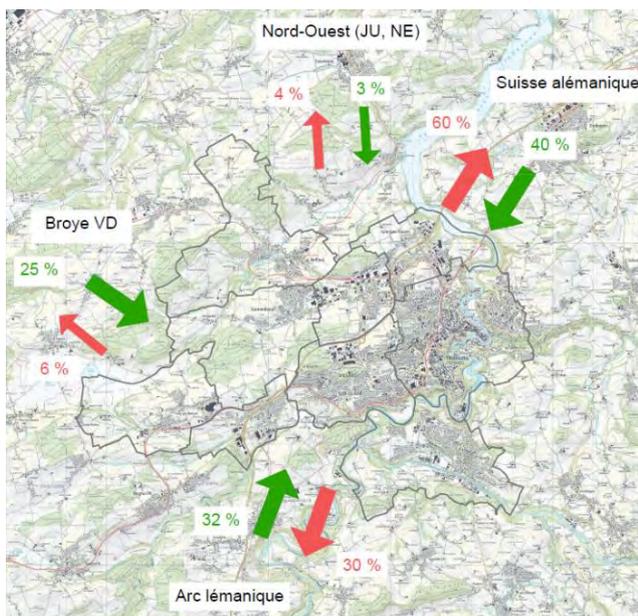
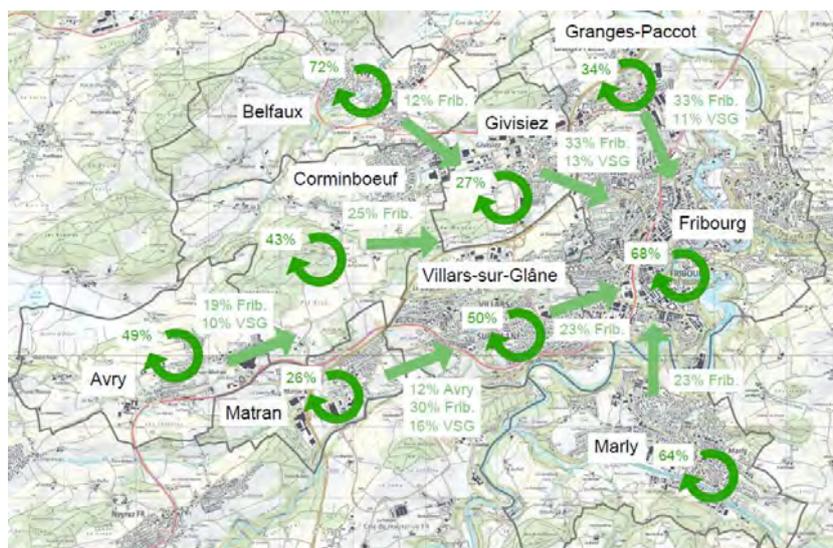


Figure 4 - Pendulaires CH - Agglo FR (reste du canton FR non compris)



Figure 5 - Pendulaires fribourgeois entrant dans l'Agglo

<sup>9</sup> Source : Annuaire statistique du canton de Fribourg, Edition 2020 et OFS statistiques pendulaires 2014



**Figure 6 - Pendulaires intra-Agglo**

La répartition modale dans l'agglo de Fribourg et au niveau cantonal est indiquée dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 11 - Répartition modale<sup>10</sup>**

	Selon distance					
	Agglo FR	Canton FR	CH	Agglo NE	Agglo Bienne	Agglo Berne
<b>TIM</b>	66 %	75 %	66 %	72 %	58 %	54 %
<b>TP</b>	26 %	17 %	24 %	20 %	30 %	36 %
<b>MD</b>	6 %	5 %	8 %	6 %	10 %	9 %
<b>Autres</b>	2 %	3 %	2 %	2 %	2 %	1 %

Il peut être constaté qu'au niveau des transports publics, des progrès peuvent encore largement être réalisés comparés à d'autres agglomérations. Les répartitions modales des agglomérations de Bienne et Berne indiquent une plus forte utilisation des transports publics et de la mobilité douce. Par contre, l'Agglomération de Neuchâtel a un plus haut taux de déplacement en TIM que son homologue fribourgeoise. Les déplacements en voiture sont encore clairement majoritaires dans le canton de Fribourg et l'agglomération de Fribourg. Les distances réalisées en mobilité douce sont plus faibles par rapport à la moyenne suisse et à d'autres agglomérations suisses alémaniques. Dans l'Agglomération de Fribourg, 1.9 km sont réalisés à pied et 0.4 km en vélo par jour. A Bienne, ce sont 2 km réalisés à pied et 1.2 km à vélo chaque jour.

### Pôles générateurs de trafic

Il est nécessaire de connaître les lieux et infrastructures susceptibles d'attirer un nombre conséquent de visiteurs. Leur accessibilité en transports publics est primordiale. Différents pôles générateurs de trafic ont été recensés dans le périmètre étudié et sont représentés sur les cartes suivantes.

A Marly, soit le secteur 1, les centres commerciaux, les écoles et un home se situent le long de la route cantonale qui constitue une véritable colonne vertébrale de la localité. Le parking d'échange (P+R) de Corbaroche possède 110 places et se trouve au terminus de la ligne 1. Actuellement, il a un taux d'occupation très élevé et il est fréquemment saturé. Les secteurs

<sup>10</sup> Source : Microrecensement mobilité et transports 2015, Etat de Fribourg, SMO

de Chésalles et Corbaroche ainsi que l'ancien site industriel d'Ilford devenu le Marly Innovation Center concentrent des activités économiques importantes.

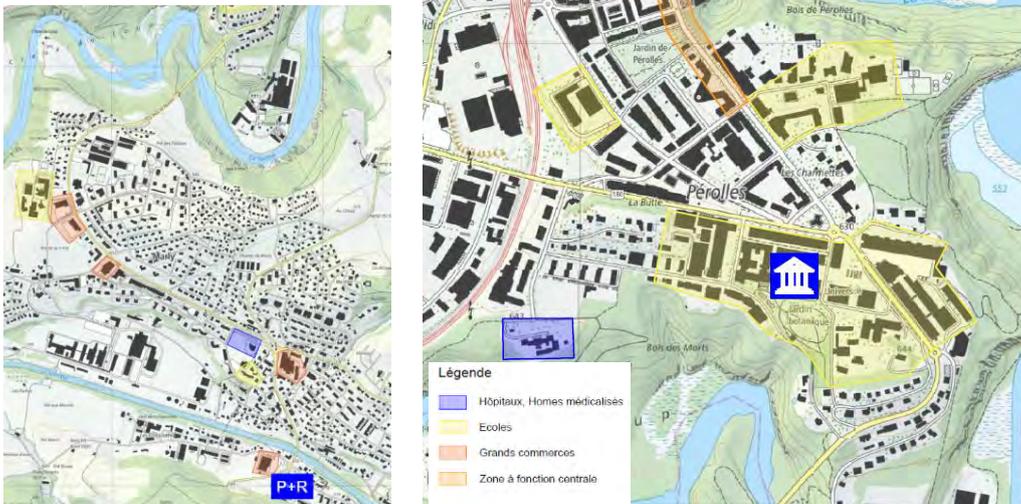


Figure 7 - Pôles générateurs - Secteur 1 et Figure 8 - Pôles générateurs - Secteur 2

Le secteur 2 correspondant au Plateau de Pérolles et au secteur Charmettes accueille surtout les Hautes Ecoles fribourgeoises. Les générateurs principaux du trafic sont donc principalement des étudiants et des employés. Quelques lieux festifs profitant de la présence d'un public jeune se trouvent le long de la Route de la Fonderie. Le trafic pendulaire et de transit est important dans le secteur et génère des déplacements sur toute la journée.

Les secteurs 3 et 4 couvrant Pérolles, la Gare et la Rue de l'Hôpital, sont une zone d'activités importante pour la Ville de Fribourg avec de très nombreux commerces générant ainsi un trafic non-négligeable. Des salles de cinéma et une salle de spectacles s'y trouvent également. Il s'agit réellement du cœur actif de la ville de Fribourg. L'université et différentes écoles supérieures se situent aussi dans ces secteurs. Ces pôles générateurs créent des déplacements sur toute la journée avec des pics plus prononcés aux heures de pointe.

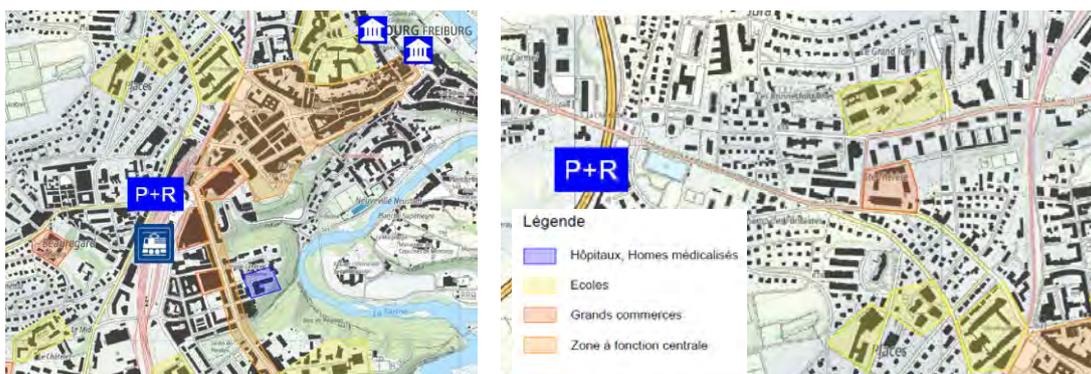


Figure 9 - Pôles générateurs - Secteur 3 et 4 et Figure 10 - Pôles générateurs - Secteur 5

Dans le secteur 5, Jura, se trouvent en majorité des zones résidentielles et des entreprises du secteur tertiaire. Le parking d'échange de la Chassotte (104 places) est fortement utilisé par les pendulaires. En effet, sa situation proche de la sortie d'autoroute le rend très attractif. Quelques commerces de quartiers constituent également des pôles générateurs de trafic de plus faible ampleur. Hors des secteurs du périmètre de base, l'Hôpital cantonal est un très important générateur de trafic à ne pas négliger dans les réflexions. Les visiteurs, patients et collaborateurs génèrent de nombreux déplacements à tout moment de la journée.

## 2.3. Analyse par mode de transport

Pour des questions de compréhension, les axes principaux et leur dénomination évoqués dans ce chapitre sont indiqués sur la carte ci-dessous :

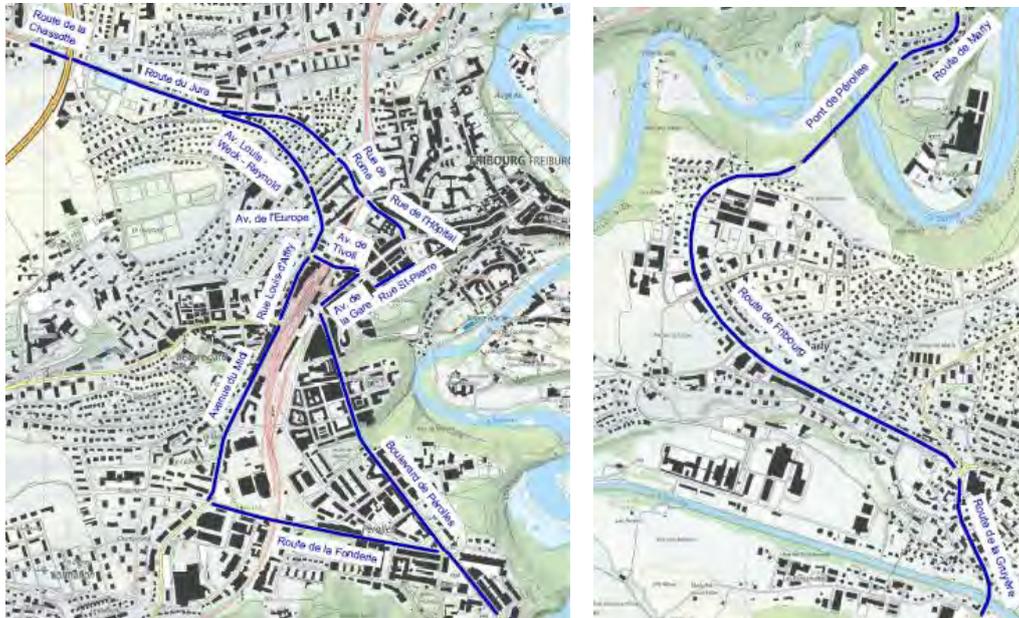


Figure 11 - Axes principaux

### 2.3.1. Trafic individuel motorisé

En 2019, le taux de motorisation dans le canton de Fribourg était de 591<sup>11</sup> voitures pour 1'000 habitants, soit plus élevé que la moyenne suisse située à 541 voitures pour 1'000 habitants. Dans l'agglomération, ce taux descend à 487 voitures pour 1'000 habitants. De plus, 18.4 % des habitants de l'Agglo ne possède pas de voitures contre 11.6 % dans le canton de Fribourg. Ces chiffres sont logiques car le réseau de transports publics est plus dense et attractif que dans le reste du canton de Fribourg. A titre de comparaison, dans la ville de Berne, le taux de motorisation est de 392 voit/1'000 hab. en 2018 et à Lausanne, il est de 359 voit/1'000 hab. en 2018. Des mesures sont à mettre en place notamment concernant les transports publics afin de diminuer ce taux dans les prochaines années.

Tableau 12 - Taux de motorisation dans l'Agglo, 2019

Communes	Voiture / 1000 hab.	Nbre voitures	Habitants
Avry	656	1'261	1'922
Belfaux	560	1'839	3'284
Corminboeuf	632	1'703	2'695
Fribourg	402	15'408	38'328
Givisiez	696	2'205	3'168
Granges-Paccot	629	2'357	3'747
Marly	515	4'217	8'188
Matran	763	1'161	1'522
Villars-sur-Glâne	522	6'310	12'088
<b>Moyenne</b>	<b>487</b>	<b>36'461</b>	<b>74'942</b>

<sup>11</sup> Source : Office fédéral de la statistique, taux de motorisation 2019 (<http://www.bfs.admin.ch>)

D'une manière générale, les axes principaux traversant le périmètre d'étude sont bien aménagés en termes d'infrastructures. Les principaux carrefours sont soit gérés par des feux de signalisation soit équipés de giratoires. Plusieurs voies de circulation sont aménagées pour les carrefours à feux. Entre les carrefours, en général, il n'y a qu'une seule voie de circulation par sens. Le tronçon devant la gare et la première partie de la Route des Arsenaux (côté gare) sont en sens unique pour les voitures ainsi que certaines rues secondaires dans le quartier de Pérolles. Sinon tous les axes principaux sont à double sens. Les rues à vocation résidentielle hors des axes principaux se trouvent souvent en zones à trafic modéré (30 km/h et 20 km/h).



Figure 12 - Circulation TIM - Secteur 1



Figure 13 - Circulation TIM - Secteur 2 et 3 et Figure 14 - Circulation TIM - Secteur 4 et 5

### Stationnement

Selon une étude<sup>12</sup>, la commune de Fribourg comptait 34'000 places de parking pour voitures en 2013 soit environ 850 places / 1'000 habitants. Ce chiffre est élevé par rapport à d'autres villes suisse. Par exemple, ce taux est de 558 pour Bâle, 590 pour Genève et 770 pour Zurich. 16 % des places évoquées sont publiques. Des relevés concernant leur utilisation ont été effectués et il s'est avéré sans surprise que les zones autour de la Gare et du Centre-Ville

<sup>12</sup> Source : Révision du PAL – Concept de stationnement, Rapport technique, Transitec, 2014

étaient saturées en journée et soirée. Sur Péroilles, l'occupation des places atteint environ 80 % en journée mais elles sont facilement saturées en soirée. Le secteur Beaumont-Jura possède suffisamment de surfaces de stationnement. A l'échelle de l'agglomération, les places de stationnement se trouvent en nombre important.

Selon les données du micro recensement analysées par le Canton de Fribourg en 2015, dans l'agglomération, dans 90 % des cas où la voiture est utilisée pour se rendre au travail, une place de parking est disponible sur le lieu de travail qu'importe le lieu de domicile de l'employé. Seules 18% de ces places sont payantes. Il paraît évident que certaines entreprises et indépendants ont besoin de leur véhicule dans le cadre professionnel mais ces chiffres démontrent tout de même qu'il est nécessaire de poursuivre les réflexions sur la mobilité au sein des entreprises en améliorant d'une part l'offre de transports publics dans les zones d'activités et d'autre part de mettre en place une gestion des places de stationnement mises à disposition selon certains critères pour les voitures.

### Charges de trafic

La Ville de Fribourg a mandaté en 2017 un bureau d'ingénieurs ainsi que Swisscom afin d'analyser les flux d'échange et de transit grâce aux données de téléphonie mobile. Il ressort de cette étude que durant les jours ouvrables près de 120'000 véhicules/jour franchissent la frontière communale de Fribourg. Les axes concernés par les plus grands flux sont la Route de Marly, la Route de la Glâne, la Route du Jura et la Route de Morat. Ces véhicules surchargent clairement les axes du périmètre étudié.

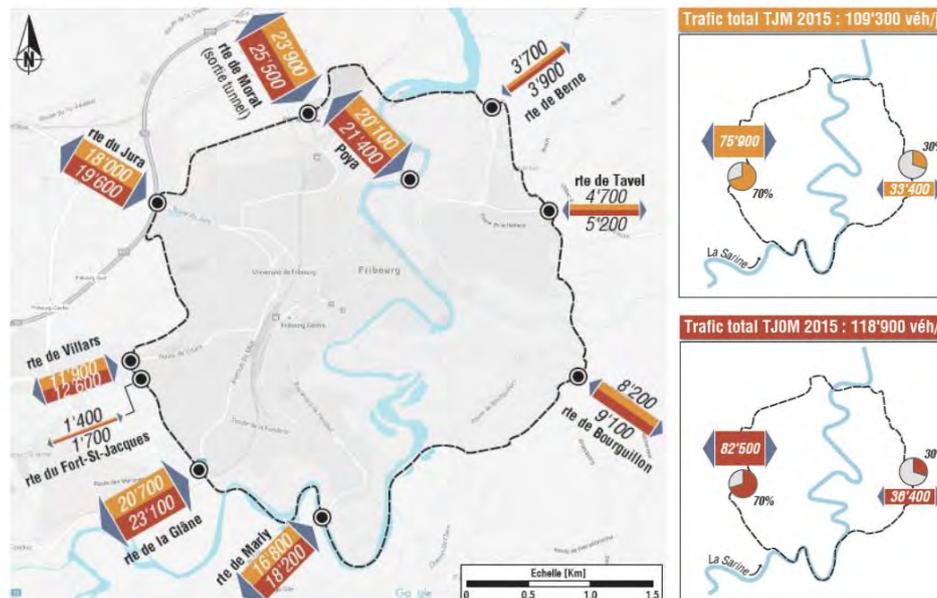


Figure 15 - Volumes trafic journalier 2015<sup>13</sup>

Les différentes charges de trafic sont représentées sur la carte ci-après. Les données du Service de la Mobilité du Canton (tronçon rouge) datent de la dernière campagne quinquennale soit 2015. La campagne 2020 s'est terminée en novembre 2020 et les résultats seront publiés en automne 2021. Les données des postes de comptages remontent à 2018.

<sup>13</sup> Source : Project Smart City, Transitec, Ville de Fribourg, Swisscom, 2017

La route cantonale traversant Marly est fortement sollicitée avec environ 16'000 véh/jour (trafic journalier moyen). Ce chiffre atteint même 18'400 véh/j au niveau du Pont de Pérolles en 2015. Le trafic de transit emprunte majoritairement la Route de la Fonderie avec plus de 14'000 véh/j. Le Boulevard de Pérolles est quant à lui traversé par entre 7'800 et 9'100 véh/j. La Route du Jura et l'Avenue Louis-Weck-Reynold sont également fortement utilisées par plus de 11'000 v/j respectivement 9'000 véh/j. Au niveau du carrefour de la Chassotte, ce sont même 19'200 véh/j qui l'empruntent. Le réseau routier au centre de Fribourg est déjà très fortement sollicité créant par conséquent de nombreuses congestions du trafic. Le Service de la Mobilité de l'Etat de Fribourg récolte et analyse les données en lien avec la mobilité.

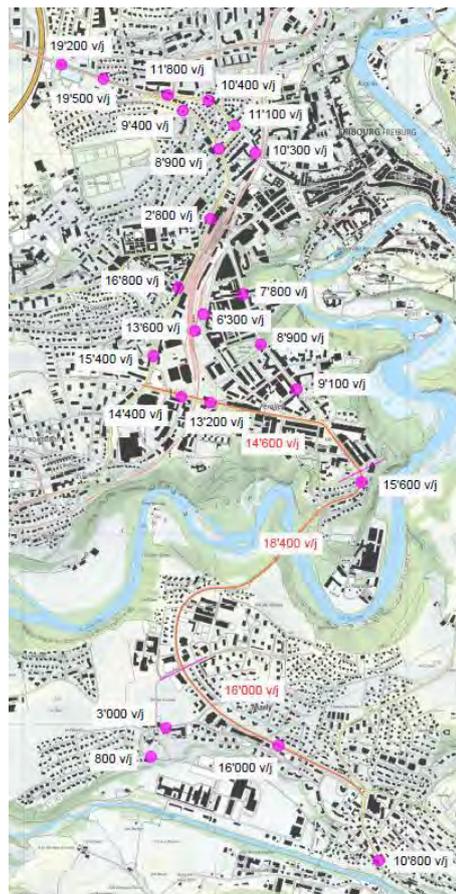


Figure 16 - TIM Charges de trafic

### Congestion

Dans l'agglomération, les pointes de trafic sont assez similaires à celles du canton. Le matin en semaine, l'heure de pointe est courte et conséquente tandis que l'heure de pointe du soir est plus étalée mais avec un sommet plus important que le matin. Le samedi, les pointes les plus significatives se situent entre 10 et 11 heures le matin et entre 15 et 17 heures le soir.

#### Agglomération de Fribourg

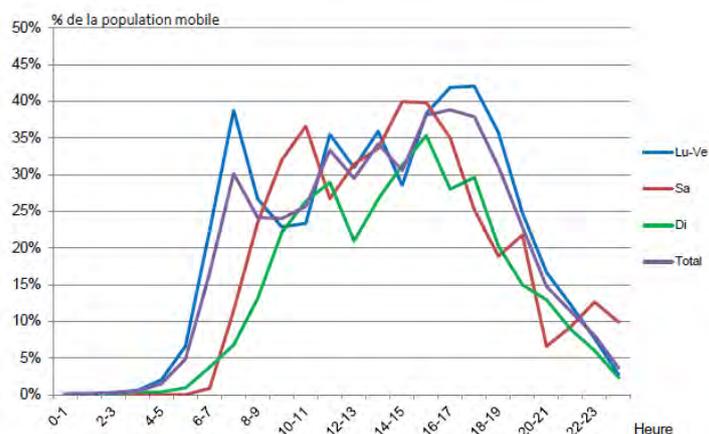


Figure 17 – Pointes de trafic selon les jours de la semaine (en %) <sup>14</sup>

Les informations concernant la fluidité du trafic sont basées sur les données récoltées par Google dans le cadre de cette étude car le but est d'avoir des ordres de grandeur et non une analyse complète sur le sujet. Les coordonnées géographiques sont récoltées par Google via les téléphones portables. Si beaucoup de signaux immobiles proviennent d'une route, des algorithmes les interprètent comme des bouchons. De manière générale, les zones congestionnées le soir sont quasiment identiques à celles du matin.

<sup>14</sup> Source : Microrecensement mobilité et transports 2015, Etat de Fribourg, SMO

Le matin, il peut être constaté que les problèmes de trafic se trouvent sans surprise au niveau de la sortie de l'autoroute A12, Fribourg Sud, ainsi que sur les axes principaux menant au centre-ville soit l'axe Givisiez – Jura, Villars-sur-Glâne – Avenue Midi. A Marly, la situation est moins critique mais des ralentissements sont toutefois observés en direction de Fribourg avant le Pont de Pérolles.

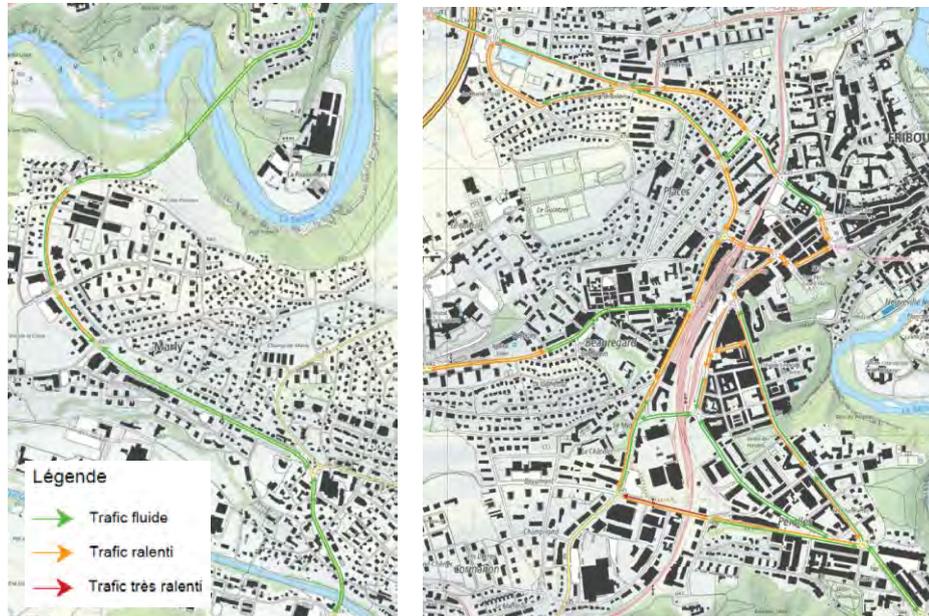


Figure 18 - Congestion matin Secteur 1 et Figure 19 - Congestion matin Secteur 2-3-4-5

Le soir, les axes Avenue du Midi et Pérolles sont très saturés. Les congestions se concentrent passablement dans l'hyper-centre. La Route de la Fonderie est l'axe principal pour se rendre de Villars-sur-Glâne à Marly. A Marly, la situation est plus compliquée le soir que le matin. La circulation est passablement ralentie dans les deux directions. De manière générale, il est important de préciser que les travaux routiers ont aussi un fort impact sur la fluidité de la circulation.



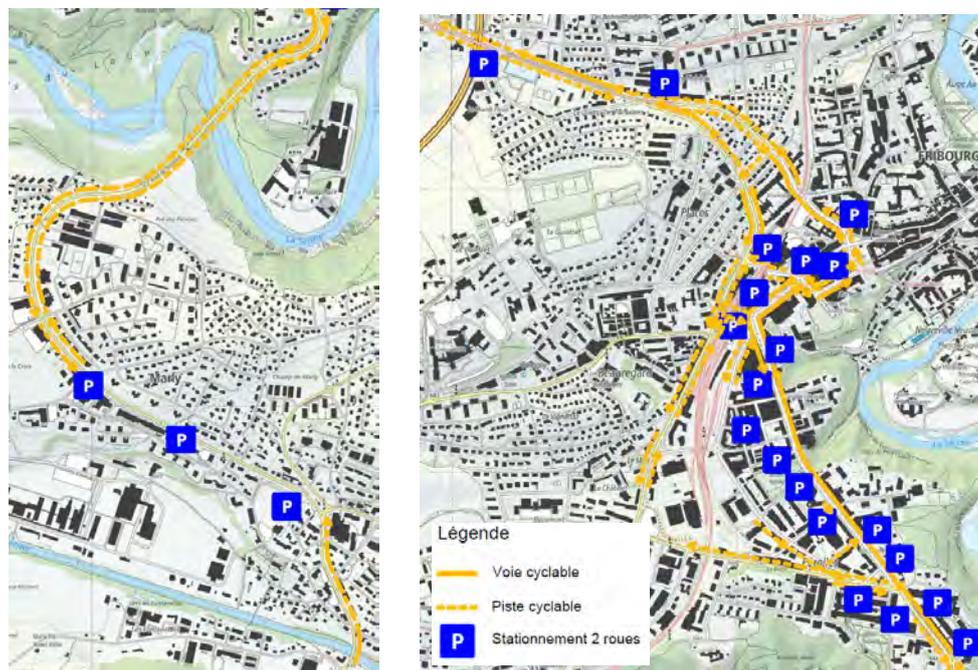
Figure 20 - Congestion soir Secteur 1 et Figure 21 - Congestion soir Secteur 2-3-4-5

### 2.3.2. Mobilité douce

A l'échelle de l'agglomération, un concept de mobilité douce a été établi et les mesures clés pour sa réalisation sont intégrées dans les Plans d'Agglomération de 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> génération. Le projet le plus emblématique est la création de la TransAgglo, un axe de mobilité douce traversant sept communes de l'Agglo et permettant de relier Düdingen à Rosé. Un service de vélos en libre-service est déployé par Publibike avec actuellement 23 stations réparties dans l'agglomération. Actuellement, sept stations Publibike se trouvent dans le périmètre étudié.

Plusieurs enquêtes menées par l'Association Pro-Vélo ont classé la Ville de Fribourg dans les mauvais élèves des « Villes cyclables ». Pourtant entre 2010 et 2018, les longueurs des aménagements cyclables ont été doublées. Pour pallier aux manques, la Ville a opté pour une stratégie de mobilité douce comprenant différentes mesures de planification, d'infrastructures et de promotion. Le Canton est également actif dans le développement d'aménagements cyclables sur son territoire.

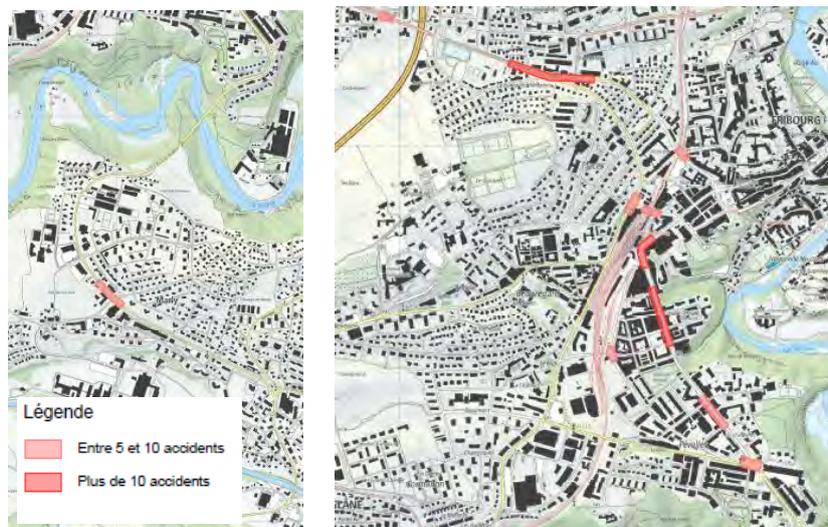
Des stationnements pour les vélos se trouvent tout au long du périmètre d'étude. La concentration la plus importante se situe sans surprise dans le secteur de la Gare. Des améliorations sont prévues dans les différents grands projets en cours de planification par la ville de Fribourg. Les cartes ci-dessous représentent les aménagements routiers pour les vélos actuellement en service. Une majorité des voies de bus sont partagées avec les vélos. Sur le Pont de Pérolles, la piste cyclable est séparée de la voie pour les bus. Dans le périmètre d'étude, les aménagements des voies cyclables manquantes sur le territoire de la commune de Marly sont en cours de réalisation sur la route cantonale.



**Figure 22 - Aménagements vélos - Secteur 1** **Figure 23 - Aménagements vélos - Secteur 2-3-4-5**

Les piétons quant à eux profitent de trottoirs continus de part et d'autre de la route sur l'ensemble du périmètre. La seule exception est le Pont de Pérolles dont une seule chaussée est équipée d'un trottoir. De nombreux passages pour piétons permettent de faire des traversées. Les carrefours à feux sont équipés de traversées piétonnes régulées. Il est intéressant de noter qu'aucune traversée régulée ne se situe entre la gare et le carrefour Botzet sur le Boulevard de Pérolles.

Au sujet de la sécurité des piétons et vélos, les zones avec plus de cinq accidents impliquant des piétons et des cyclistes depuis 2011 ont été identifiées sur les cartes suivantes.



**Figure 24 - Sécurité piétons et vélos – Secteur 1 et Figure 25 - Sécurité piétons et vélos – Secteur 2-3-4-5**

A Marly, la zone autour de l'arrêt Jonction est problématique avec plusieurs accidents dénombrés. Les giratoires sont sources de danger autant pour les vélos que les piétons. Le giratoire de Charmettes est également dangereux ainsi que le secteur à proximité du carrefour Botzet. Une explication possible est l'importante présence d'étudiants et d'élèves qui traversent la route à ces deux endroits stratégiques après leur descente du bus. Le tronçon du Boulevard de Pérolles entre la gare et les jardins de Pérolles ainsi que la Place de la Gare mais également la zone côté Tivoli sont des secteurs très dangereux. La circulation des voitures ainsi que des bus y est très importante tout comme la présence des piétons et cyclistes créant donc des conflits entre les flux et provoquant des accidents. Les vélos et les bus circulent sur la même voie pouvant créer des situations compliquées. Le carrefour de Vuille est aussi problématique et les accidents y sont malheureusement nombreux. Sa configuration actuelle n'est pas idéale en terme de sécurité pour la mobilité douce. La charge de trafic de tous les endroits cités ci-dessus est très conséquente et participe forcément à l'augmentation des risques d'accidents.

### 2.3.3. Transports publics

La carte ci-après représente l'accessibilité en transports publics basée sur le modèle du trafic voyageurs (MNTP) du DETEC<sup>15</sup>. Les éléments pris en compte dans le calcul et l'attribution des points se rapportent au temps de parcours en transports publics d'une zone à l'autre tout en considérant le nombre d'habitants et d'emplois dans la zone de destination. Les temps des parcours en transports publics comprennent le temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt ainsi que le temps à bord du transport public. Evidemment la zone autour de la gare et au centre-ville profite d'un très bon accès TP. C'est également le cas mais à moindre mesure pour le Plateau de Pérolles et le quartier de Torry. Marly est bien moins accessible. N'ayant pas de gare ferroviaire, les temps de parcours sont plus élevés par bus. Il est important de conserver et idéalement d'augmenter l'accessibilité TP grâce à un transport à haute capacité.

<sup>15</sup> DETEC : Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication

Actuellement, les temps de parcours sont aussi péjorés par la multiplicité des arrêts de bus parfois proches les uns des autres. Ces temps de parcours doivent absolument être attractifs.

L'analyse de l'offre se base sur l'horaire 2020. Les fréquentations sont tirées des données 2019 afin qu'elles ne soient pas faussées par l'impact du COVID. Il est aussi important de noter que le parcours de la ligne 7 est modifié entre 2019 et 2020 à cause de travaux près du terminus « Villa Beau-Site ». Les bus de nuit ne sont pas considérés dans les chiffres de fréquentations. Pour information, les lignes 1 à 7 sont des lignes urbaines (TUV : trafic urbain voyageurs), les lignes 9 et 11 sont du trafic agglomération voyageurs (TAV) et la ligne 8 est une ligne du trafic régional additionnel voyageurs (TRAV, soit avec un financement mixte TRV et trafic local). Les lignes avec une numérotation supérieure à 100 sont du trafic régional voyageurs (TRV).

Le RER Fribourg/Freiburg constitue la colonne vertébrale du réseau de transports publics dans l'agglomération de Fribourg. Il dessert actuellement les gares de Fribourg/Freiburg, Fribourg Poya, Givisiez, Belfaux CFF, Belfaux-Village, Rosé, Matran, Villars-sur-Glâne ainsi que Düdingen. Dès 2023, les gares de Rosé et Matran seront remplacées par la nouvelle gare Avry-Matran. L'axe Fribourg-Marly est donc manquant dans cette structure de base. De nombreuses lignes de bus sont à considérer dans le périmètre étudié. Les lignes régionales ne desservent pas tous les arrêts à l'intérieur du périmètre de l'agglomération. Toutes les lignes sont de type radiale et donc passent par la Place de la Gare et/ou la Gare routière.

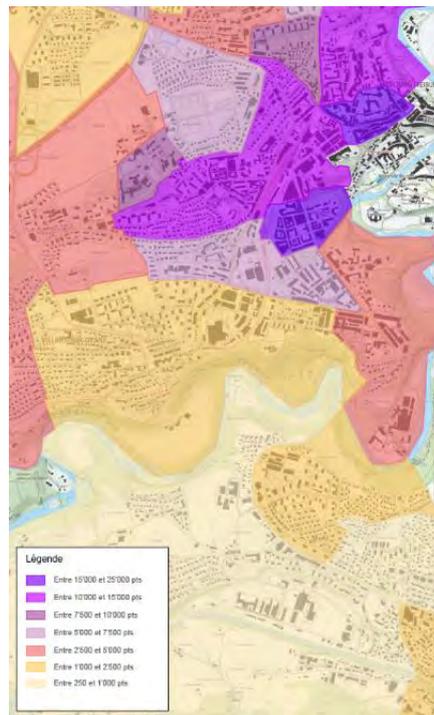


Figure 26 - Accessibilité TP

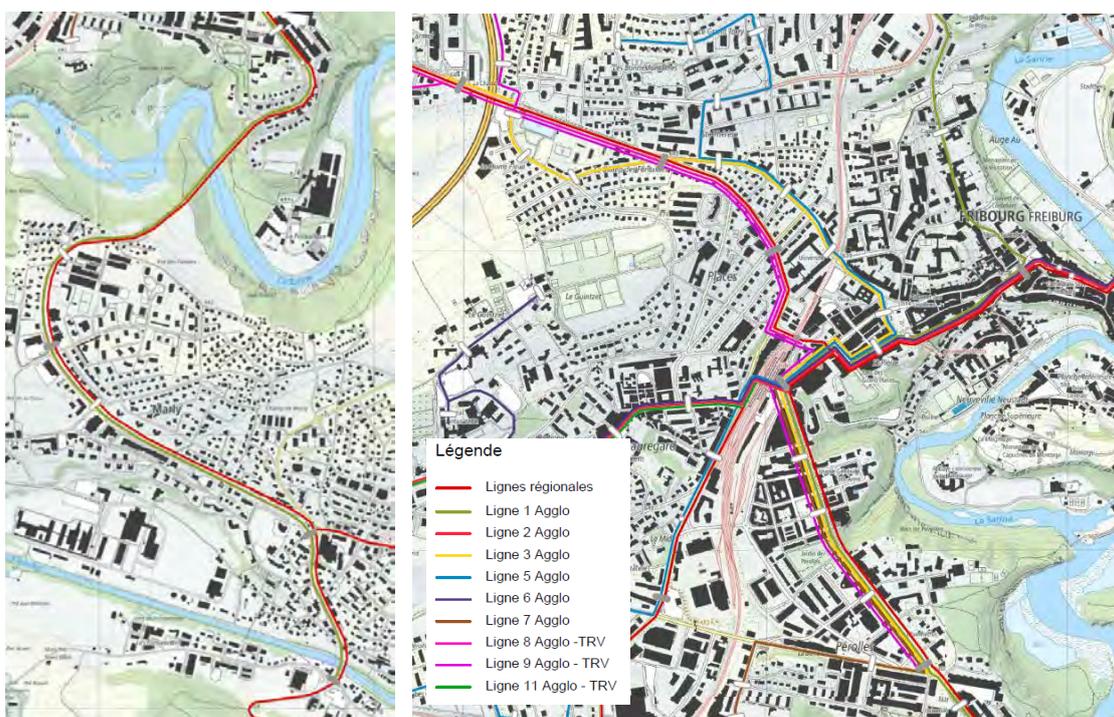


Figure 27 - Plan des lignes - Secteur 1 et Figure 28 - Plan des lignes - Secteur 2-3-4-5

Tableau 13 - Lignes TP du périmètre

N°	Nom	Cadence semaine scolaire HP / HC	Cadence sa / di	Type vhc
1	Marly - Pérolles – Gare - Portes-de-Fribourg	7.5 min	10 min / 15 min	Trolley batt 18m
3	Mont-Carmel - Gare - Pérolles	15 min	15 min	Trolley 18m
5	Villars-sur-Glâne, gare – Fribourg, gare - Torry	7.5 min <sup>16</sup>	7.5 min / 15 min <sup>17</sup>	18 m urbain
7	Cliniques – Gare	30 min	30 min	12 m urbain
8	Fribourg – Givisiez - Corminboeuf	15 min	30 min	18 m régio
9	Pérolles – Jo-Siffert	30 min	60 min	18 m régio
100	Marly, Epinettes – Marly, Innovation Center	30 min	-	Navettes automatisées
129	Fribourg – Marly – Giffers – Plaffeien	30 min / 60 min	60 min	18 m régio
231	Fribourg – Le Mouret - Bonnefontaine	13 paires	8 paires / 4 paires	18 m régio
233	Fribourg – Treyvaux, Le Pratzey	30 min / 60 min irr.	60-90 min	18 m régio
234	Fribourg – La Roche – Bulle	30 min / 60 min	60 min	18 m régio
245	Fribourg – La Roche – Charmey – Jaun – Boltigen	3 paires	3 paires	18 m régio
544	Fribourg – Avenches – Domdidier - Gletterens	60 min	5 paires + 1 sa soir	18 m régio
545	Fribourg – Misery - Courtepin	11.5 paires	5 paires	18 / 12 m régio

## Réseau urbain

La ligne 1 est une ligne structurante de l'axe nord-sud de l'Agglo reliant ainsi Granges-Paccot à Marly en passant par le centre-ville de Fribourg et la gare. Elle permet aux habitants de Marly de profiter d'une cadence attractive pour rejoindre le centre de Fribourg. Sur l'axe de Pérolles, l'offre est complétée par les lignes 3 et 9 ainsi que la ligne 7 permettant d'accéder à la Fondation Villa Beau-Site. Sur le tronçon Gare-Charmettes, un bus circule à maximum 5 minutes d'intervalle. La ligne 3 jouit d'une cadence 15 minutes tandis que les lignes 7 et 9 d'une cadence 30 minutes. L'axe Gare – Jura est desservi d'une part par les lignes 3 et 5 via la Place Georges Python et par les lignes 8 et 9 via l'Avenue Weck-Reynold. Toutes les lignes citées sont exploitées avec des bus articulés de 18 mètres à l'exception de la ligne 7 exploitée avec des bus 12 mètres dans l'horaire 2021 actuellement en vigueur. Les schémas ci-dessous montrent la densité de l'offre sur le Boulevard de Pérolles et à Mont-Carmel.

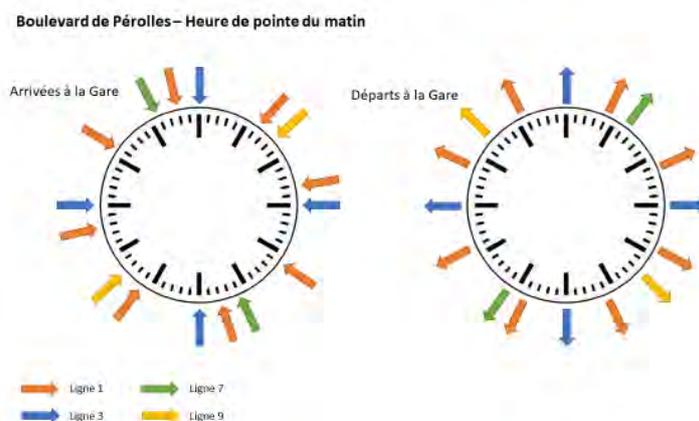


Figure 29 - Axe Pérolles - Arrivées et départs Gare

<sup>16</sup> Sur le tronçon commun

<sup>17</sup> Sur le tronçon commun

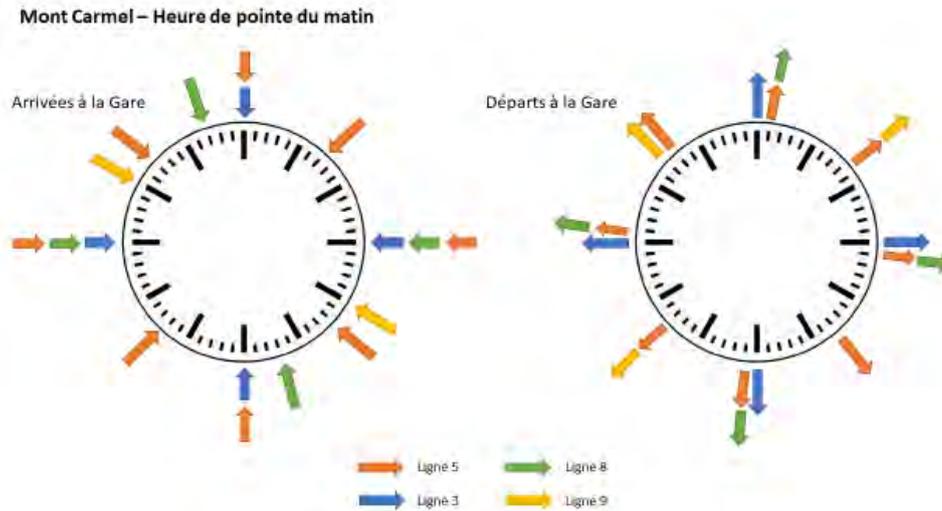


Figure 30 - Axe Jura - Arrivées et départs Gare

### Réseau régional

Concernant les lignes régionales traversant le périmètre étudié, elles empruntent les axes Marly – Gare et Mont-Carmel - Weck-Reynold – Gare. Les lignes régionales doivent offrir de bonnes correspondances avec le réseau ferroviaire. Elles ont donc des tracés directs pour atteindre la gare. Comme elles ne desservent pas tous les arrêts de l'Agglo, elles offrent également des courses supplémentaires un peu plus rapides pour les habitants de Marly (lignes 129, 231, 233, 234, 245) et les étudiants du Plateau de Pérolles par exemple. Les lignes régionales 129, 233, 234 possèdent une cadence de 30 minutes aux heures de pointe et de 60 minutes aux heures creuses en semaine tandis que la ligne 544 a une cadence horaire sur toute la journée. Les courses des lignes 231, 245 et 545 sont effectuées à l'heure de pointe avec 13 paires de courses pour la 231, 3 paires de courses pour la 245 et 11.5 paires de courses pour la 545. Les lignes régionales sont majoritairement exploitées avec des bus de 18 mètres. Des bus de 12 mètres circulent parfois aux heures creuses sur certaines de ces lignes.

Actuellement, seules les lignes régionales sont considérées dans le QMS<sup>18</sup> et sont jugées selon leur ponctualité. La propreté des véhicules, des arrêts, le comportement du chauffeur et la qualité de l'informations aux voyageurs sont notés par des clients mystères. Un service des TPF travaille sur l'analyse de ces informations et déterminent les mesures d'améliorations à mettre en place.

Pour une meilleure compréhension des fréquentations, différents tronçons ont été définis selon le tableau et le schéma ci-dessous. Le nombre d'arrêts prend également en compte les arrêts terminus.

<sup>18</sup> QMS : Quality mess system : Système de mesure de la qualité mis en place par l'OFT

Tableau 14 - Résumé de l'offre sur axes principaux

N° Axe	Nom Axe	Nbre arrêts urbains	Nbre arrêts régio	Lignes
A	Marly, Gérine <-> Charmettes	7 / 6	3 / 3	1, 129, 231, 233, 234, 245
B	Villa Beau Site <-> Charmettes	4 / 4	-	7
C	Charmettes <-> Gare	5 / 5	2 / 2	1, 3, 7, 9, 129, 231, 233, 234, 245
D	Gare <-> Vuille via St-Pierre	6 / 6	-	3, 5 <sup>19</sup>
E	Gare <-> Vuille via Weck-Reyn	-	3 / 4	8, 9, 544, 545
F	Vuille <-> Mt-Carmel via Rte Broye	4 / 5	-	3
G	Vuille <-> Mt-Carmel via Rte Jura	2 / 2	2 / 2	8, 9, 544, 545

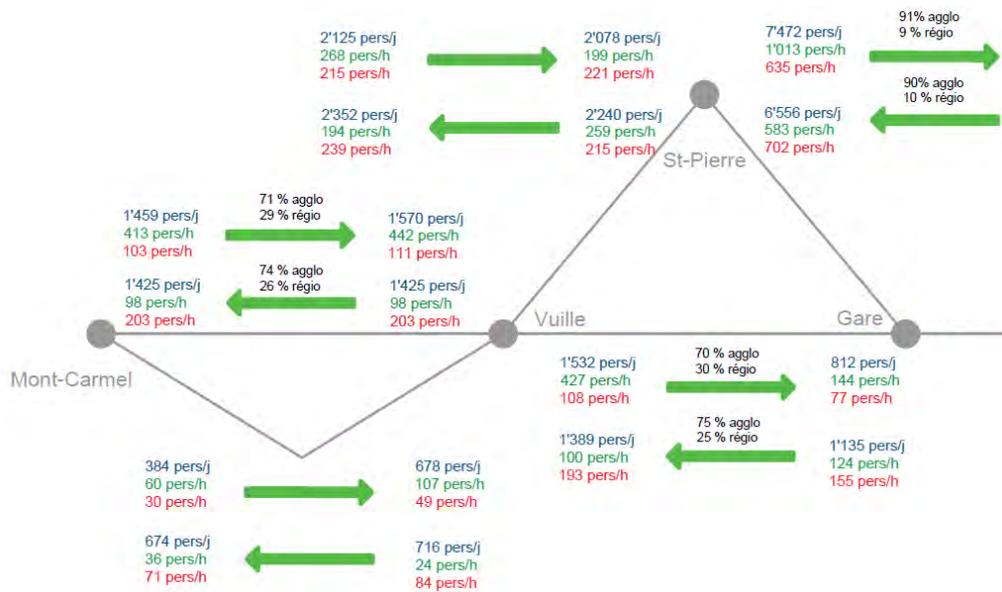


Figure 31 - Fréquentations Partie 1

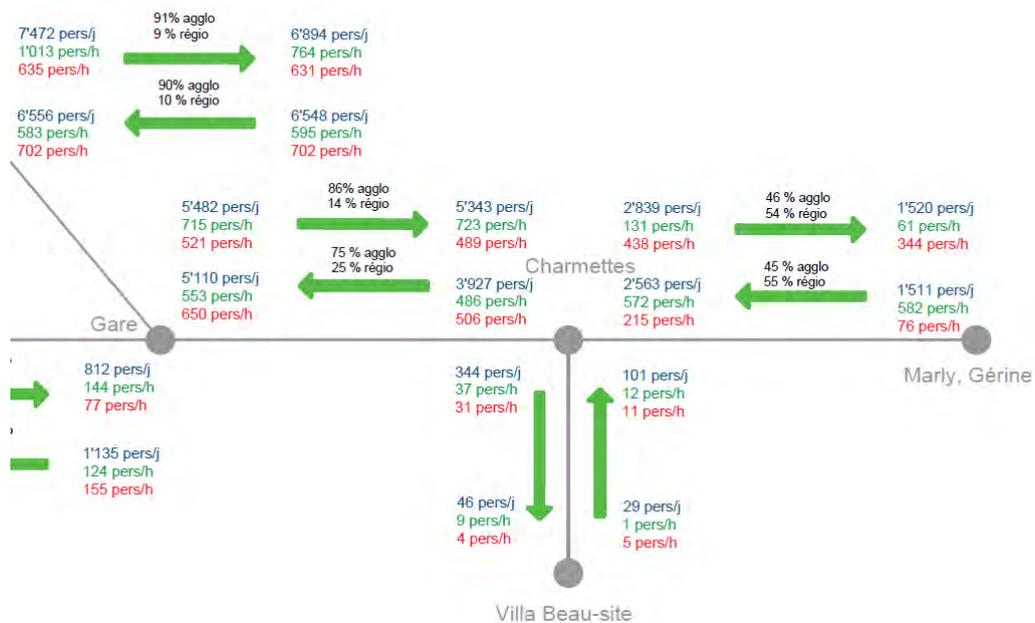
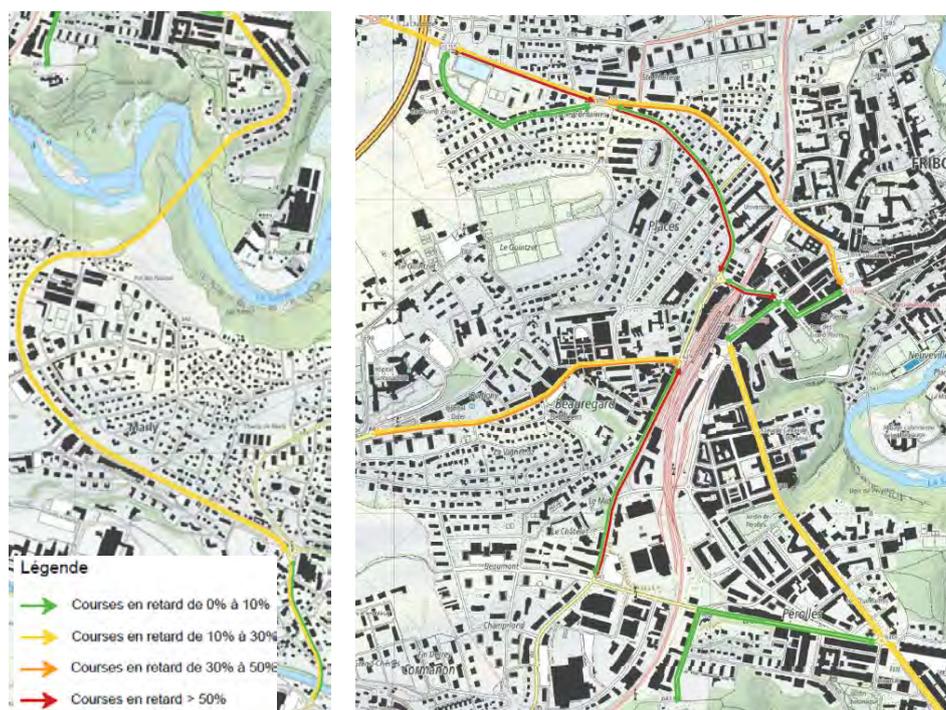


Figure 32 - Fréquentations Partie 2

<sup>19</sup> Pour le tronçon Gare – St-Pierre les lignes suivantes sont également considérées : 1, 2, 6, 123, 124, 127, 181, 182

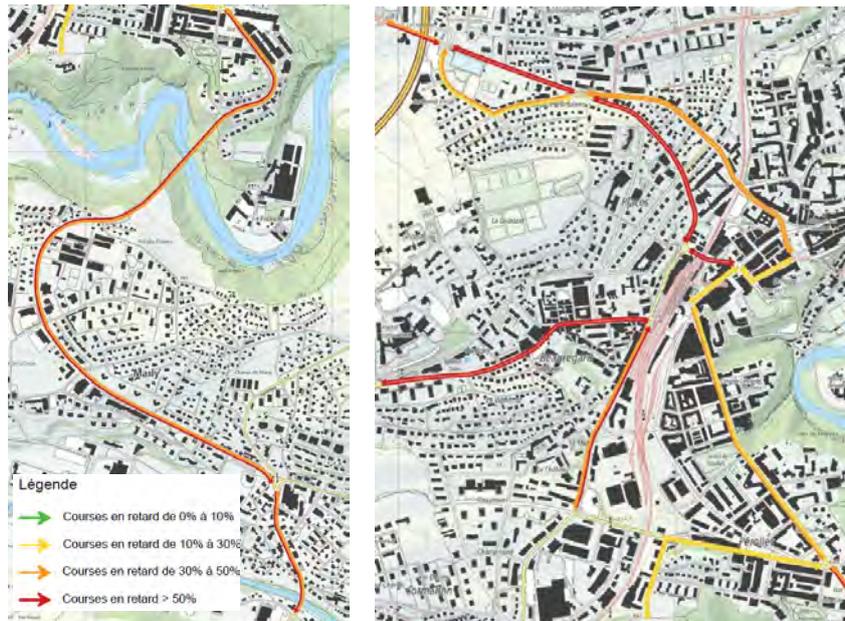
Le tronçon le plus chargé est l'axe Gare – St-Pierre en plein centre-ville. Les axes Marly – Pérolles – Gare et St-Pierre – Vuille sont également bien fréquentés. Aux heures de pointe, jusqu'à 23 bus par heure et par sens circulent entre la gare et Charmettes avec une moyenne de passagers de 31.4 par véhicule et 15 bus par heure et par sens entre Charmettes et Marly avec une moyenne de 38.9 passagers à bord. Certaines courses peuvent être saturées et nécessitent la mise en place de bus de renfort.

La ponctualité des bus urbains et régionaux a aussi été analysée en prenant en compte le pourcentage de courses en retard à l'heure de pointe du matin, soit entre 6h et 9h et à l'heure de pointe du soir entre 16h et 19h. L'heure de pointe du matin pose globalement moins de problèmes que l'heure de pointe du soir. Le matin, l'Avenue Weck-Reynold, la Route du Jura et l'Avenue du Midi en direction de la gare sont les axes où les retards s'accumulent. La situation sur Marly est acceptable sans tenir compte des chantiers routiers.



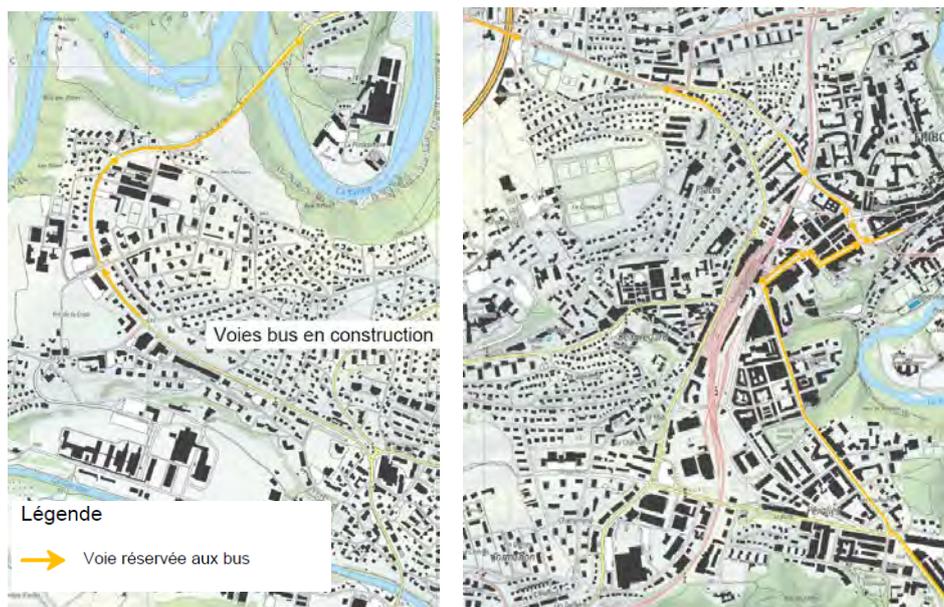
**Figure 33 - Ponctualité TP matin - Secteur 1 et Figure 34 - Ponctualité TP matin - Secteur 2-3-4-5**

Le soir, tous les tronçons sont concernés par des retards. La circulation en direction de Marly est très compliquée ainsi que sur l'axe Jura – Weck-Reynold. L'axe Beauregard – Avenue du Midi n'échappe pas au retard des lignes régionales et urbaines. Sur Pérolles, il peut être constaté que la voie de bus en direction de la gare a un effet positif sur la ponctualité ce qui n'est clairement pas le cas dans l'autre direction sans voie bus où la situation est plus péjorée lorsque les pendulaires cherchent à sortir du centre-ville le soir notamment.



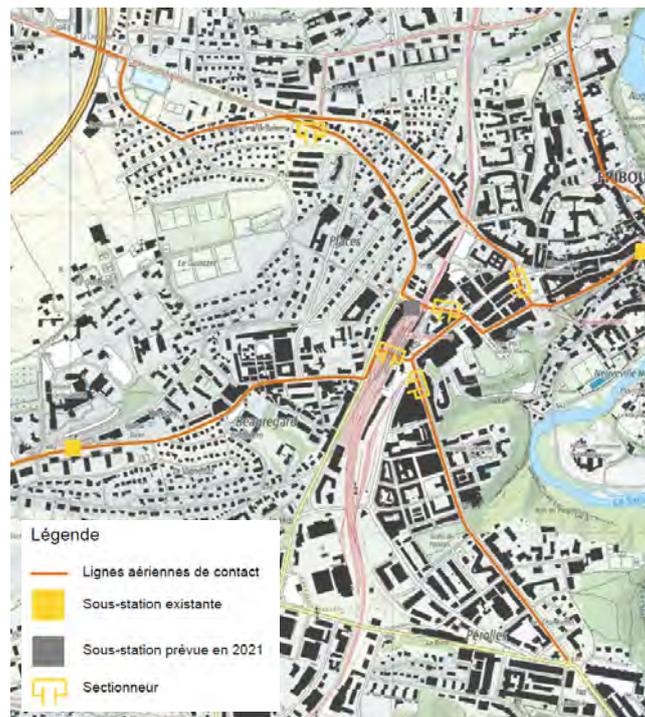
**Figure 35 - Ponctualité TP soir - Secteur 1 et Figure 36 - Ponctualité TP soir - Secteur 2-3-4-5**

Des voies de bus sont aménagées sur environ 4,45 kilomètres (sans l'aménagement en cours à Marly) sur environ 19 kilomètres de routes bidirectionnelles empruntées dans le périmètre d'étude. L'analyse de la ponctualité révèle que les aménagements pour que les bus soient prioritaires ne sont pas suffisants. Les bus sont malheureusement coincés dans les bouchons ne participant pas à rendre ce mode de transport plus attractif que la voiture. Des mesures d'aménagements sont prévues dans les Plans d'Agglo de 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> génération. Par exemple, à Marly, des tronçons supplémentaires de voies de bus sont en cours de construction en direction de Fribourg. Les TPF sont également en train de déployer un nouveau système de priorisation des bus aux feux de signalisation afin d'améliorer la ponctualité des lignes. Un centre d'exploitation se trouve au siège des TPF à Givisiez et a pour tâches de gérer la circulation des bus grâce à des outils leur permettant de voir leur position et leur retard en direct. Les opérateurs peuvent prendre des mesures d'exploitation afin d'améliorer la ponctualité et gérer au mieux les imprévus du trafic en temps réel.



**Figure 37 – Voies bus - Secteur 1 et Figure 38 – Voies bus - Secteur 2-3-4-5**

En termes d'infrastructures, des lignes électriques pour trolleybus surplombent plusieurs tronçons. Dans le secteur étudié, la ligne 3 est totalement électrifiée et la ligne 1 est équipée sur environ un tiers de son parcours. Des trolleybus conventionnels et des trolleybus à batterie utilisent les lignes et roulent ainsi en traction électrique. Quatre sous-stations alimentent le réseau de lignes de contact en électricité. Une cinquième sous-station devrait être construite à la gare routière en 2022 afin d'assurer une augmentation de la consommation électrique induite par la mise en service de trolleybus à batterie supplémentaires. Ce réseau de lignes de contact doit continuellement être entretenu et renouvelé ce qui implique des coûts importants à considérer dans le choix de nouvelles technologies de traction.



**Figure 39 - Infrastructures électriques existantes**

Concernant l'exploitation à proprement parler, il est intéressant de considérer certains éléments issus de l'expérience des TPF. Actuellement, les bus du réseau Agglo et une partie des bus régionaux sont stockés et entretenus sur le site des TPF à Givisiez. La grande majorité des véhicules urbains sortent le matin et ne rentrent que le soir à la fin du service. Certains véhicules de renforts sont utilisés uniquement durant les heures de pointe du matin et du soir. Ceci implique des trajets à vide (hauts-le-pied) entre la gare et le dépôt de Givisiez. Les relèves des chauffeurs s'opèrent soit directement au dépôt soit à la gare de Fribourg. Ces informations sont à considérer dans l'étude car elles peuvent avoir des impacts importants sur les coûts du potentiel mode lourd à haute capacité ainsi que sur la planification d'un éventuel nouveau dépôt suivant le mode choisi. La formation des chauffeurs ainsi que la maintenance des véhicules et des infrastructures sont des points très importants à ne pas négliger lors de la mise en service d'un nouveau type de véhicules car ils influencent le planning et les coûts. C'est pourquoi les contraintes d'exploitation du futur mode lourd à haute capacité sont traitées dans le chapitre 7.

## 2.4. Eléments clés à retenir

Les éléments clés par catégorie à retenir du chapitre 2 sont cités ci-dessous :

- Urbanisation : Les secteurs Gare - Marly et Gare - Vuille sont très denses en terme d'habitants et d'emplois
- Modes de transport
  - Un nombre important de pendulaires vient travailler en voiture dans l'Agglo.
  - Il n'y a pas de réseau RER structurant en direction de Marly. Il s'agit d'un maillon manquant.
  - La vitesse commerciale des TP n'est pas assez attractive.
  - Les taux d'utilisation des transports publics et des modes doux (vélos et piétons) sont inférieurs à ceux d'autres agglomérations suisses.
  - Les modes doux manquent de sécurité et d'attractivité.

Sur la base de ces constatations, les objectifs suivants du mode de transport lourd à mettre en place peuvent être déduits :

- S'adapter aux besoins actuels et futurs en terme de démographie et emplois en offrant une couverture TP efficace
- Création d'un lien avec les zones d'activités en développement
- Diminution de la charge de trafic induite par le TIM au cœur de l'Agglo
- Augmentation de la vitesse commerciale TP
- Cohabitation sûre et attractive avec les vélos et les piétons en intégrant des aménagements spécifiques

Ces objectifs rejoignent les objectifs généraux du Canton présentés au chapitre 1.2 soit un report modal sur les transports publics, un système de transports publics plus efficace et l'atteinte des objectifs climatiques.

## 3. Analyse de la demande future

L'analyse de la demande future se base sur des projections de la démographie et des emplois dans l'agglomération ainsi que le développement des zones d'activités. La stratégie de mobilité du PA4 est également considérée dans les réflexions.

### 3.5. Evolution démographique et emplois

Les données utilisées dans ce chapitre proviennent des études réalisées dans le cadre de l'élaboration du PA4 par l'Agglomération et servent de base pour la détermination de la demande future.

L'évolution démographique de l'Agglo se base sur le Plan directeur cantonal approuvé en 2018. Il vise à concentrer au maximum la croissance des 20 prochaines années à l'intérieur du périmètre actuel de l'Agglo. L'évolution démographique et d'emploi est divisée en deux étapes : la première jusqu'en 2032 et la seconde de 2032 à 2040 correspondant aussi à l'horizon de projection d'un mode de transport lourd à haute capacité.

Concernant la première étape jusqu'en 2032, il est prévu un développement principalement à l'intérieur des zones à bâtir actuelles. Les sites stratégiques, les boulevards et les zones les

mieux desservies par les transports publics seront logiquement privilégiées. Environ 35'000 habitants et 30'000 emplois supplémentaires sont attendus d'ici 2032. Les projections effectuées sur les déplacements prévoient que le réseau de transport public actuel pourra absorber l'augmentation moyennant des améliorations de cadences et des temps de parcours notamment. Les boulevards définis dans le PA4 et se trouvant dans le périmètre d'étude sont : Pérolles-Marly, Fribourg-Villars-sur-Glâne – Avry et Fribourg-Givisiez – Belfaux.

La deuxième étape s'étalant de 2032 à 2040 prévoit une augmentation de 15'000 habitants et de 10'000 emplois. Cette croissance engendrera une densification et d'éventuelles extensions des zones à bâtir. Dès lors, un moyen de transport lourd sur les axes principaux devra être mis en service afin d'absorber les déplacements supplémentaires.

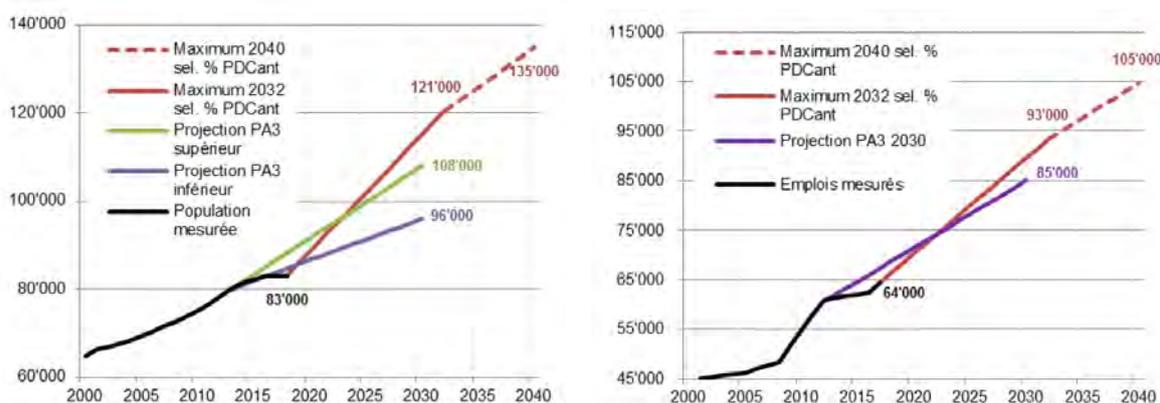


Figure 40 - Projections démographiques et Figure 41 - Projections des emplois<sup>20</sup>

Toutes les communes de l'Agglomération sont touchées par l'augmentation démographique des années à venir. Il est donc primordial de combler les lacunes existantes du réseau de transport public urbain à court terme avant même l'arrivée d'un mode lourd. De fortes augmentations sont notamment prévues à Givisiez, Villars-sur-Glâne et Marly comme l'indique le tableau suivant.

Tableau 15 - Evolution de la démographie et des emplois par communes

Communes	% augm. hab.	% augm. Empl.	% augm. total
Avry	+ 42 %	+ 21 %	+ 34 %
Belfaux	+ 31 %	+ 18 %	+ 29 %
Corminboeuf	+ 32 %	+ 17 %	+ 27 %
Fribourg	+ 32 %	+ 6 %	+ 21 %
Givisiez	+ 31 %	<b>+ 46 %</b>	+ 41 %
Granges-Paccot	+ 32 %	+ 15 %	+ 24 %
Marly	+ 35 %	<b>+ 39 %</b>	+ 36 %
Matran	+ 46 %	+ 9 %	+ 33 %
Villars-sur-Glâne	+ 12 %	<b>+ 57 %</b>	+ 40 %

Dans le périmètre de la présente étude, les données sont extrapolées afin d'obtenir des ordres de grandeur en termes de démographie et d'emplois dans les secteurs analysés dans les chapitres précédents. L'étape 1 représente ainsi une augmentation d'environ 9'000 habitants et 12'500 emplois et l'étape 2, 3'900 habitants et 4'100 emplois. Cette extrapolation ne tient pas compte des densifications particulières le long des boulevards principaux. Il s'agit d'une estimation permettant d'avoir une représentation des enjeux. La carte ci-après permet de localiser de manière plus précise les secteurs qui auront une forte densité d'habitants et

<sup>20</sup> Source : Rapport du Projet d'agglomération de 4<sup>ème</sup> génération (PA4)

d'emplois à l'horizon 2040. Les secteurs les plus denses correspondent aux principaux boulevards et également au périmètre de la présente étude.

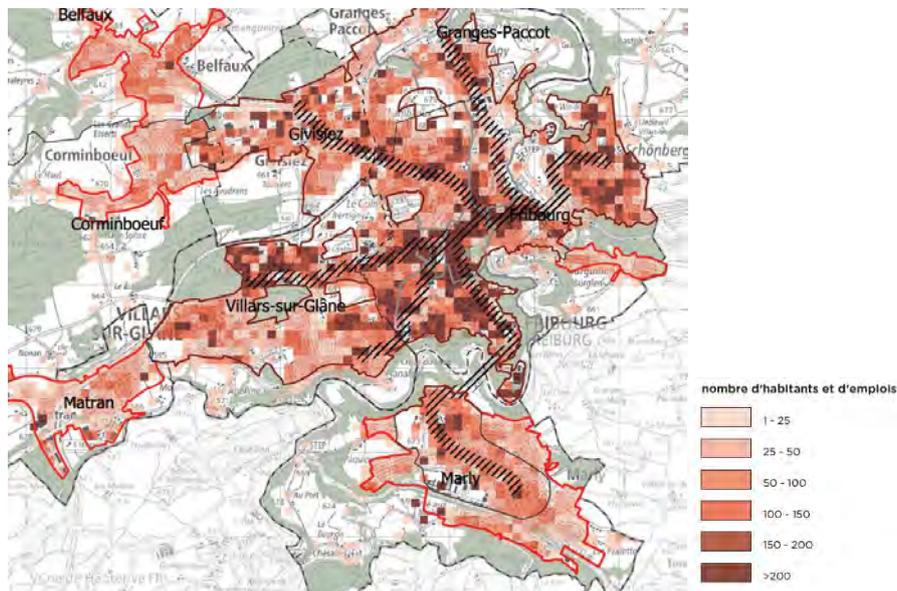


Figure 42 - Bilan théorique total - densité humaine à l'hectare<sup>21</sup>

### 3.6. Développements planifiés de zones et impacts

Certaines zones d'activités vont se développer très fortement et nécessitent une attention particulière en terme de desserte en transports publics. Ces zones ont été identifiées dans les plans d'agglomération et dans le Plan directeur cantonal. Ces dernières sont classées en trois catégories :

- Sites à fort potentiel de développement (SFPD)
- Installations à forte fréquentation
- Zones d'activités

Les sites à fort potentiel de développement concernent les secteurs suivants du périmètre d'étude : Bertigny et Moncor (Villars-sur-Glâne), MIC (Marly) et Daillettes-Fonderie-Pérolles et le secteur Gare (Fribourg). Le développement de ces zones est prioritaire d'ici 2040.

<sup>21</sup> Source : densification des axes fonctionnels, analyse et méthodologie, Agglo

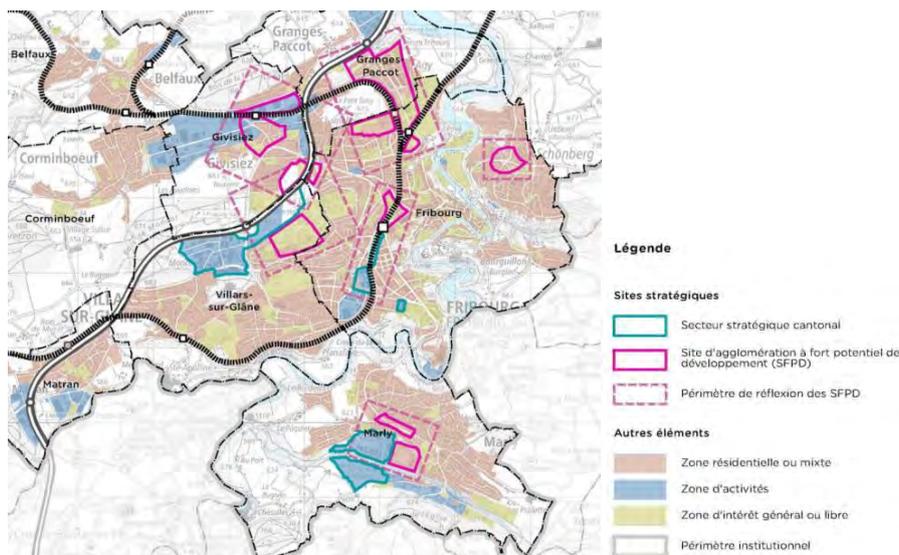


Figure 43 - Secteurs stratégiques cantonaux et sites d'agglomération à fort potentiel de développement<sup>22</sup>

Les installations à forte fréquentation regroupent les secteurs où plus de 2'000 déplacements sont effectués par jour. Il s'agit notamment des centres commerciaux, de loisirs, d'attractions touristiques, des grandes entreprises et des bâtiments publics. Actuellement, ces zones sont déjà bien desservies par les transports publics. Dans le secteur étudié, il s'agit de la zone de Moncor à Villars-sur-Glâne, de Jo-Siffert à Givisiez et de Corbaroche-Chésalles à Marly. A terme, des développements importants devraient intervenir sur les installations liées à la culture et à la logistique.

Différentes zones d'activités sont en cours de réaffectation pour devenir des zones mixtes et subiront un développement conséquent ces prochaines années. Dans le secteur étudié, il s'agit des zones suivantes<sup>23</sup> :

- Marly Ancienne Papeterie
- Givisiez CIG Est
- Villars-sur-Glâne Moncor Sud
- Marly, Parc des Falaises
- Fribourg Pisciculture

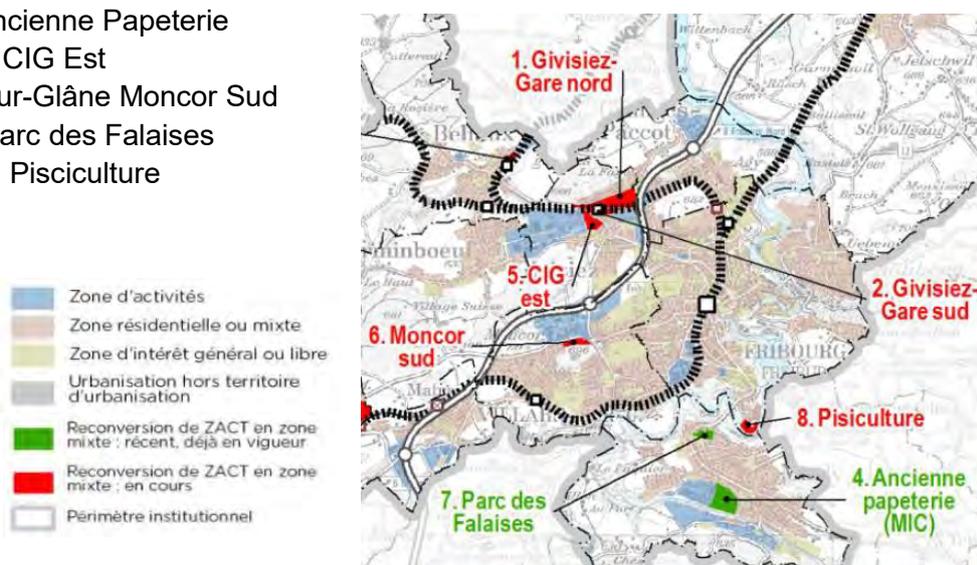


Figure 44 - Zones d'activités reconverties en zones mixtes

<sup>22</sup> Source: PA4

<sup>23</sup> Source : PA4

Les zones situées à Marly ont un déficit d'accessibilité mais la liaison Marly-Matran devrait remédier à ce manque pour le trafic individuel motorisé. Il est espéré que le report du trafic TIM améliorera la situation des transports publics en contrepartie. Il sera toutefois nécessaire de connecter ces secteurs aux transports publics de manière optimale.

La carte ci-dessous est une synthèse des zones d'activités et sert de référence pour les zones à considérer dans les variantes proposées dans les chapitres suivants.

Concernant la zone de Bertigny-Chamblieux, son développement dépend du projet de couverture de l'autoroute A12 entre les jonctions de Fribourg Sud et Fribourg Nord. Son développement est séparé en deux secteurs distincts. Le secteur Bertigny/Pôle Santé est le secteur proche de la sortie d'autoroute qui devrait accueillir le Pôle Santé. Quant au secteur Chamblieux, il s'agit de la partie nord-est de la zone qui accueillera un quartier majoritairement résidentiel.

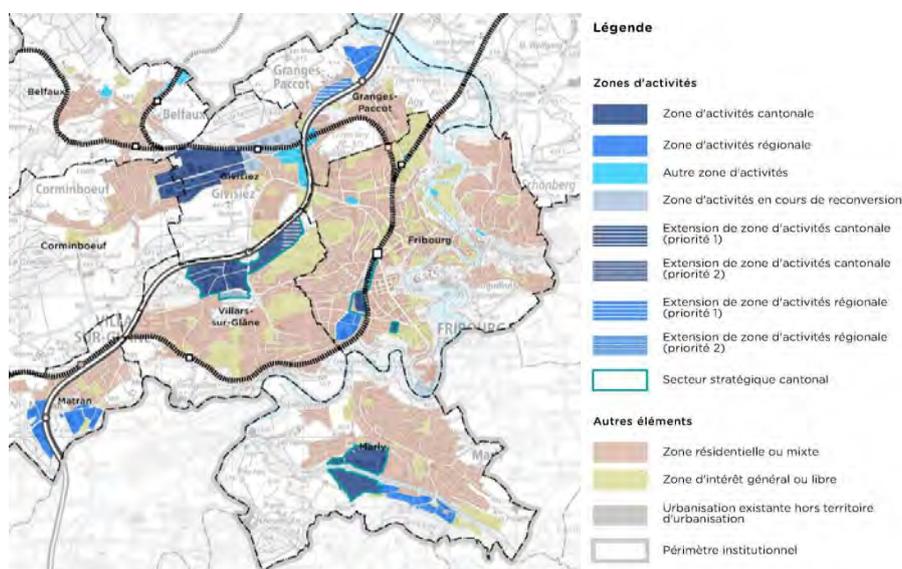


Figure 45 - Synthèse indicative des zones d'activités<sup>24</sup>

### 3.7. Stratégie de mobilité selon le projet d'agglomération de 4<sup>ème</sup> génération

Différents points de la stratégie de mobilité du PA4 méritent d'être relevés car directement en lien avec cette étude. A long terme, la mobilité de manière générale devrait être multimodale et ambitieuse. Des développements conséquents de l'offre en transports publics devront être mis en place dans le but d'absorber l'augmentation des déplacements. Le PA4 ambitionne de reporter tous les déplacements supplémentaires sur les transports publics et la mobilité douce (vélos et piétons).

La stratégie du PA4 vise en premier lieu un important report modal sur le réseau du RER Fribourg|Freiburg puis sur le réseau de bus urbains et le vélo. La valorisation du réseau ferroviaire passera par la création des nouvelles haltes d'Agy et d'Avry-Matran. Des gares routières seront également créées dans les nœuds principaux. La future liaison Marly-Matran permettra de diminuer la pression du trafic individuel motorisé sur le Boulevard de Pérolles. Il est espéré que la part modale des transports publics passe de 16 à 25% d'ici 2040 notamment

<sup>24</sup> Source : PA4

grâce à une desserte minimale dans l'ensemble de l'Agglo d'une cadence de 15 minutes et de 10 minutes aux heures de pointe, respectivement 7.5 minutes sur les axes principaux. Les analyses relèvent également que les axes Fribourg-Marly, Fribourg-Moncor et Fribourg-Jura seront très chargés par le trafic individuel motorisé.

Concernant les plateformes multimodales et plus particulièrement les P+R, l'objectif quantitatif est de capter entre 2 et 4 % des pendulaires au lieu des quelques 1.5% actuels. Le P+R de Marly-Corbaroche est particulièrement attractif car idéalement situé pour les pendulaires du Plateau du Mouret.

La carte ci-dessous indique approximativement l'emplacement stratégique futur souhaité des P+R de l'Agglomération.

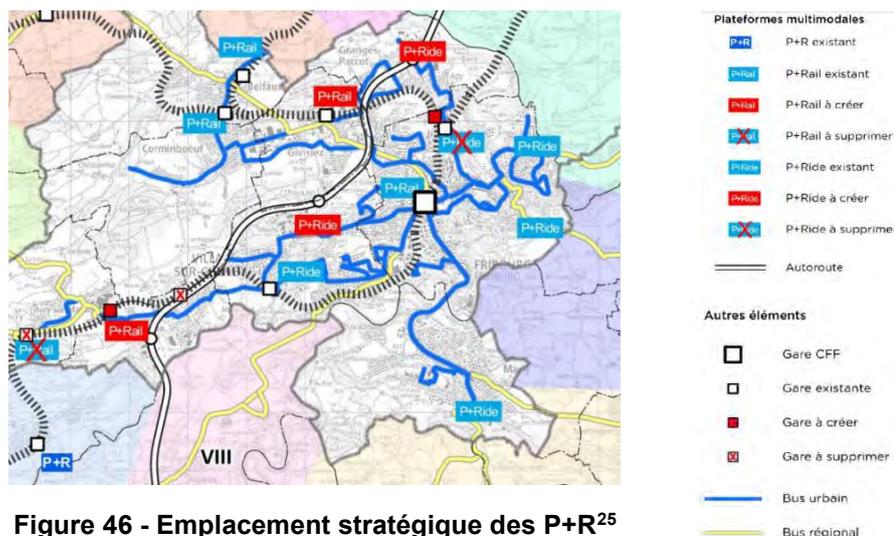


Figure 46 - Emplacement stratégique des P+R<sup>25</sup>

Les analyses effectuées pour le PA4 ont permis de définir l'augmentation des déplacements en lien avec l'évolution démographique et d'emplois sur différents axes. Ces derniers sont représentés sur la figure suivante. Dans le périmètre de cette étude, les axes 1, 2, 4 et 5 sont particulièrement intéressants.

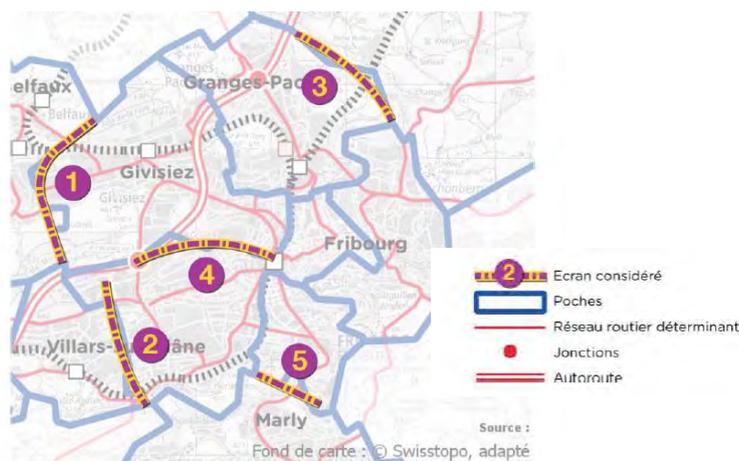


Figure 47 - Axes de la stratégie mobilité PA4

<sup>25</sup> Source : PA4

L'évolution des déplacements de chaque écran par mode de transport est représentée sur les figures ci-dessous. Les données à l'horizon 2040 sont reprises pour déterminer la future offre de transport public décrite au chapitre 4.

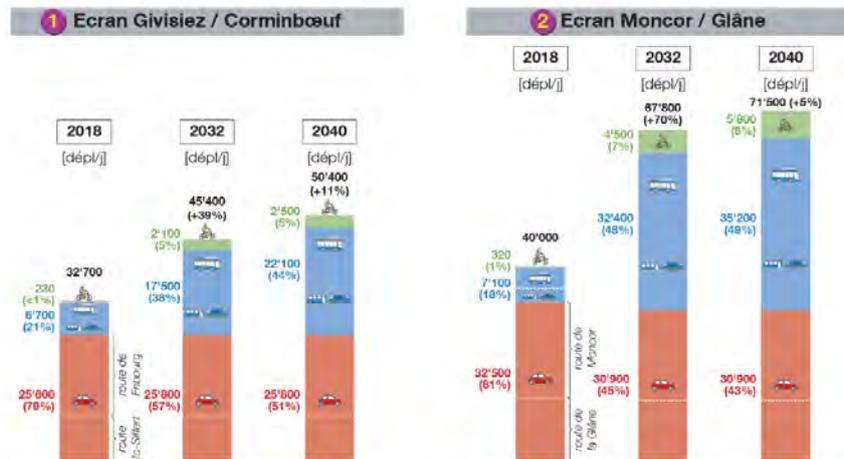


Figure 48 - Axes 1 et 2

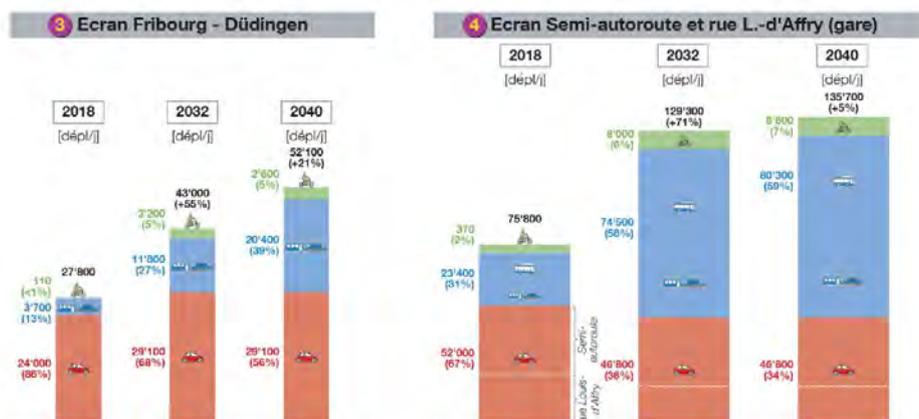


Figure 49 - Axes 3 et 4

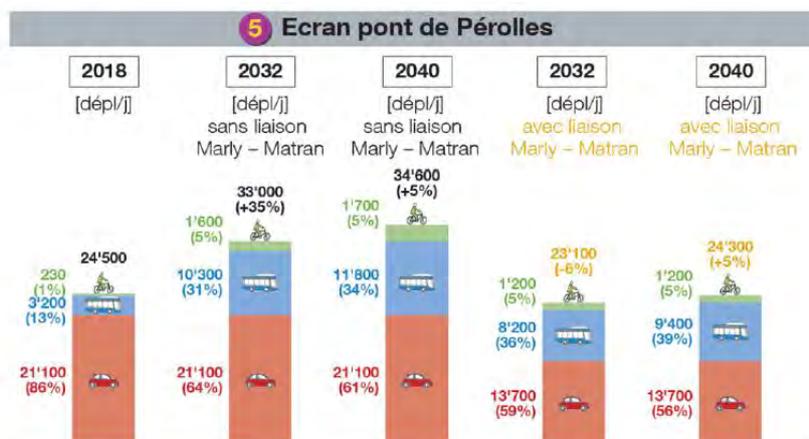


Figure 50 - Axe 5

### 3.8. Hypothèses spécifiques à l'étude

Suite à l'analyse de la situation actuelle et aux différentes informations tirées du PA4, les hypothèses suivantes ont été établies pour la suite de l'étude :

- Les pendulaires sont captés le plus en amont possible de l'Agglo en priorité via le RER puis les P+R en périphérie.
- La liaison routière Marly-Matran existe et est opérationnelle.
- Le projet de couverture de l'autoroute A12 a abouti et le quartier de Bertigny-Chamblioux s'est développé.
- Les zones d'activités se sont fortement développées.
- Tous les types d'ouvrages sont pris en considération lors de l'élaboration des variantes de tracé du futur mode lourd (tunnel, pont, etc.).
- Une attention particulière est apportée à la qualité des espaces réaménagés et notamment à la cohabitation des modes doux et TP.
- Le tracé du mode lourd doit desservir au maximum les boulevards principaux et les plus densément peuplés.

## 4. Caractéristiques de la future offre TP

Ce chapitre se concentre d'une part sur la capacité de l'offre et d'autre part sur les caractéristiques principales du futur tracé.

### 4.1. Capacité de l'offre

Pour définir les caractéristiques de la future offre de transports publics, les données du Plan d'agglomération de 4<sup>ème</sup> génération font office de base. Les données des écrans précédemment présentés (cf. chapitre 3.7) et incluant les déplacements en train et bus ont ainsi servi à déterminer les pourcentages d'augmentation par axe. Les valeurs obtenues ont ensuite été appliquées sur les données de fréquentations aux heures de pointe en possession des TPF afin d'avoir des estimations quantitatives les plus cohérentes possibles pour l'horizon 2040.

**Tableau 16 - Augmentation par axe selon PA4**

Ecran	Déplacements	Augmentation
Givisiez-Corminboeuf	22'100 dépl.	+ 330 %
Moncor-Glâne	35'200 dépl.	+ 500 %
Semi-autoroute – Louis d'Affry	80'300 dépl.	+ 340 %
Pont de Pérolles avec liaison Marly-Matran	9'400 dépl.	+ 290 %

**Tableau 17 - Axes du PA4 et axes équivalents pour l'étude**

Ecran	Axe considéré
Givisiez-Corminboeuf	Non considéré car rabattement sur la gare de Givisiez ou en amont
Moncor-Glâne	Gare - Moncor
Semi-autoroute – Louis d'Affry	Gare – Mont-Carmel
Pont de Pérolles avec liaison Marly-Matran	Marly - Gare

**Tableau 18 - Fréquentations futures sur les principaux axes**

Axe	Actuel HP	Futur HP	% augmentation
Marly – Charmettes	584 pers/h	1'694 pers/h	+290 %
Charmettes – Gare	723 pers/h	2'097 pers/h	+290 % (est. Basse)
Axe Gare – Vuille	427+268 pers/h	2'363 pers/h	+340 %
Axe Vuille – Mont-Carmel	442+107 pers/h	1'867 pers/h	+340 %
Axe Gare-Bertigny	346 pers/h	1'730 pers/h	+500 %

Suite aux estimations précédentes, une capacité minimale de 2'400 personnes par heure aux heures de pointe est considérée dans le choix de la technologie. L'hypothèse est émise dans ces chiffres que les clients des bus régionaux sont rabattus sur le nouveau mode capacitaire. Il faut toutefois être conscient qu'un nombre trop important de transbordements peut dissuader les passagers d'emprunter les transports publics. Cet élément nécessitera des analyses approfondies. D'autres réflexions sur ce point sont élaborées dans les descriptions des variantes au chapitre 5.2.

Sur la base des données précédentes, il est approprié que les variantes « trains » aient une cadence minimale de 15 minutes également en lien avec la cohérence du réseau RER Fribourg|Freiburg. Les autres variantes pourront avoir une cadence supérieure garantissant une attractivité de l'offre intéressante. A titre d'exemples de référence, les réseaux de trams de Berne et Genève ont des cadences entre 5 et 10 minutes. L'amplitude des horaires devra être au minimum identique à la situation actuelle. Aucune modification notable sur ce point n'est attendue. La vitesse commerciale de futur mode capacitaire de transport est un point primordial. En effet, une bonne vitesse commerciale et une stabilité horaire permettront d'attirer les pendulaires plus facilement en garantissant ainsi les correspondances avec le réseau ferroviaire. Suivant le mode lourd retenu, la politique d'arrêts devra être revue afin de trouver un bon compromis avec la vitesse commerciale et la qualité de desserte. Selon les variantes, le réseau de bus régional subira également des modifications afin d'optimiser les transferts modaux. Les interfaces multimodales devront aussi être prises en considération afin que la chaîne de transport soit la plus idéale possible pour les usagers empruntant divers moyens de déplacements.

## 4.2. Parcours

Suite aux différentes analyses effectuées dans les chapitres précédents, certains aspects concernant le parcours peuvent être définis qu'importe la solution technologique retenue.

Tout d'abord, l'analyse des gabarits actuels démontre que certains axes sont relativement étroits pour accueillir un site propre pour un moyen lourd à haute capacité. En effet, selon la littérature spécialisée et à titre indicatif, un gabarit minimum de 20 mètres de façades à façades est nécessaire pour accueillir 2 voies TP en site propre, 2 voies pour le TIM ainsi que 2 trottoirs piétons sans voies cyclables propres. Pour remédier au manque de place et garantir la sécurité des vélos, il sera nécessaire sur certains tronçons de réduire les voies pour le TIM et d'avoir parfois qu'une seule voie TP propre avec des points de croisements spécifiques. L'étude des points de croisement fait partie intégrante des réflexions dans l'analyse des variantes. Les axes trop étroits sont notamment la Route des Arsenaux (hors ancienne voie industrielle), l'Avenue de Beauregard et la Rue Weck-Reynold. Suite à ce constat, l'axe Georges-Python – Jura est privilégié ainsi que l'Avenue de Pérolles pour autant que l'utilisation de l'ancienne voie industrielle ne soit pas plus avantageuse. L'axe de Beauregard est toutefois densément peuplé et devra être desservi par le mode lourd. Des aménagements plus spécifiques et conséquents

comme des ouvrages souterrains par exemple sont nécessaires pour garantir des vitesses commerciales attractives en fonction des solutions technologiques retenues.

**Tableau 19 - Gabarits des routes à disposition (yc trottoirs actuels)**

Axe routier	Gabarit approx.
Chassotte - Vuille	20 mètres
Vuille – Georges Python	16 – 20 mètres
Vuille – Weck Reynold	15 mètres
St-Pierre	15 mètres
Beauregard	12 – 13 mètres
Moncor – Belle-Croix	25 mètres
Gare	20 mètres
Pérolles	24 mètres
Arsenaux	15 mètres
Pont de Pérolles	18 mètres
Marly Rittes-Cité	15-16 mètres
Marly Centre	10-12 mètres

Les premières variantes de parcours se concentrent sur la desserte des axes Marly-Gare, Gare-Pôle Santé et Gare-Chamblioux. Les secteurs Pôle Santé et Chamblioux sont reliés entre eux afin de former une boucle complète.

Pour une majorité des variantes étudiées, les arrêts sont répartis à des distances entre 500 et 800 mètres afin d'offrir une bonne desserte tout en garantissant des vitesses commerciales attractives. Cette inter-distance correspond aux valeurs observées sur différents réseaux de métro, tram ou de bus à haut niveau de service (BHNS) par exemple.

Dans de futures études plus approfondies sur le tracé exact, le passage par l'Avenue du Midi doit constituer une variante à analyser. En effet, l'Avenue de Beauregard n'est pas idéale en terme de gabarit à disposition et de pente. Une autre solution pour ce secteur est donc tout à fait envisageable mais n'a pas pu être étudiée précisément dans le cadre de ce rapport.



**Figure 51 - Parcours pour variantes**

## 5. Analyse technologique

Tout d'abord, les différentes technologies considérées sont décrites avant les propositions de variantes plus concrètes. Des comparaisons sont ensuite effectuées entre les variantes avant que des recommandations sur le type de technologie à choisir ne soient émises.

### 5.1. Descriptions des technologies existantes

#### Train RER

Le premier mode de transport lourd considéré est le train régional à écartement voie normale. L'utilisation de ce mode de transport a pour but d'agrandir l'actuel réseau RER Fribourg|Freiburg.

Les infrastructures nécessaires sont similaires au reste du réseau RER. Il s'agit d'une infrastructure lourde à construire composée notamment de ballast, de traverses, de rail et d'une alimentation électrique de 15'000 Volt en alternatif. La signalisation standard ferroviaire est aussi de rigueur. Les convois peuvent être surveillés à distance par un centre d'exploitation comme c'est déjà le cas pour le reste du réseau.

Il est proposé de considérer un matériel roulant de type Flirt déjà utilisé par les TPF et les CFF sur les réseaux régionaux. La technologie est parfaitement éprouvée. A titre d'illustration, une composition Flirt mesure 74 mètres de long et possèdent un total de 127 places assises et 209 places debout (avec 4 pers/m<sup>2</sup>). Une formation de mécanicien de locomotive et l'obtention de permis spécifiques sont obligatoires pour conduire ce type de véhicule.

Le parcours doit se trouver exclusivement en site propre pour des raisons de sécurité. La largeur du gabarit nécessaire est de 3.15 mètres au minimum. Les rayons des courbes doivent être au minimum de 200 mètres. Pour que la vitesse commerciale soit intéressante, la distance inter-arrêt doit être relativement importante. La cadence devra être d'au moins 15 minutes afin d'être cohérent avec l'entier du réseau RER dans le périmètre de l'Agglomération.



Figure 52 - FLIRT des TPF<sup>26</sup>

### Méto léger

Un autre mode de transport de type ferroviaire est le méto léger, également appelé VL (véhicules légers) sur certains réseaux français, VAL pour la version automatisée ou encore SLR pour système de transport léger sur rail. En Suisse, la ligne du M1 à Lausanne reliant Lausanne-Flon à Renens-gare est considérée comme une ligne de méto léger. Au niveau européen, les principaux réseaux de métros légers se trouvent en Allemagne (Cologne, Düsseldorf, Stuttgart, etc.).

Les tronçons en surface sont souvent assimilés aux tramways tandis que les tronçons souterrains au méto. Les véhicules utilisés peuvent être sur rail ou sur pneus comme le M2 à Lausanne. Les métros légers sur pneus sont aussi guidés par des rails mais le contact pneu-rail permet de franchir des pentes plus importantes que le contact fer-fer.

Les métros légers circulent sur des infrastructures dédiées et généralement séparées des autres modes de transport. Des tronçons en souterrain sont possibles. L'infrastructure à mettre en place est plus légère que pour un train conventionnel. Une automatisation du système à l'horizon 2040 est tout à fait envisageable et permettrait de réduire les coûts d'exploitation. Il est important que les quais d'arrêts soient rectilignes. Pour le M1, le gabarit pour une voie

<sup>26</sup> Source : David Droz, Wikipedia Commons

unique est d'environ 5.50 mètres et d'environ 7 mètres pour une double voie. Un exemple canadien prévoit un gabarit total de 9 mètres pour une double voie comprenant une distance d'un mètre entre les deux voies.

L'alimentation électrique des véhicules est faite par des caténaies et les signalisations suivent les modèles ferroviaires. Chaque rame composée de deux caisses peut accueillir environ 85 personnes pour les modèles des constructeurs Alstom ou Bombardier. Siemens construit le modèle VAL 208 sur pneus et avec un écartement de 1620 mm. Ces rames mesurent 26 mètres de long et peuvent être couplées offrant ainsi une capacité de 160 personnes et pouvant satisfaire une demande de 6'000 pers/h/sens avec de hautes cadences.

La vitesse commerciale moyenne des métros légers se situe entre 30 et 40 km/h soit une vitesse plus élevée que les trams mais inférieure aux trains. La distance inter-arrêt adéquate se situe entre 500 et 1'000 mètres.

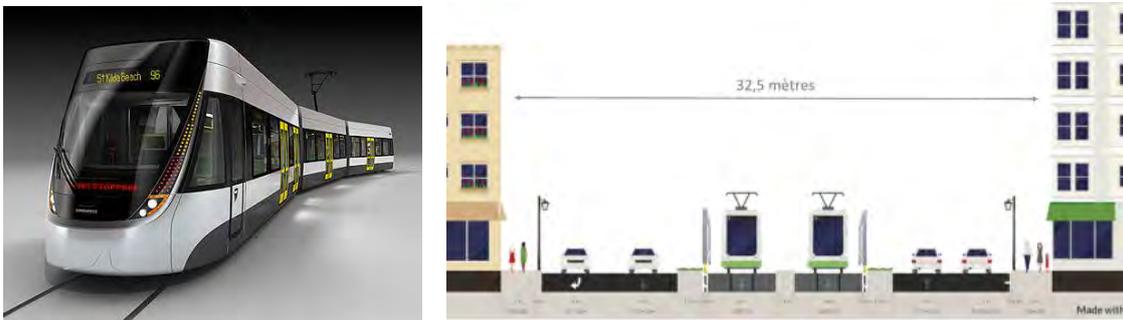


Figure 53 - Bombardier Flexity Swift<sup>27</sup> et Figure 54 - Exemple gabarit nécessaire pour métro léger<sup>28</sup>

## Tram/Train

Un tram-train est un transport lourd ferroviaire pouvant circuler autant sur les voies de tramways dans les zones urbaines que sur le réseau ferroviaire dans les zones périurbaines plus rurales. Par conséquent, le matériel roulant doit être capable d'utiliser des réseaux électriques différents tout en répondant aux exigences et prescriptions des deux systèmes (signalisations, distances de freinage, etc.).

Ce concept existe principalement en Allemagne et plus particulièrement dans les villes de Karlsruhe, Nordhausen, Kassel et Sarrenbruck. En France, un tram-train circule entre Mulhouse et la Vallée de la Thur et également à Nantes. D'autres projets sont à l'étude en France. Il est intéressant de souligner que Lugano a un projet de tram-train en planification dont le déploiement du réseau complet est prévu à l'horizon 2029 (<https://www.rttl.ti.ch/>). Le matériel roulant sera quant à lui déjà mis en circulation dès 2021 normalement.

La complexité de ce mode de transport réside dans l'inter compatibilité des systèmes au niveau des infrastructures. Il associe la rapidité du train en zone périurbaine et la fluidité du tram en zone urbaine. Cette caractéristique implique cependant un matériel roulant plus complexe et donc plus susceptible aux avaries. Siemens et Alstom ont entre autres créé des modèles de tram-trains avec des capacités variant entre 242 et 292 places et une vitesse maximale pouvant atteindre 100 km/h avec une distance de 5 km entre les arrêts hors zone urbaine.

<sup>27</sup> Source : <https://www.railway-technology.com/projects/bombardier-flexity-light-rail-vehicles/>

<sup>28</sup> Source : Réseau structurant de transport en commun, analyse comparative des modes de transport lourds sur rail, SYTRA, 2019

Figure 55 - Tram-train de Mulhouse<sup>29</sup>

## Tram

Le tramway est un système de transport sur rail connu depuis le 19<sup>ème</sup> siècle en Suisse. La première ligne a été exploitée à Genève dès 1862. Malheureusement, les développements des véhicules routiers ont eu raison de nombreux réseaux de trams qui ont progressivement disparu. Cela a notamment été le cas à Lausanne en 1964. A Fribourg, un réseau de trams a été exploité entre 1897 et 1965 puis remplacé par des trolleybus. Les infrastructures ont été démontées à l'exception de quelques éléments (bâtiment de l'arrêt Tilleul par exemple). Des réseaux de trams sont toujours en circulation dans les villes de Genève, Berne, Zurich et Bâle. Lausanne devrait également remettre en service un tram dans le cadre de son projet d'agglomération et sa stratégie d'axes forts avec des travaux qui devraient débuter en 2021.

Figure 56 - Carte de l'ancien réseau de trams de Fribourg<sup>30</sup>

Concernant l'infrastructure, des rails doivent être intégrés dans la chaussée et des caténaires construites pour l'alimentation électrique. Les trams peuvent circuler autant en site propre qu'en mixité avec d'autres modes. Il peut, par exemple, traverser des zones piétonnes mais l'impact sur son efficacité n'est pas à négliger. Une signalisation spécifique aux tramways doit aussi être installée. Il est primordial que les carrefours soient adaptés pour que les trams puissent être prioritaires garantissant ainsi une vitesse commerciale attractive variant en moyenne entre 18 et 20 km/h. Les fréquences peuvent être élevées, de l'ordre de 3 minutes. A titre indicatif, pour une double voie, le gabarit nécessaire est de 5.7 mètres. Les distances entre arrêts sur les réseaux de trams se situent généralement entre 400 et 600 mètres environ.

Comme il s'agit d'une technologie connue et éprouvée depuis plusieurs siècles, de nombreux fournisseurs de matériel roulant se trouvent sur le marché. Les tramways peuvent aussi être à pneus comme à Venise et sont guidés soit par des systèmes optiques soit par un rail central. Le choix entre tramways sur fer ou sur pneus suscite beaucoup de discussions. Les avantages du tramway sur fer sont sa fiabilité, une meilleure lisibilité du réseau et surtout son confort. Les partisans des tramways à pneus évoquent des coûts d'infrastructures réduits, moins d'émissions sonores et une consommation énergétique réduite.

<sup>29</sup> Source : <https://www.mulhouse-alsace.fr/mobilites/transports-collectifs/tram-train/>

<sup>30</sup> Source : <http://www.triebzug.ch/divers/fribourg.pdf>

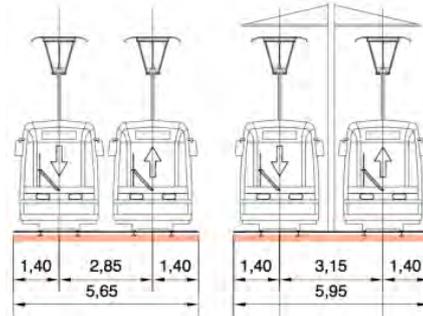


Figure 57 - Tram à Berne<sup>31</sup> et Figure 58 – Gabarit pour tram de 2.30 m de large<sup>32</sup>

## BHNS

L'abréviation BHNS signifie bus à haut niveau de service et a vu le jour d'abord sur le continent américain avant que ce système ne soit déployé en Europe. Ce concept a eu un fort succès en France à partir des années 2000. En Suisse, l'Agglomération Lausanne-Morges prévoit la création de trois lignes BHNS afin d'améliorer significativement l'attractivité du réseau de transports publics. La définition d'un BHNS diffère selon les sources. Cependant certains principes sont clairement acquis :

- Fréquence de passage de minimum 15 minutes en heures creuses et d'au moins de 10 minutes en heures de pointe
- Vitesse commerciale d'environ 20 km/h
- Grande amplitude horaire
- Système d'informations embarqué et aux arrêts performant
- Accès plein pied
- 70 % de circulation en site propre au minimum
- Priorité dans les carrefours
- Matériel roulant capacitair
- Identité propre du réseau et facilement reconnaissable pour les utilisateurs

Au niveau des infrastructures, les sites propres doivent être fortement privilégiés et le gabarit nécessaire peut atteindre 7 mètres mais est très dépendant des aménagements urbains choisis. Contrairement aux systèmes de types ferroviaires, aucun rail n'est nécessaire pour le guidage des véhicules. Le matériel roulant utilisé est généralement des trolleybus articulés ou bi-articulé fonctionnant grâce à une alimentation par lignes de contact aériennes. La vitesse commerciale visée est quasiment équivalente à celle du tram avec un objectif de 18-20 km/h mais est en réalité souvent légèrement inférieure. Avec le développement des trolleybus à batterie, il est possible d'effectuer une partie du tronçon sans ligne de contact, voir même d'équiper certains arrêts avec des recharges rapides avec tout de même un risque de perdre en efficacité. Les trolleybus articulés peuvent accueillir 126 personnes et les bi-articulés 224 personnes. Il est essentiel que les bus choisis aient la priorité à tous les carrefours rencontrés. Des systèmes de guidage optique peuvent aider les conducteurs à mieux se positionner au quai et garantir ainsi un accès optimal pour les personnes à mobilité réduite. Les TPF exploitent des trolleybus et possèdent donc déjà une grande expérience.

<sup>31</sup> Source : <http://www.bernmobil.ch>

<sup>32</sup> Source : Egis Rail



Figure 59 - BHNS lausannois<sup>33</sup>

### Télécabines urbaines / Métrocâble

Les métrocâbles ou télécabines urbaines existent depuis de nombreuses années dans différentes régions du monde. Les télécabines de Medellin en Amérique du Sud sont certainement les plus connues avec celles de Rio. Plus proche, des télécabines urbaines sont exploitées en France à Brest et Grenoble notamment. Les télécabines présentent le fort avantage de pouvoir franchir des topographies difficiles comme des cours d'eau ou de fortes dénivellations. Ces dernières années, ce moyen de transport a suscité un fort intérêt en Suisse avec différentes études dans plusieurs villes. Plusieurs politiciens ont également lancé des réflexions servant de base pour la variante présentée au chapitre suivant.

Comme dans les stations de ski, l'infrastructure consiste à installer des pylônes métalliques sur lequel un câble soutient des cabines suspendues ainsi que de construire des stations intermédiaires et terminus. L'emprise au sol est donc faible par rapport aux autres systèmes de transport lourd. Le système envisagé est des télécabines monocâbles à mouvement continu débrayable comme installé à Barcelone en Espagne. Une alimentation électrique permet le déplacement des télécabines. Elles peuvent transporter jusqu'à 3'200 voyageurs par heure et par sens grâce à des cabines de 15 places. Leur vitesse commerciale se situe entre 16 et 22 km/h. Les difficultés techniques se situent surtout au niveau des homologations, des distances de survol à respecter notamment en lien avec les normes de protection incendie et de l'acceptation des riverains à voir passer un tel moyen de transport au niveau de leur balcon.



Figure 60 - Projet de télécabines urbaines à Grenoble<sup>34</sup>

<sup>33</sup> Source : <https://www.axes-forts.ch/lignes/bhns-bussigny-lutry-corniche/>

<sup>34</sup> Source : <https://www.grenoblealpesmetropole.fr/91-metrocable.htm>

## 5.2. Variantes

Une variante concrète par mode de transport est présentée dans les paragraphes suivants incluant les aspects liés au parcours, à l'offre et aux infrastructures.

### Variante A - RER

Cette première variante consiste à prolonger le réseau RER Fribourg/Freiburg en direction de Marly. Le nouveau tracé emprunte l'ancienne voie industrielle se situant entre la Route des Arsenaux et la Route de la Fonderie pour atteindre le secteur Charmettes où se situerait une halte pour desservir les Hautes Ecoles aux alentours. Le parcours se dirige ensuite en direction de Marly avec une gare desservant son centre. Les axes en direction Bertigny et Chamblieux sont quant à eux desservis par un autre mode lourd de transport tel qu'un BHNS. La densité des arrêts est plus élevée que pour la partie RER. La partie BHNS est décrite dans la variante E (ligne 2 Gare-Pôle Santé-Chamblieux-Gare).

Par souci d'interopérabilité, l'écartement voie normale est conseillé. Cette variante est très contraignante en termes d'infrastructures. En effet, elle implique la mise en souterrain d'une grande partie du nouveau tronçon de voie ferrée par manque de possibilités en surface. A ce stade d'étude, l'hypothèse est faite que la partie souterraine débute à la halte Charmettes jusqu'à la gare de Marly, Centre. Cette gare terminus serait souterraine. La traversée de la Sarine s'effectue grâce à un nouveau viaduc à proximité du Pont de Pérolles existant. L'actuel pont ne peut pas être utilisé en l'état car les rayons pour les courbes sont trop restreints pour du matériel roulant de type Flirt ou Domino. La longueur du tronçon en surface est de 1.4 kilomètres, la longueur du pont de 300 mètres et la longueur souterraine de 2.25 kilomètres.

En termes d'offres, la branche de Marly peut être connectée au réseau ferroviaire reliant Fribourg et Schmiten. Comme sur l'ensemble des branches du RER à terme, une cadence de 15 minutes entre Fribourg et Marly est prévue. Sur le complément BHNS, la cadence aux heures de pointe est de 5 minutes permettant ainsi de garantir une capacité importante. Les bus régionaux en provenance du plateau du Mouret s'arrêtent au hub de Marly. Les passagers empruntent le train pour atteindre le centre-ville plus rapidement et plus confortablement. La durée du trajet en train entre la gare de Fribourg et celle de Marly est d'environ 7 minutes.

Tableau 20 - Offre variante A

Tronçon	Cadence HP	Cadence HC
Fribourg, gare – Marly, centre	15 min	15 min
Fribourg, gare – Pôle Santé	5 min	10 min
Fribourg, gare - Chamblieux	5 min	10 min

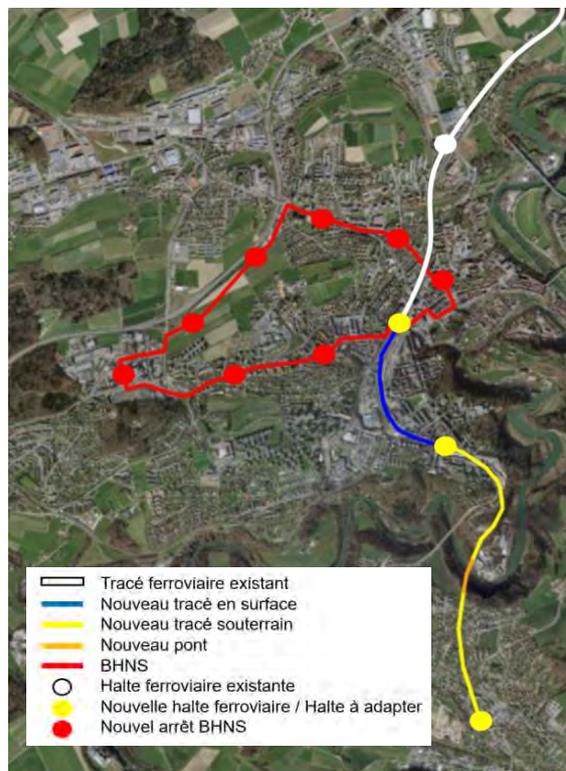


Figure 61 - Parcours Variante A

Sur l'axe ferroviaire entre la gare de Fribourg et Marly, un point de croisement est nécessaire pour assurer une cadence régulière de 15 minutes. Sa position précise dépend de l'horaire exact mis en place. L'intégration de ces nouveaux sillons sur l'infrastructure CFF de la gare de Fribourg n'est pas aisée et est contraignante pour l'horaire au vu de la densité de trafic sur l'axe Lausanne-Berne. A ce stade de l'étude, la faisabilité technique n'est pas démontrée et doit faire l'objet d'approfondissements. Avec un arrêt du BHNS sur la Place de la Gare, le transbordement entre le train et le BHNS n'est pas optimale créant ainsi une réelle rupture.

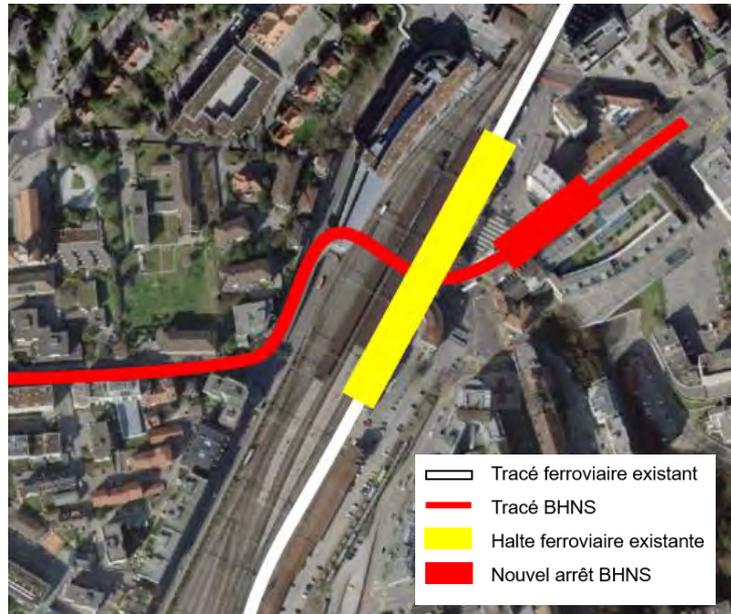


Figure 62 - Gare de Fribourg - Variante A

Le matériel roulant choisi doit être adapté au trafic régional et cohérent avec le reste de la flotte voie normale qui constituera le parc à l'horizon 2040-2050. Pour satisfaire les besoins en terme de capacité et d'horaires, 2 rames sont nécessaires pour ce nouveau tronçon. La maturité technologie est avérée et différents constructeurs reconnus existent sur le marché mondial.

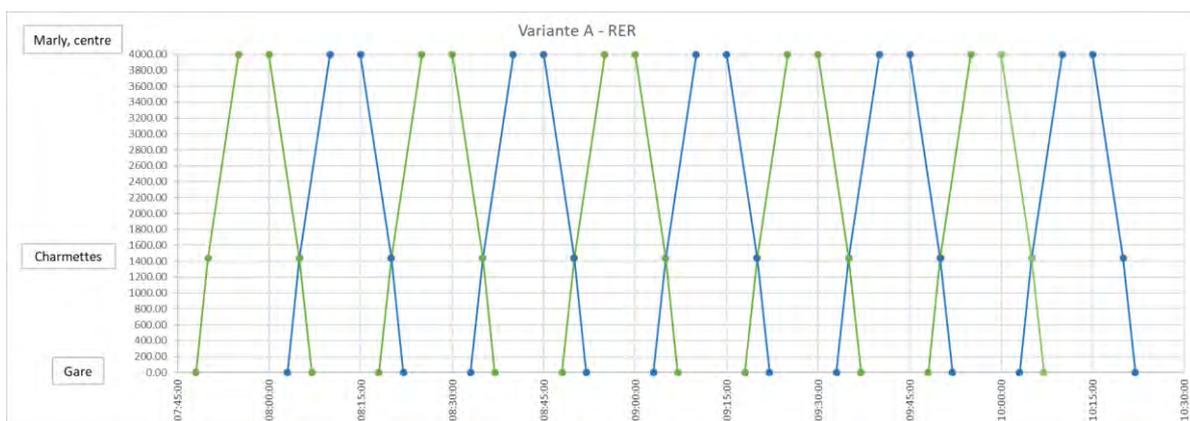


Figure 63 - Exemple simplifié de graphique horaire – Variante A

Les avantages et inconvénients de cette variante sont répertoriés dans le tableau suivant :

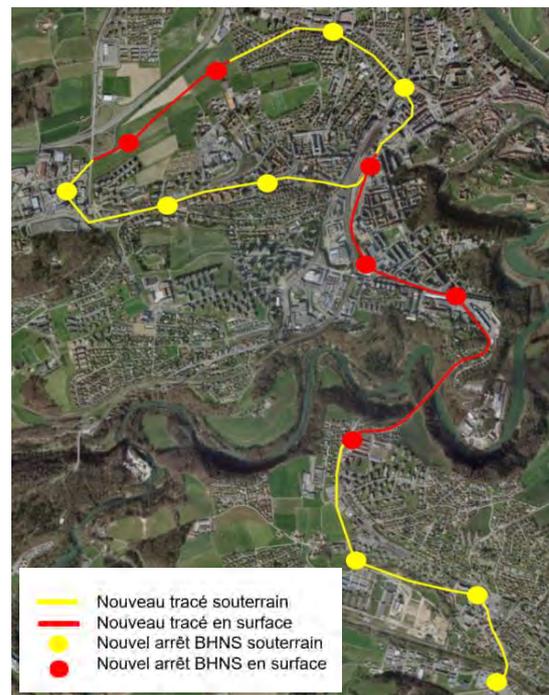
**Tableau 21 - Avantages et inconvénients Variante A**

Avantages	Inconvénients
Connexion au-delà de l'Agglo Desserte directe de Marly	Rupture de charge Infras ferroviaires déjà très chargées en trafic entre la gare de Fribourg et Schmiten
Perception et confort du système ferroviaire	Cadence 15 min perçue moins avantageuse qu'aujourd'hui (7.5 min)
Matériel roulant connu et éprouvé	Desserte P+R Gérine et desserte fine
Accessibilité plain-pied	Gros ouvrages d'art / Coûts
Utilisation infra maintenance et dépôt existants	Choix du fournisseur contraint par le reste de la flotte
	Gestion des perturbations complexes
	Entretien infras
	Franchissement Sarine
	Extensions futures complexes
Compléments BHNS avec ses particularités (voir variante E)	Compléments BHNS avec ses particularités (voir chapitre variante E)

Dans le cas du choix de cette variante, il serait intéressant d'étudier si une prolongation après Marly a un intérêt à plus long terme.

### Variante B – Métro léger

La variante B consiste à créer un réseau de métro léger. Depuis le P+R de la Gérine, le tracé d'une première ligne dessert le centre de Marly, le Marly Innovation Center et les Rittes. La ligne emprunte ensuite le Pont de Pérolles pour desservir Charmettes et le secteur des Hautes Ecoles. L'ancienne voie industrielle est ensuite privilégiée avec une desserte à proximité directe de Bluefactory puis de la Gare. Une deuxième ligne en boucle est créée entre la Gare, le Pôle Santé (Bertigny) et Chamblieux. Depuis la gare, elle remonte l'Avenue de Beauregard et dessert des arrêts au niveau des arrêts existants de Vignettaz et Villars-Vert. Puis, la zone de Moncor profite également d'une desserte avant que le métro ne rejoigne le Pôle Santé. Il traverse ensuite la future zone de Chamblieux et rejoint le secteur Vuille. Une desserte de l'Université est également prévue avant d'atteindre à nouveau la gare.



**Figure 64 - Parcours Variante B**

Une cadence très attractive de 3 minutes aux heures de pointe est proposée sur les deux lignes. En heures creuses, elle peut être réduite à 6 minutes pour autant que les points de croisements soient garantis. Les bus régionaux peuvent se rabattre sur les nouveaux hubs de Moncor et de Marly, Gérine. Les temps de parcours entre la gare et Marly Centre est de 7 minutes, celui entre la gare et Pôle Santé de 6 minutes et celui entre la gare et Chamblieux est de 3 minutes. Un transbordement est intéressant car le temps de parcours total est plus efficace que si les passagers restaient dans le bus jusqu'à la gare d'autant plus si le bus est pris dans la circulation.

Tableau 22 - Offre variante B

Tronçon	Cadence HP	Cadence HC
Ligne 1 - Fribourg, gare – Marly, centre	3 min	5-6 min
Ligne 2 - Fribourg, gare – Pôle Santé – Chamblieux – Fribourg, gare	3 min	5-6 min

Les infrastructures à créer pour réaliser cette variante sont très conséquentes et ambitieuses. En effet, la majorité du tracé est prévue en souterrain, soit 7 kilomètres. Le tronçon reliant la gare aux Rittes à Marly est prévu en surface et emprunte l'ancienne voie industrielle ainsi que le tronçon entre Pôle Santé et Chamblieux soit au total 3.6 kilomètres. Le Pont de Pérolles ayant été dimensionné pour accueillir des trams, il peut ainsi être utilisé pour la variante métro léger. Il faut toutefois noter que le rayon de courbure juste avant le Pont de Pérolles est relativement faible de l'ordre de 100 mètres. Cependant, des matériels roulants spécifiques dotés de systèmes de guidage existent et permettent de s'affranchir de cette contrainte. Plus les rayons sont faibles, plus les vitesses doivent également être abaissées impactant par conséquent les temps de parcours et l'efficacité de la ligne. Une analyse plus approfondie sur ce point devra être effectuée en cas de sélection de la présente variante. Une problématique de la construction de ce système est la création d'une barrière physique coupant l'espace urbain en deux, notamment dans le secteur du Plateau de Pérolles. Les piétons et vélos ne pourraient à l'avenir qu'emprunter des passages à niveau spécifiques pour traverser les voies. Une mise en souterrain du tracé entre Charmettes et le Pont de Pérolles peut également être envisagée. Le tronçon Chamblieux-Bertigny peut être souterrain ou en surface. Ce point dépendra de l'aménagement définitif souhaité de la zone et des moyens financiers à disposition.

L'intégration du métro léger à la gare de Fribourg est un vrai challenge à relever. Le secteur du MEP de l'Esplanade offre des possibilités intéressantes pour offrir une bonne connexion avec les autres modes de transports tels que le train et les bus.

Avec une cadence de 3 minutes, 5 points de croisements sont nécessaires sur la ligne Gare-Marly et 7 sur la ligne Gare-Bertigny-Chamblieux-Gare. Les tronçons souterrains offrent de plus grandes possibilités pour la création de points de croisements supplémentaires permettant une exploitation plus fiable en cas de perturbations. L'idéal est d'avoir un maximum des deux lignes en double voies dans les parties souterraines. Il faut également noter que la cadence 3 minutes est plausible si l'entier du parcours est en site propre et que le système est majoritairement automatique.

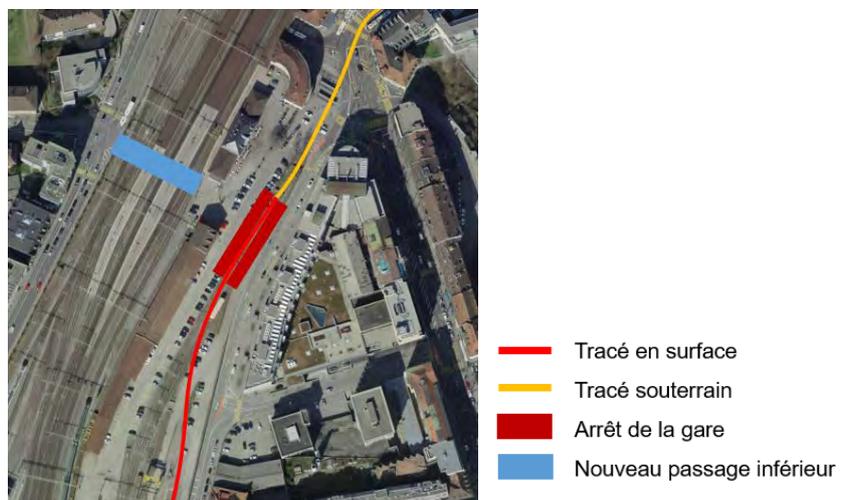


Figure 65 - Arrêt de la gare - Variante B

Il est important que le matériel roulant soit adapté aux rayons de courbure ainsi qu'aux contraintes liées aux pentes notamment dans le secteur Beauregard. Un matériel roulant à pneu offre de meilleures performances pour le franchissement de pentes. La longueur des rames est modulable en fonction des besoins en capacité. Avec une cadence de 3 minutes en heures de pointe, 14 rames sans réserve sont nécessaires pour l'exploitation. A l'horizon 2040-2050, il peut être considéré que ce type de véhicule circulera automatiquement sans conducteur avec une infrastructure adaptée.

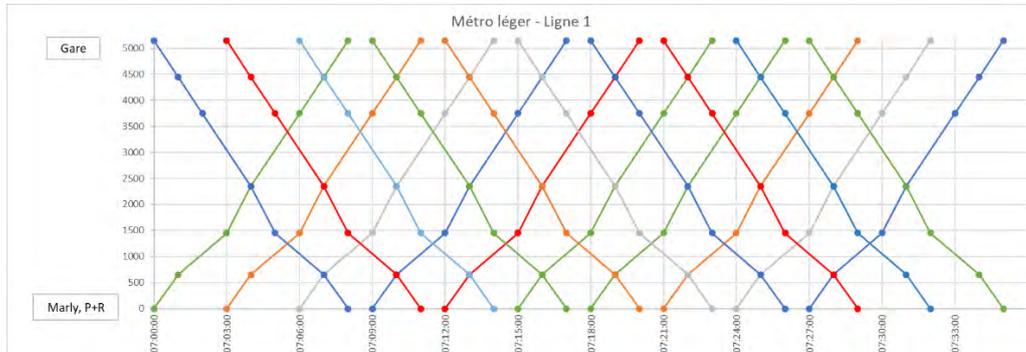


Figure 66 - Exemple simplifié graphique horaire Variante B ligne 1

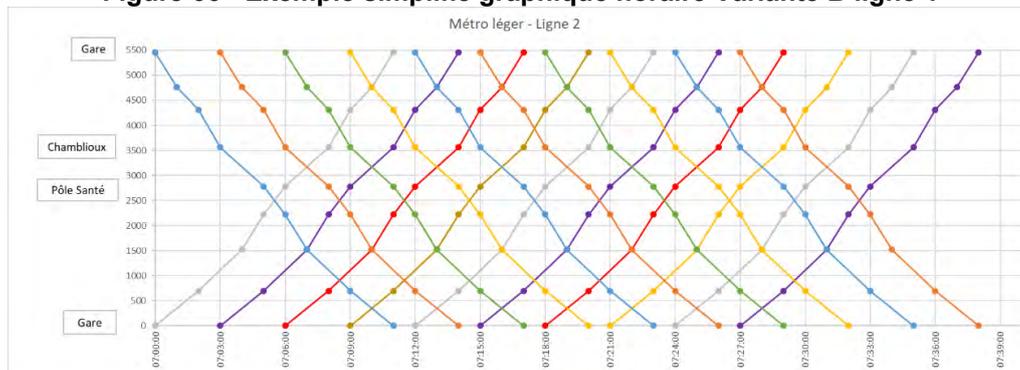


Figure 67 - Exemple simplifié graphique horaire Variante B ligne 2

Les avantages et inconvénients de cette variante sont répertoriés dans le tableau suivant :

Tableau 23 - Avantages et inconvénients Variante B

Avantages	Inconvénients
Gabarit réduit	« Barrière urbaine » (accès riverains et gestion des traversées MD)
Cadences attractives	Importante partie souterraine y compris arrêts
Desserte du MIC et Moncor	Gestion des carrefours
Confort ferroviaire	Capacité surdimensionnée
Automatisation possible	Choix limité de fournisseurs
Site propre intégral	Accès aux stations souterraines
Temps de parcours	Nouvelle infra maintenance
Peu d'emprises en surface	Nouveau dépôt
Technologie éprouvée	Avarie entraîne arrêt de tout le système / Gestion des perturbations
Ponctualité	Entretien infras
Peu de bruit	Contraintes géologiques
Peu d'impacts visuels	Extensions futures complexes
Identité forte du réseau	Sentiment d'insécurité (déficit lumière naturelle, claustrophobie)
	Coût d'exploitation des tunnels

## Variante C – Tram-train

Sur un principe proche de la variante A, la variante C Tram-train relie Marly à la gare de Fribourg via la route cantonale et l'ancienne voie industrielle au réseau RER en direction Schmitten sur une première ligne. Une seconde ligne relie la gare aux secteurs Bertigny et Chamblieux empruntant les axes routiers principaux soit l'Avenue de Beauregard et la Route du Jura. Contrairement à la variante A, les deux lignes sont exploitées avec le même matériel roulant : des trams-trains. La desserte est plus fine que pour un RER classique en secteur urbain. Marly est desservie grâce à 3 arrêts : Gérine, Centre et Rittes et le Secteur de Pérolles par deux arrêts : Charmettes et Bluefactory. En direction de Schmitten et après avoir quitté la gare de Fribourg, la ligne s'arrête à Poya, Düdingen et Schmitten. Sur la seconde ligne en boucle, les arrêts desservis sont les suivants : Vignettaz, Villars-Vert, Moncor, Pôle Santé, Chamblieux, Vuille et Université.

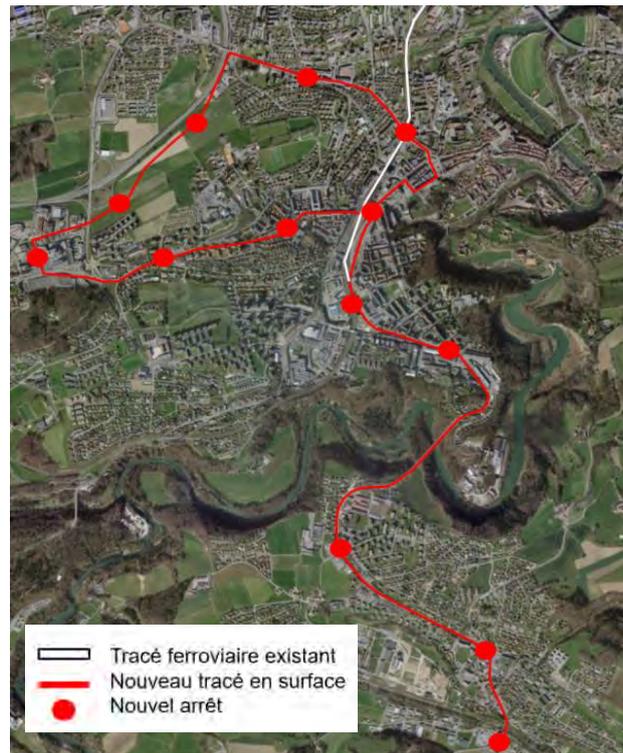


Figure 68 - Parcours Variante C

Il est proposé d'offrir une cadence de 15 minutes sur le tronçon Schmitten – Fribourg, gare et de 7.5 minutes entre la gare et Marly. Cette proposition permet d'offrir une cadence plus élevée pour Marly par rapport à la variante A. Sur la deuxième ligne, la cadence envisagée est de 5 minutes. Grâce au matériel roulant tram-train, le temps de parcours est de 7 minutes entre Marly et la Gare et de 8 minutes entre le Pôle Santé et la Gare ainsi que de 6 minutes entre Chamblieux et la Gare. Le rabattement des bus régionaux sur le tram-train à Marly et Moncor offrent différents avantages comme par exemple un matériel roulant plus confortable. De plus, cela permet de désengorger les axes de Pérolles et Beauregard avec moins de bus. Par contre, le gain en temps n'est pas significatif voire même péjoré par le changement de mode de transport.

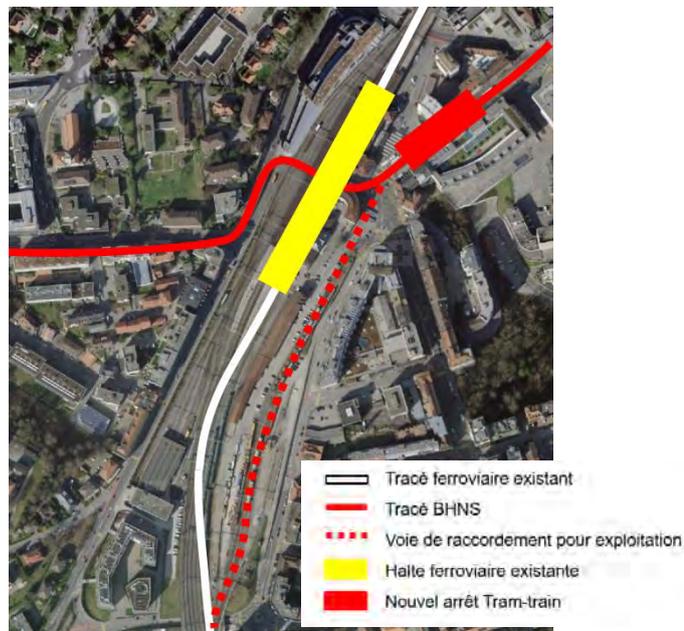
Tableau 24 – Offre Variante C

Tronçon	Cadence HP	Cadence HC
Ligne 1 - Fribourg, gare – Marly, centre	7.5 min	15 min
Ligne 2 - Fribourg, gare – Pôle Santé – Chamblieux – Fribourg, gare	5 min	10 min

En termes d'infrastructures, l'entier des parcours se trouve en surface dans une première approche pour cette étude d'opportunité. Si une étude de cette variante plus poussée est effectuée, la mise en souterrain de certaines portions n'est pas à exclure. Tout comme pour un tram, le tram-train peut circuler en mixité avec le trafic individuel motorisé mais au détriment de sa vitesse commerciale. Entre Schmitten et Fribourg, des modifications d'infrastructures, notamment les signaux, et des vérifications concernant le distancement sont à prévoir pour permettre la circulation de ce nouveau matériel roulant. Ce tronçon est totalement en site propre et son exploitation est du même type que pour un train standard. Entre la gare et

Charmettes, l'ancienne voie industrielle permet une circulation en site propre moyennant quelques adaptations pour permettre des passages prioritaires aux carrefours. Le gabarit routier entre Charmettes et le Pont-de-Pérolles ne permet pas un site propre intégral en l'état mais un réaménagement de l'espace routier pourrait offrir un espace suffisant pour une voie propre. Seul le goulet précédent le pont persiste et nécessite de plus grands travaux pour être éliminé. Le gabarit de la route cantonale à Marly permet d'offrir à première vue des solutions pour la création d'une voie propre dédiée jusqu'au centre. Le tram-train circule en trafic mixte entre le centre de Marly et le P+R de la Gérine. L'intégration en gare de Fribourg n'est pas aisée. Une variante est d'utiliser la voie 1 pour la ligne 1 et la Place de la Gare pour la ligne 2. Cette variante ne permet malheureusement pas une connexion directe entre les deux lignes. De plus, des voies de service supplémentaires sont nécessaires pour connecter les deux réseaux et permettre la circulation des tram-trains sur les deux lignes de manière flexible.

La ligne Gare-Bertigny-Chamblioux-Gare est également exclusivement en surface et suit les axes principaux. Les principaux goulets sont l'Avenue de Beauregard ainsi que le secteur Université. De très nombreuses intersections nécessitent des aménagements afin de prioriser le passage du tram-train. Au total, 4 points de croisements sur le tronçon Gare-Marly et 6 sur la ligne 2 doivent être construits afin de respecter les cadences.



**Figure 69 - Arrêt gare - Variante C**

La création de ces deux nouvelles lignes implique l'acquisition de 13 rames sans réserve de type tram-trains afin d'assurer les cadences projetées. Ce type de matériel roulant offre plus de possibilités concernant les rayons minimaux. Par contre, une analyse approfondie est nécessaire afin de s'assurer que toutes les pentes du parcours peuvent être franchies. Les rames doivent être parfaitement compatibles pour le réseau tram et le réseau ferroviaire suisse. Actuellement, seul Lugano a un projet de tram-train en Suisse. Ce projet devrait ouvrir la voie pour les homologations.

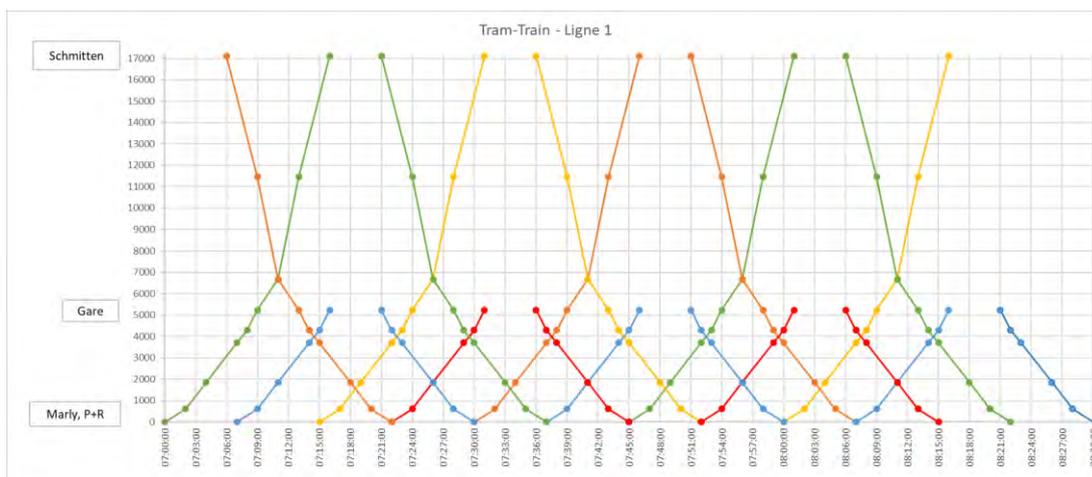


Figure 70 - Exemple simplifié graphique horaire Variante C ligne 1

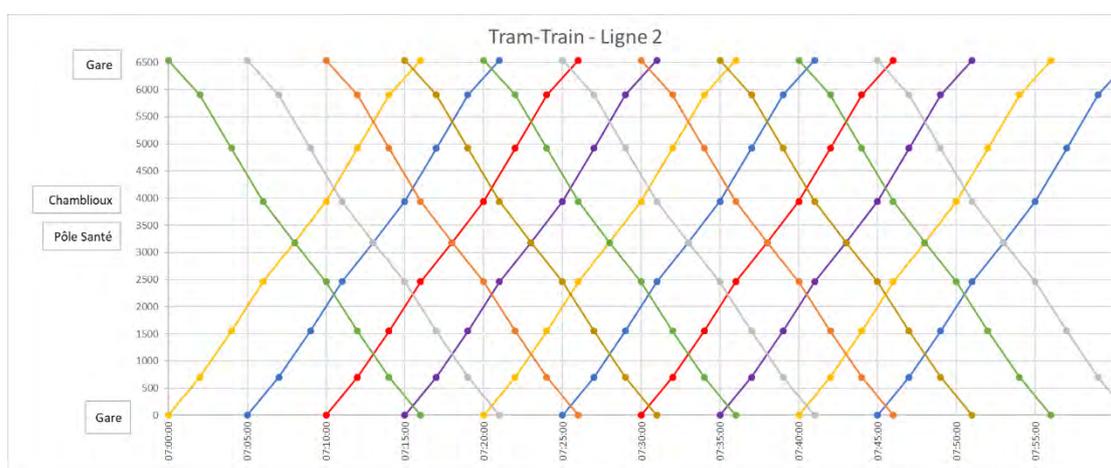


Figure 71 - Exemple simplifié graphique horaire Variante C ligne 2

Les avantages et inconvénients sont répertoriés dans le tableau suivant :

Tableau 25 - Avantages et inconvénients Variante C

Avantages	Inconvénients
Connexion au-delà de l'Agglo	Deux systèmes avec impacts sur infras existantes
Confort ferroviaire	Intégration sur les routes existantes
Desserte fine du secteur urbain	Gabarits à disposition
Utilisation Pont Pérolles	Lisibilité du réseau
Accès plain-pied	Trafic mixte
Interface gare	Cadence vs capacité infrastructure ferroviaire
Utilisation infra maintenance train	Potential du tram-train sous exploité
Taux en site propre	Emprises au sol importantes
Extensions futures possibles	Peu de fournisseur
	Peu de lignes en circulation en Europe
	Positionnement et création du/des dépôt(s)
	Pas de dépassement possible si 1 vhc en panne
	Entretien infras
	Impacts visuels rails et LC
	Rail = obstacles pour vélos
	Bruit contact fer-fer

## Variante D – Tram

La variante D – Tram est aussi composée de deux lignes distinctes. La première relie Marly à la Gare de Fribourg et la deuxième forme une boucle entre la Gare et les secteurs Bertigny et Chamblieux. Le choix de la boucle se justifie par l'objectif de relier le Pôle Santé et le secteur Chamblieux avec des temps de parcours très attractifs pour rejoindre la gare. Ce tracé permet également d'offrir de nouvelles possibilités comme par exemple pour les habitants du quartier du Jura qui peuvent rejoindre la zone industrielle de Moncor sans transiter par la gare.

La première ligne, contrairement aux variantes précédentes, emprunte le Boulevard de Pérolles puis rejoint Marly via le Pont de Pérolles pour terminer au P+R de la Gérine. Trois arrêts desservent Marly et deux arrêts le secteur de Pérolles. Une option à étudier est de la faire circuler dans un sens via la Route des Arsenaux avec une desserte à Bluefactory et de la faire transiter via le Boulevard de Pérolles dans l'autre direction. La boucle de la deuxième ligne reprend le même tracé et les mêmes arrêts que pour la variante C – Tram-train.

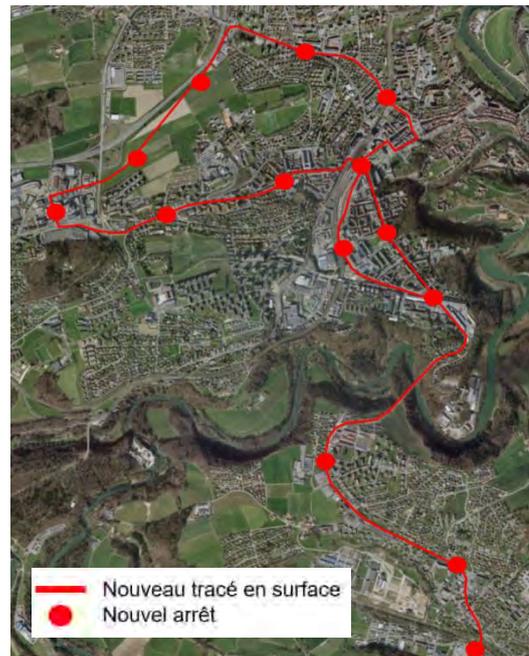


Figure 72 - Parcours Variante D

Concernant l'offre, le parti pris est de proposer une cadence de 5 minutes à l'heure de pointe. En effet, cette cadence offre une capacité largement suffisante et réduit le risque d'avoir des trams les uns derrière les autres. La robustesse de l'horaire est moins bonne car il y a un certain nombre de zones en mixité avec le trafic avec une forte influence sur la vitesse commerciale. Le temps de parcours entre Marly et la Gare est de 8 minutes, comme entre la gare et Pôle Santé et de 6 minutes entre Chamblieux et la Gare. Dans cette variante, il est proposé de ne pas rabattre les bus régionaux sur les trams. En effet, les temps de parcours sont moins attractifs que dans les variantes précédentes. Toutefois, des analyses approfondies doivent être menées pour vérifier que les bus et trams ne se bloquent pas entre eux aux heures de pointes sur les axes principaux. Une solution est par exemple de dévier les bus régionaux par la Route des Arsenaux réduisant ainsi la charge de trafic sur le Boulevard de Pérolles.

Tableau 26 - Offre Variante D

Tronçon	Cadence HP	Cadence HC
Ligne 1 - Fribourg, gare – Marly, centre	5 min	10 min
Ligne 2 - Fribourg, gare – Pôle Santé – Chamblieux – Fribourg, gare	5 min	10 min

L'entier des parcours se trouve en surface. Cependant, dans une analyse plus fine, des passages en souterrain ponctuels ne sont pas à exclure. Avec les gabarits actuels, des zones sont en mixité avec le trafic individuel motorisé péjorant malheureusement la vitesse commerciale. Il est nécessaire d'équiper tous les carrefours avec un système de priorité pour les transports publics. Comme pour les variantes de type ferroviaire, la construction d'une caténaire peut être mal perçue pour des questions d'images et de conservation du patrimoine. Des matériels roulants sans caténaire ou avec un seul rail de guidage sont développés et

peuvent permettre de s'affranchir de certaines difficultés d'intégration. La création de 5 points de croisements est nécessaire sur la ligne 1 et respectivement 7 sur la ligne 2. Au niveau de la gare, l'arrêt des trams se situent sur la Place de la Gare offrant ainsi des correspondances idéales vers les autres lignes de l'Agglo. Pour l'exploitation de la ligne 1, 6 rames sont nécessaires tandis que pour le ligne 2, il faut 8 rames. Les rayons minimaux de courbure sont relativement faibles et offrent ainsi une grande flexibilité pour la création des parcours.

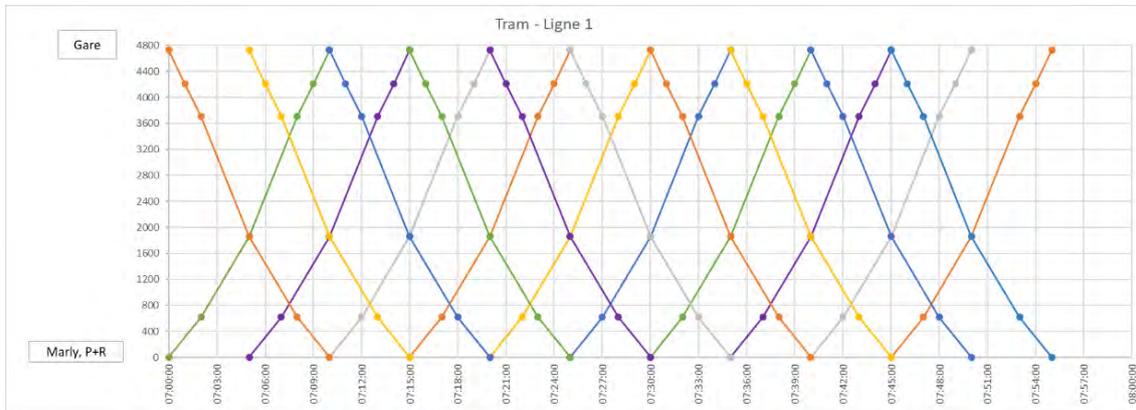


Figure 73 - Exemple simplifié graphique horaire Variante D ligne 1

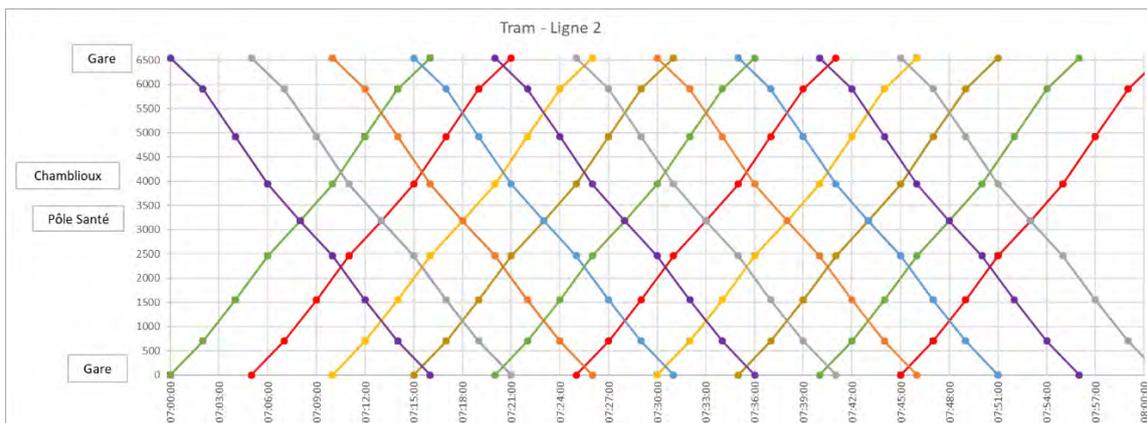


Figure 74 - Exemple simplifié graphique horaire Variante D ligne 2

Les avantages et inconvénients sont répertoriés dans le tableau suivant :

Tableau 27 - Avantages et inconvénients Variante D

Avantages	Inconvénients
Lisibilité et identité du réseau	Gabarit
Fiabilité	Intégration de l'infrastructure (rails et caténaires)
Cadence	Gestion des carrefours
Finesse de desserte	Trafic mixte
Matériel roulant éprouvé et innovant	Dénivellation
Utilisation Pont de Pérolles	Cohabitation avec lignes de bus
Choix important de fournisseur	Emprises au sol importantes
Confort ferroviaire	Rails = obstacles pour vélos
Accès plain-pied	Nouvelles infras maintenance
Extensions futures possibles	Positionnement du/des dépôt(s)
	Pas de dépassement possible si 1 vhc en panne
	Entretien infras
	Bruit (si contact fer-fer)
	Impact visuel des rails et LC

## Variante E - BHNS

La variante E – BHNS reprend exactement le même parcours que la variante D – Tram avec passage exclusif sur le Boulevard de Pérolles. Deux lignes identiques à la variante précédente sont créées. Les différences se situent au niveau de l'offre, des infrastructures et du matériel roulant.

En termes d'offres, une cadence de 5 minutes aux heures de pointe est retenue. Comme pour la variante Tram, le but est de garantir la fluidité des transports publics et d'éviter la création d'embouteillages sur les voies propres des accès principaux à la gare. Les temps de parcours entre la gare et Marly, entre le Pôle Santé et la gare ainsi qu'entre Chamblieux et la Gare sont moins avantageux que pour le tram avec respectivement 10 minutes, 10 minutes et 8 minutes. Pour cette variante, les bus régionaux continuent de se rendre jusqu'à la gare en évitant ainsi une rupture de charge aux portes de l'agglomération.

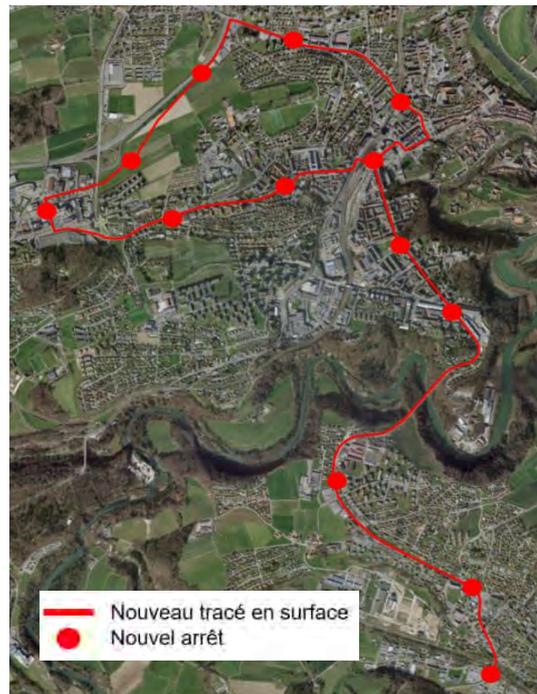


Figure 75 - Parcours Variante E

Tableau 28 - Offre Variante E

Tronçon	Cadence HP	Cadence HC
Ligne 1 - Fribourg, gare – Marly, centre	5 min	10 min
Ligne 2 - Fribourg, gare – Pôle Santé – Chamblieux – Fribourg, gare	5 min	10 min

Pour la création de lignes de BHNS, l'infrastructure n'est pas à négliger même si des rails ne sont pas nécessaires. En effet, le principe du BHNS consiste à avoir un grand taux de voies en site propre et une priorité totale aux carrefours. Un réaménagement urbain soigné doit participer à donner une nouvelle identité aux deux nouvelles lignes de BHNS. Dans un premier temps, il est considéré que la circulation se fait uniquement en surface. Tout comme pour le tram, des passagers ponctuels en souterrain ne sont pas à exclure dans de futures études. Sur la ligne 1, 5 points de croisement sont nécessaires et 9 pour la ligne 2. L'arrêt de la Gare se situe sur la Place de la Gare permettant ainsi d'avoir des interactions optimales entre les différentes lignes urbaines.

Pour l'exploitation de cette offre, 16 bus bi-articulés doivent être achetés sans réserve. Dans cette variante et à condition qu'une infrastructure en bon état existe encore, les lignes aériennes peuvent être réutilisées. Même si des bus à batterie et des trolleybus In Motion Charging offrent des autonomies intéressantes, des investissements dans les lignes doivent être consentis et certains nouveaux tronçons nécessitent la construction de lignes afin de garantir une exploitation robuste et fiable.

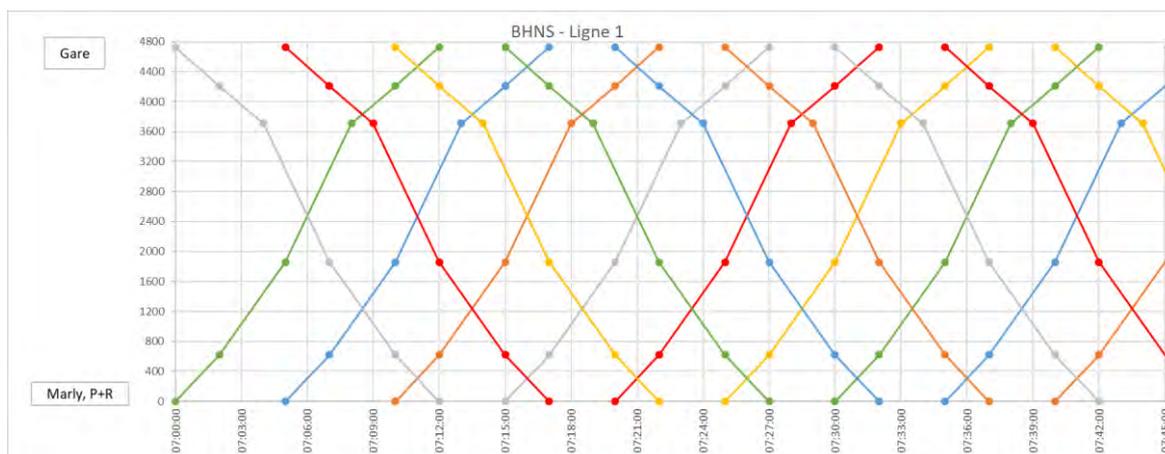


Figure 76 - Exemple simplifié graphique horaire Variante E ligne 1

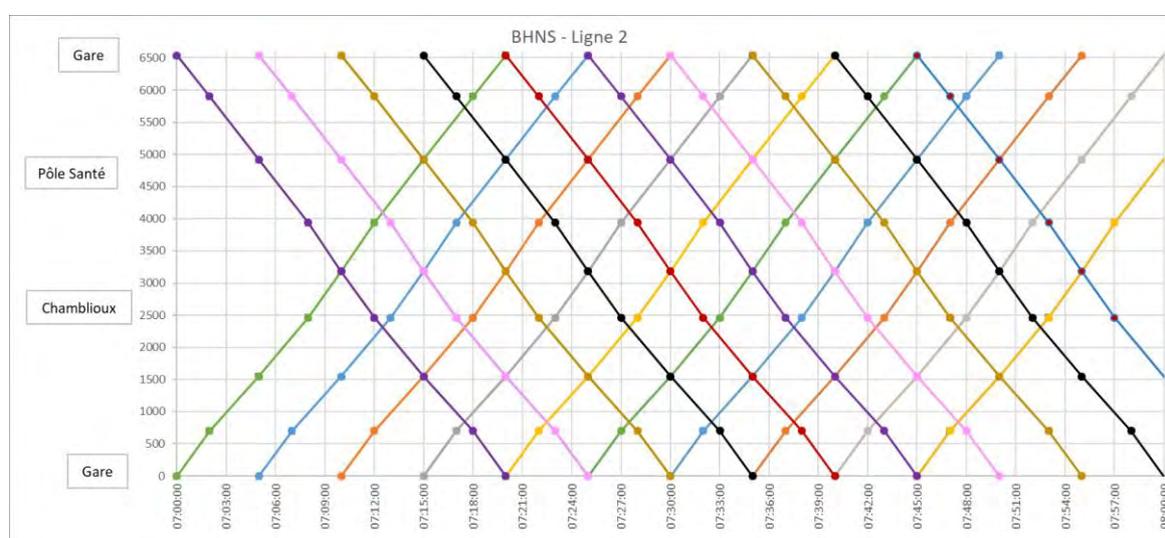


Figure 77 - Exemple simplifié graphique horaire Variante E ligne 2

Les avantages et inconvénients sont répertoriés dans le tableau suivant :

Tableau 29 - Avantages et inconvénients Variante E

Avantages	Inconvénients
Moins d'infrastructure à créer	Gabarit limité
Matériel roulant connu et éprouvé	Vitesse commerciale
Flexibilité d'exploitation	Gestion des carrefours
Dénivellation	Identité du réseau moins forte
Bruit réduit (pas de contact fer-fer)	Cohabitation avec les autres lignes
Utilisation Pont Pérolles	Pas d'amélioration pour clients régionaux
Grand choix fournisseurs	Emprises au sol importantes
Accès plain-pied	Risque de bus Bunching
Utilisation des infras de maintenance actuelles	Impacts visuels des aménagements
Position des dépôts flexibles	Image ETP inchangée
Possibilité de contourner 1 vhc en panne	
Peu de bruit	
Extensions futures possibles	

## Variante F - Télécabines

La dernière variante est la construction d'une télécabine urbaine et se base sur le rapport du postulat 2015-GC-133 – Métrocâble entre la gare de Fribourg, l'HFR et la sortie d'autoroute à Villars-sur-Glâne. Le métrocâble relie directement la zone du Pôle Santé et le secteur Vignettaz à la gare. Ensuite, le tracé se dirige en direction de Marly avec des stations intermédiaires à Charmettes, au MIC, au centre de Marly pour terminer au P+R de la Gérine. L'avantage d'un transport aérien est de pouvoir créer des tracés très directs entre les stations intermédiaires à desservir.

Pour atteindre une capacité d'environ 3'200 personnes/h/sens, la vitesse des cabines se monte à 6 m/s soit 21.6 km/h. La cadence s'élève à quelques secondes uniquement et représente approximativement une cabine tous les 50 mètres. Le temps de parcours entre Marly et la gare et entre la gare et le Pôle Santé est de 10 minutes et 4 minutes. Cette variante ne permet pas une desserte fine des différents secteurs. Par conséquent, toute l'offre de transport doit être revue et adaptée. Ce manque de desserte fine est un grand inconvénient pour ce mode de transport qui profite finalement aux utilisateurs souhaitant se rendre d'une station exacte à une autre, par exemple de la gare au Pôle Santé. Si ce n'est pas le cas, la chaîne de transport totale est plus complexe constituant un obstacle à l'attractivité de l'offre. Les bus régionaux continuent de se rendre jusqu'à la gare avec des interfaces possibles à certaines stations intermédiaires.

Les éléments principaux de l'infrastructure sont la création des deux stations terminus et cinq stations intermédiaires. Leur implémentation au centre de l'agglomération est particulièrement difficile notamment dans le secteur de la Gare. L'emprise à la surface est faible pour les pylônes sur lesquels est suspendu un câble soutenant les cabines. Il faut compter un pylône tous les 150 à 300 mètres. Cela représente dans cette variante une trentaine de pylônes à intégrer. Le franchissement de la Sarine constitue un réel défi technique. L'acceptabilité sociale d'un tel projet se présente comme un obstacle car l'impact visuel est très fort et les impacts sonores non négligeables. De plus, les différentes réglementations en lien avec les risques incendie sont extrêmement difficiles à appliquer en milieu urbain. Des distances minimales doivent être respectées entre les cabines et les autres bâtiments ainsi qu'avec le sol. Aucune télécabine urbaine n'ayant déjà été autorisée en Suisse, de nombreuses inconnues demeurent en termes d'autorisations et homologations.



Figure 78 - Parcours Variante F



Figure 79 - Position des pylônes Pôle Santé - Charmettes



Figure 80 - Position des pylônes Charmettes - Marly Centre

Le type de télécabines privilégié possède une capacité de 15 places. Il faut environ 113 cabines pour permettre la cadence évoquée précédemment. Le passage des cabines sur les pylônes et leur entrée et sortie des stations provoquent une nuisance sonore non négligeable pour les riverains.

Tableau 30 - Calcul du nombre de cabines nécessaires

Intitulé	Donnée / Calcul
Capacité totale	3'200 pers/h/sens
Capacité cabine	15 personnes
Nombre de cabine par heure par sens	$3'200 / 15 = 213.3$ cabines/h/sens
Longueur aller	5'700 mètres
Longueur aller-retour	11'400 mètres
Vitesse	6 m/s
Temps de parcours d'une cabine pour un aller-retour	$= 11'400 / 6 = 1'900 \text{ s} = 31.67 \text{ min}$
Nombre de cabines nécessaires	$= 213.3 / (60 / 31.67) = 113$ cabines

Les avantages et inconvénients sont répertoriés dans le tableau suivant :

**Tableau 31 - Avantages et inconvénients Variante F**

Avantages	Inconvénients
Emprises au sol réduites	Desserte fine
Cadence et capacité	Homologations
Innovant	Acceptation
Pas de conflits avec réseau de bus	Interfaces et intégration au reste du réseau
Confort (discutable)	Bruit des stations intermédiaires
Fiabilité technologique (expériences montagnes)	Tracé rectiligne contraignant
Fournisseurs suisses	Pas de desserte directe de Chamblieux
Nécessite peu de personnel d'exploitation	Accessibilité aux stations
Ponctualité	Accessibilité aux cabines pour PMR car en mvt
Image innovante	Avarie = arrêt du système complet
	Non circulation durant intempéries (vent)
	Arrêt complet pour entretien ?
	Bruit
	Impact visuel pour les riverains et sur le patrimoine
	Acceptation sociale (vertige, claustrophobie, etc.)
	Extension future complexe
	Forte dépendance aux fournisseurs
	Protection en cas d'incendie

### 5.3. Comparaisons des différentes variantes

Afin d'obtenir une meilleure vision des performances attendues de chaque variante de mode de transport, les tableaux présentés ci-dessous permettent de faire quelques comparaisons intéressantes.

#### 5.3.1. Matériel roulant

**Tableau 32 - Comparaison matériel roulant**

Mode	Capacité par rame	Longueur d'une rame	Gabarit minimum pour 1 voie
Train	127+209 = 336 places	74 m	5 m
Méto léger	160 places	26 m	3.5 m
Tram-train	242-292 places (selon les constructeurs)	37-42 m	3.6-5 m
Tram	237 places / 270 (TL)	42 m (Genève)	3.6 m
BHNS	224 places / 150 (TL)	24.5 m	3.5 m
Télécabines	15 places par cabine	-	-

Les places debout sont comptées avec la norme de 4 personnes/m<sup>2</sup>. Le train est le matériel roulant le plus capacitaire suivi du tram-train et du tram. Le nombre de places peut varier selon le constructeur et le modèle choisi. Les longueurs de rames sont très variables mais il est intéressant de noter que la majorité des systèmes sur rail permettent d'assembler deux rames ensemble pour gagner en capacité aux heures de pointe sans ressource humaine supplémentaire. Le gabarit minimal nécessaire pour la création d'une voie est assez similaire entre les variantes. Par contre, plus la vitesse souhaitée est grande plus le gabarit d'espace libre devra être grand également.

### 5.3.2. Vitesse commerciale

Tableau 33 - Comparaison vitesse commerciale

Mode	Vitesse commerciale
Train	En fonction contraintes infra et géométrie des voies
Métro léger	30-35 km/h
Tram-train	25-30 km/h
Tram	18-25 km/h
BHNS	15-20 km/h
Télécabines	22 km/h (6 m/s)

Le train et le métro léger offrent des vitesses commerciales très attractives grâce à une circulation en site propre. Le tram-train est un peu plus rapide en moyenne que le tram surtout car il profite en général de sites propres plus conséquents notamment en circulation périurbaine. Le BHNS est le système le moins rapide car le matériel roulant n'offre pas les mêmes possibilités en terme d'accélération notamment.

### 5.3.3. Temps de parcours

Tableau 34 - Comparaisons des temps de parcours

Mode	Marly Centre - Gare		Pôle Santé - Gare		Chamblieux - Gare	
	Longueur	Tps parcours	Longueur	Tps parcours	Longueur	Tps parcours
Train	4 km	7 min	3.2 km	10 min (BHNS)	2.6 km	8 min (BHNS)
Métro léger	4.5 km	7 min	2.8 km	6 min	1.9 km	3 min
Tram-train	4.6 km	7 min	3.2 km	8 min	2.6 km	6 min
Tram	4.1 km	8 min	3.2 km	8 min	2.6 km	6 min
BHNS	4.1 km	10 min	3.2 km	10 min	2.6 km	8 min
Télécabines	3.7 km	10 min	1.4 km	4 min	-	-
Lignes actuelles		13 min		10 min (depuis Belle-Croix)		11 min (depuis Chassotte L3)

Les temps de parcours prennent en considération les arrêts intermédiaires décrits dans le chapitre 5.2. Toutes les variantes offrent des perspectives réjouissantes en terme d'amélioration des temps de parcours comparé à la situation actuelle. Les temps de parcours étant directement liés aux vitesses et longueurs de parcours, les constats sont les mêmes que pour le tableau précédent.

### 5.3.4. Capacité horaire

Tableau 35 - Capacité horaire

Mode	Capacité maximale	Cadence Heure de pointe
Train	1'344 pers/h/sens	Cadence 15 min
Métro léger	6'000-25'000 pers/h/sens	Cadence 3 min
Tram-train	1'200-3'500 pers/h/sens	Cadence 15 min – 5 min
Tram	2'600-6'000 pers/h/sens	Cadence 3 min
BHNS	3'000 pers/h/sens	Cadence 3 min
Télécabines	3'200 pers/h/sens	Vitesse 6 m/s

La capacité horaire de chaque mode est très variable et dépend forcément et fortement de la cadence choisie. Le métro léger offre la plus grande souplesse en terme de capacité horaire. Le train et le tram-train sont les variantes les plus désavantageuses à cause des tronçons ferroviaires n'offrant que la possibilité de mettre en place une cadence 15 minutes par endroit. Pour le train, la capacité horaire est insuffisante par rapport aux hypothèses émises à l'horizon 2040. Les autres modes offrent des capacités satisfaisantes à cet horizon.

### 5.3.5. Ponctualité – Pourcentage en site propre

Tableau 36 - Comparaison des pourcentages en site propre

Mode	Longueur tracé	% Site propre
Train → Compl. BHNS	Train : 4 km BHNS : 6.5 km	Train : 100 % BHNS : 71 %
Métro léger	10.6 km	100 %
Tram-train	23.65 km → Schmitten 11.8 km → gare	L1 : 94 % avec Schmitten / 82 % sans Schmitten L2 : 71 %
Tram	11.3 km	L1 : 80 % L2 : 71 %
BHNS	11.3 km	L1 : 80 % L2 : 71 %
Télécabines	5.7 km	100 %

Un pourcentage élevé du parcours en site propre est un élément déterminant pour assurer un haut niveau de ponctualité. Moins le mode est influencé par la circulation d'autres modes, plus il est performant et ponctuel. Pour les variantes avec la ligne 2, il est plus que primordial d'augmenter le pourcentage de parcours en site propre par rapport aux variantes proposées précédemment. Des études devront absolument être faites pour approfondir cette problématique non négligeable. Une solution certes coûteuse pourrait être de mettre certains tronçons en souterrain. Idéalement, un minimum de 80 % du parcours en site propre est conseillé pour de bonnes performances du système.

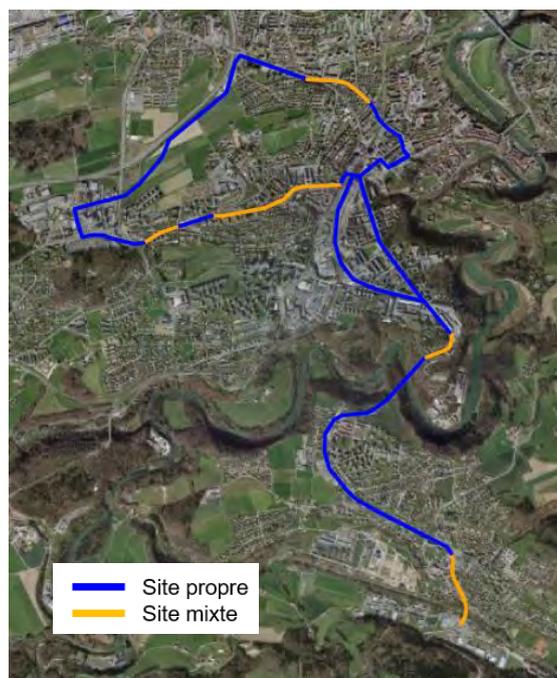


Figure 81 - Carte des sites propres

### 5.3.6. Coûts et financements

Tableau 37 - Comparaison générale des coûts

Variante	Coût d'un véhicule	Coût d'investissement 1 <sup>ère</sup> ligne (sans vhc)	Durée vie	Coût exploitation 1 <sup>ère</sup> ligne
Train <sup>35</sup>	9-10 M CHF	5-10 M CHF / km <sup>36</sup>	30-40 ans	14-15 CHF/km
Méto léger	4-5 M CHF	70-150 M CHF /km <sup>37</sup>	30-40 ans	15-20 CHF/km
Tram-train	7-9 M CHF	15 – 70 M CHF /km <sup>38</sup>	30-40 ans	15-18 CHF/km
Tram	4-5 M CHF	50-70 M CHF/ km <sup>39</sup>	30-40 ans	13-14 CHF/km
BHNS	1.4 M CHF	15-20 M CHF /km <sup>40</sup>	15 ans	9-10 CHF/km
Télécabines	0.3-0.5 M CHF	5 M CHF /km	30 ans	300 CHF/h <sup>41</sup>

Sans surprise, le matériel roulant des systèmes ferroviaires est plus onéreux. Le coût d'investissement pour la construction de l'infrastructure varie fortement entre les différentes variantes. Les fourchettes de coûts sont relativement larges car la topographie exacte du lieu et le tracé définitif retenu auront de forts impacts sur les coûts. Selon un rapport des VVL (Verkehrsverbund Luzern), les coûts de construction d'un tram en Suisse sont environ 3 fois plus cher au kilomètre que ceux d'un BHNS<sup>42</sup>. La durée de vie des systèmes ferroviaires est d'environ 30 à 40 ans contre 15 ans pour le BHNS.

#### Investissements

Le calcul simplifié des investissements comprend l'achat du matériel roulant selon l'offre définie dans les variantes et la construction de l'infrastructure selon la longueur des tracés proposés.

Tableau 38 - Pré-estimation des coûts d'investissement des variantes

Variante	Matériel roulant	Nbre véh sur réseau	Infrastructures	Total estimé
Train + Compl. BHNS	32-34 M CHF	2 + 10	730-880 M CHF	762-914 M CHF
Méto léger	40-50 M CHF	10	1'020-1'430 M CHF	1'060-1'480 M CHF
Tram-train	70-78 M CHF	13	520-740 M CHF	590-818 M CHF
Tram	40-68 M CHF	14	570-790 M CHF	610-858 M CHF
BHNS	20-25 M CHF	16	170-230 M CHF	190-255 M CHF
Télécabines	40 M CHF	110	54 M CHF <sup>43</sup>	94 M CHF

<sup>35</sup> Données uniquement pour le train, BHNS exclus

<sup>36</sup> Tracé en voie unique en surface

<sup>37</sup> En souterrain

<sup>38</sup> Tracé en surface

<sup>39</sup> Tracé en surface

<sup>40</sup> Tracé en surface

<sup>41</sup> Pour un tronçon simple, Source : Transport par câble en milieu urbain, Certu, 2012

<sup>42</sup> Source : [https://www.vvl.ch/files/3314/0249/3276/Schlussbericht\\_BHLS\\_Luzern\\_Upload.pdf](https://www.vvl.ch/files/3314/0249/3276/Schlussbericht_BHLS_Luzern_Upload.pdf)

<sup>43</sup> Hypothèse : 2 stations motrices

## Exploitation

Différentes hypothèses ont été émises pour les estimations ci-dessous. Par conséquent, les chiffres ne sont pas forcément représentatifs de la qualité de l'offre. Des analyses approfondies devront être menées à futur.

Hypothèses :

- Cadence considérée selon variantes du chapitre 5.2 sur toute la journée
- Amplitude de 20h en semaine
- Kilomètres des week-ends et jours fériés = deux tiers d'un jour ouvrable

**Tableau 39 - Pré-estimation des coûts d'exploitation des variantes**

Variante	Km annuel total	Coût par km	Total
Train + Compl. BHNS	1.2 M km	14-15 / 9-10 CHF/km	12-13 M CHF/an
Métro léger	2.8 M km	15-20 CHF/km	42-56 M CHF/an
Tram-train	1.6 M km <sup>44</sup>	15-18 CHF / km	24-28 M CHF / an
Tram	1.8 M km	13-14 CHF/km	23-25 M CHF
BHNS	1.8 M km	9-10 CHF/km	16-18 M CHF
Télécabines	7'300 heures/an	300 CHF/h par tronçon simple <sup>45</sup>	8-10 M CHF

Pour la variante train et tram-train, seuls les kilomètres entre la gare et Marly ont été comptabilisés dans les estimations. La variante train est avantageuse car les kilomètres effectués sont plus faibles tout comme la cadence. A l'inverse, le métro léger est très onéreux car le calcul comprend une cadence de 3 minutes.

## Financements

Concernant le financement, les infrastructures ferroviaires sont normalement financées par la Confédération via le fond FIF (Fond d'infrastructure ferroviaire). Elles doivent être intégrées dans le programme de développement stratégique de l'infrastructure ferroviaire (PRODES) dans l'étape d'aménagement correspondant. Il est primordial que le Canton défende l'intégration des infrastructures nécessaires auprès des autres entreprises de transport et cantons. Dans le cas de la variante A, l'offre ferroviaire remplace une offre de trafic urbain existante entre Fribourg et Marly. Il n'est donc pas garanti que l'infrastructure puisse être financée par ce biais.

Pour les autres variantes (B à F), les infrastructures de la variante retenue doivent être intégrés dans les futurs plans d'agglomération. Si les mesures sont retenues, elles peuvent bénéficier de financement de la part de la Confédération via le fond FORTA (Fonds pour les routes nationales et le trafic d'agglomération).

L'Etat de Fribourg et l'Agglomération participent à l'amortissement du matériel roulant et des infrastructures. Ils indemnisent également les coûts d'exploitation des lignes urbaines.

<sup>44</sup> Fribourg – Schmiten non compris

<sup>45</sup> Hypothèse : variante F équivalente à 4 tronçons simples

## 5.4. Recommandations

A ce stade des réflexions, il reste encore beaucoup de points techniques et financiers à analyser et à considérer de manière plus détaillée avant d'arrêter la variante définitive. Cependant, en tenant compte des différents éléments à disposition pour cette étude notamment en termes de technologies et d'intégration au réseau de transports publics, il est recommandé d'approfondir les variantes Tram et BHNS.

Les variantes Train, Métro léger, tram-train et télécabines sont à écarter pour les raisons suivantes :

**Train :** La variante train n'offre pas l'opportunité de créer un réseau cohérent avec une vraie identité pour l'ensemble de l'agglomération. La qualité n'est pas identique sur l'ensemble des axes forts. De plus, les infrastructures à créer sont gigantesques et leur faisabilité technique non garantie. La mise en souterrain d'une longue partie du tronçon en direction de Marly nécessiterait des prouesses techniques et des coûts exorbitants.

**Métro léger :** La variante métro léger est quasiment en totalité en construction souterraine impliquant des coûts d'investissement pharamineux. De plus, la capacité d'un tel système de transport est surdimensionnée par rapport à la taille future de l'agglomération de Fribourg en comparaison avec d'autres villes suisses et européennes. L'image des systèmes de transport souterrains n'est pas toujours positive pour les usagers à cause du sentiment d'insécurité mais un métro léger véhicule toutefois une image innovante. Les arrêts souterrains posent un certain nombre de problèmes quant à leur accessibilité. Cette variante est jugée trop ambitieuse et ne répond donc pas aux besoins futurs.

**Tram-train :** Le principal inconvénient de cette variante est l'utilisation d'un double système impliquant différentes contraintes en termes d'infrastructures et d'exploitation. L'environnement fribourgeois ne permet pas d'exploiter tout le potentiel de cette technologie car la configuration des lieux et de son urbanisation n'est pas optimale. De plus, la lisibilité du réseau n'est pas optimale. L'intégration sur le réseau CFF n'est pas garantie dans une configuration déjà fortement chargée et représente un risque non-négligeable.

**Télécabines urbaines :** La variante de télécabines fait face à un important obstacle : la réglementation notamment en matière de sécurité incendie particulièrement contraignante. Cette dernière rend très difficile l'insertion d'un tel mode de transport dans un environnement bâti tel que Fribourg. De plus, l'acceptabilité sociale est un vrai challenge car il sera très difficile de convaincre les riverains d'accepter de voir passer des télécabines à hauteur de leur balcon sans compter les nuisances sonores des stations intermédiaires par exemple. Concernant l'exploitation, les conditions météorologiques peuvent provoquer des arrêts de longue durée ce qui est difficilement acceptable pour la future colonne vertébrale du réseau de transports publics.

De manière générale, les variantes écartées présentent une mise en œuvre trop complexe et trop peu adaptée à la topographie et aux contraintes de l'agglomération de Fribourg. L'accessibilité et l'intégration de ces variantes sont insatisfaisantes.

Les variantes tram et BHNS présentent les meilleures opportunités. Elles possèdent de nombreux avantages communs. Elles sont adaptées à la future taille de l'agglomération avec des potentielles d'extensions ainsi qu'une flexibilité intéressante d'augmentation des capacités. Les deux types de technologie sont éprouvées et fiables permettant ainsi de garantir une exploitation future avec un haut niveau de qualité. De plus, chacun de ces deux systèmes offre des avancées technologiques permettant par exemple, dans certains cas, de s'affranchir

de lignes de contact aériennes. Les trams et les bus bi-articulés circulent depuis de nombreuses années en Suisse et par conséquent, les réglementations existent et les véhicules ont déjà passé les épreuves d'homologation. Comme un réseau majoritairement en surface est projeté à ce stade, il existe de réelles opportunités de repenser l'aménagement urbain et les espaces dédiés à chaque mode de déplacement. La création d'un réseau tram ou BHNS permettra de donner un nouveau visage à l'agglomération de Fribourg. Le voyage en surface est perçu de manière plus positive par le client. Le tram jouit vraiment d'une excellente image auprès des clients grâce au confort apporté. Un exemple français a montré une augmentation de 100% des passagers avec la création d'une ligne de tram contre 50% pour une ligne de BHNS. Selon le type de trams choisi, le bruit peut être réduit et la qualité de vie des riverains ainsi améliorée. La création d'un vrai réseau cohérent est la clé du futur mode de transport lourd à haute capacité.

La stratégie proposée est d'avoir pour objectif la création d'un réseau de tramways ambitieux sur les axes forts de l'agglomération en priorité. Le BHNS pourrait être une variante de repli si des contraintes techniques et financières seraient insurmontables pour la variante tram. Dans tous les cas, il est fortement recommandé de poursuivre les études des deux variantes citées afin d'avoir la confirmation de leur faisabilité. En France, certaines villes comme Lille, Lyon ou Avignon développent en parallèle un réseau tram au centre-ville et un réseau BHNS pour relier les pôles en périphérie ce qui n'est pas la volonté commune pour l'agglomération fribourgeoise. La mise en place d'un seul système permettra d'optimiser assurément les coûts et l'exploitation.

D'un point de vue politique, il faut cependant être conscient que la création de lignes de tramways soulève souvent beaucoup d'oppositions de la part des riverains et que son intégration en milieu urbain n'est pas aisée. Un fort soutien politique est donc indispensable. De plus, il est essentiel d'intégrer toutes les parties prenantes y compris les associations de quartiers dans les réflexions concernant les aménagements. La création d'un système de transport lourd redessine complètement le milieu urbain et va toucher tous les Fribourgeois. Par exemple à Genève, le projet de prolongation de 4.5 km d'une ligne de tram a provoqué 230 oppositions. Les principales inquiétudes concernaient le report de trafic dans les quartiers avoisinants, les nuisances sonores et les suppressions de places de parc. L'Agglomération lausannoise est en train de créer son réseau d'axes forts constitué d'une nouvelle ligne de métro, une ligne de tram et trois lignes de BHNS. L'introduction d'un système tram et BHNS est une nouveauté. Le principal point de blocage du projet a été la création d'une nouvelle rampe pour la circulation du trafic individuel motorisé impliquant de couper un certain nombre d'arbres. Sur le fond, tous sont d'accord pour qu'un réseau tram et BHNS soit construit. Les principales inquiétudes concernent le nouveau plan de circulation ainsi que l'accessibilité aux commerces du centre-ville par les voitures. Les principaux opposants ont donc été des associations écologistes et des commerçants. Finalement, des solutions ont pu être trouvées et le projet débloqué. Le troisième exemple est celui de Berne avec la prolongation du tram vers Ostermündigen dont la PAP a été déposée en décembre 2020. 125 oppositions ont été recensées émanant principalement des riverains et commerçants. Dans une future planification de création d'axes forts, il est primordial de prendre en compte ces éléments dans le planning prévisionnel.

Tableau 40 – Résumé des recommandations

Points forts	Train	Mé- tro léger	Tram- train	Tram	BHNS	Télécabines
Maturité technologique	✓	✓	✗	✓	✓	✗
Adapté à la taille de l'Agglo et de son évolution	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Flexibilité	✗	✗	✗	✓	✓	✗
Accessibilité	✓	✗	✓	✓	✓	✗
Image positive et forte	✗	✓	✓	✓	✗	✓
Faisabilité technique	✗	✗	✗	✓	✓	✗
Opportunités urbanistiques	✗	✗	✓	✓	✓	✗
Choix variante	Ecarté	Ecarté	Ecarté	Retenu	Retenu	Ecarté

## 6. Etude de l'extension Schönberg

Que ce soit pour la variante tram ou la variante BHNS, il est primordial d'avoir des réflexions larges sur les axes forts afin d'obtenir un réseau cohérent au niveau de l'ensemble de l'agglomération de Fribourg. De plus, la création d'un vrai réseau de transport à haute capacité permet d'atteindre des coûts d'exploitation plus intéressants et d'optimiser les infrastructures et processus d'exploitation qui devront être créés dans tous les cas (maintenance, dépôt, etc.). La desserte du quartier du Schönberg paraît être une extension évidente du réseau à haute capacité. Le présent chapitre résume les points clés de la situation actuelle, présente les développements futurs et propose une desserte de ce quartier afin de le relier par tram ou BHNS au centre-ville de Fribourg.

### 6.1. Analyse de la situation actuelle

Seuls les points principaux de la situation actuelle ont été analysés. Le quartier du Schönberg dans cette étude comprend le secteur suivant :



Figure 82 - Localisation quartier du Schönberg

En termes de démographie et d'emplois, le quartier de Schönberg regroupe plus de 9'300 habitants pour une densité moyenne de 64 habitants/hectare. A titre de comparaison, cette densité est plus élevée que celle de Marly. Le quartier comprend également plus de 1'900 emplois répartis dans plus de 470 établissements. Les résultats des emplois sont également proches des valeurs obtenues pour Marly dans la première partie de la présente étude.

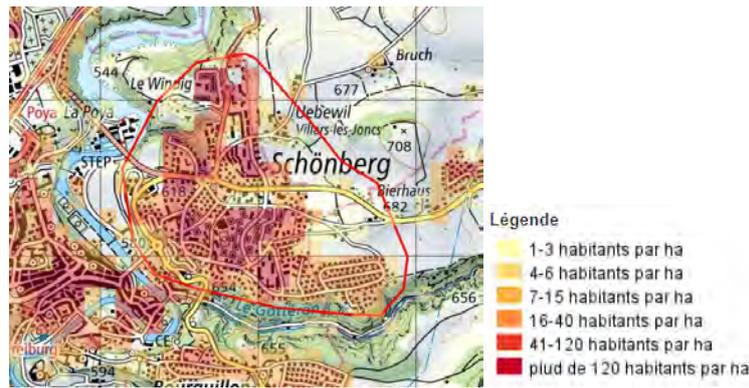


Figure 83 - Densité de la population

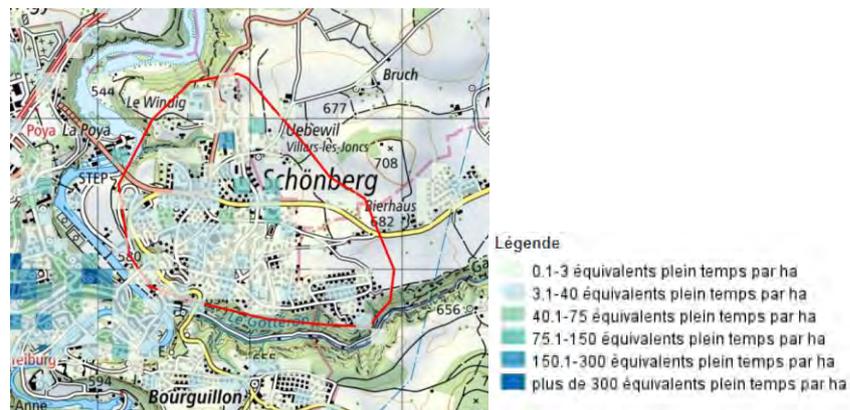


Figure 84 - Densité des emplois

Les habitants et les emplois se concentrent sans surprise le long des axes principaux soit la Route de Berne, la Route de Tavel et la Route Saint-Barthélémy.

Différents pôles générateurs de trafic se situent dans ce quartier notamment des écoles dont la Fondation des Buissonnets. Plusieurs commerces de taille petite à moyenne sont répartis dans cette zone. Le P+R de Heitera est situé à proximité de la ligne 2 et a une capacité de 100 places. L'Office cantonal de la circulation et de la navigation se trouve à la Route de Tavel. Comme il s'agit d'un service à la population, il est important qu'il soit bien connecté au réseau de transports publics. Le quartier du Schönberg est principalement constitué d'habitations à forte et moyenne densité.

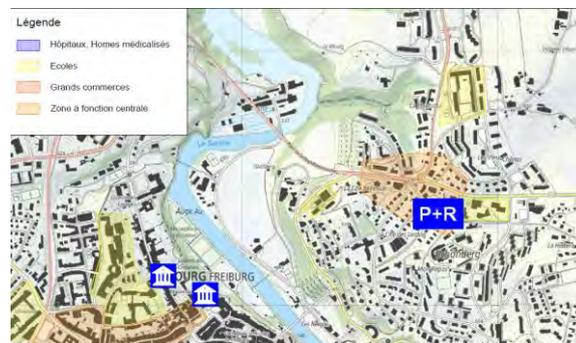
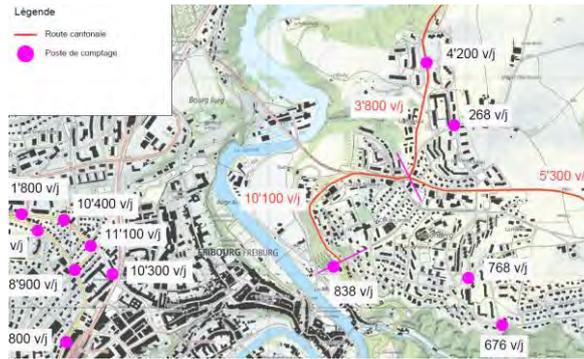


Figure 85 - Pôles générateurs

Concernant le trafic individuel motorisé, les charges de trafic sont élevées sur les axes principaux. Par contre, elles sont relativement faibles dans les zones résidentielles à proprement parler.



**Figure 86 - Charges de trafic**

Le quartier du Schönberg est relativement épargné par les problèmes de congestion que ce soit aux heures de pointe du matin et du soir. La construction du Pont de la Poya a permis de libérer la Route de Berne en direction du Pont de Zaehringen d'une part importante du trafic motorisé profitant ainsi aux lignes de transports publics.



**Figure 87 - Congestion matin et Figure 88 - Congestion soir**

Le quartier du Schönberg est desservi par différentes lignes urbaines et régionales de transports publics. Les lignes régionales partent de la gare de Fribourg et circulent principalement en direction de Tavel en empruntant la route cantonale. La ligne urbaine 2 est actuellement exploitée grâce à des trolleybus et dessert la zone au sud de la Route de Berne-Route de Tavel. La ligne 6 est quant à elle exploitée principalement avec des bus diesel mais il arrive parfois que des trolleybus à batterie y circulent également. A moyen terme, les véhicules diesel seront remplacés par des véhicules à zéro émission. Elle dessert la zone de Windig au nord de la Route de Berne-Route de Tavel puis l'OCN ainsi que l'Avenue Jean-Marie Musy.

Les cadences des lignes régionales sont variables. Les deux lignes les plus importantes circulent à une cadence horaire avec des renforts à 30 minutes aux heures de pointe. Pour le réseau urbain, la ligne 2 a une cadence de 7.5 minutes en semaine et la ligne 6 de 15 minutes.

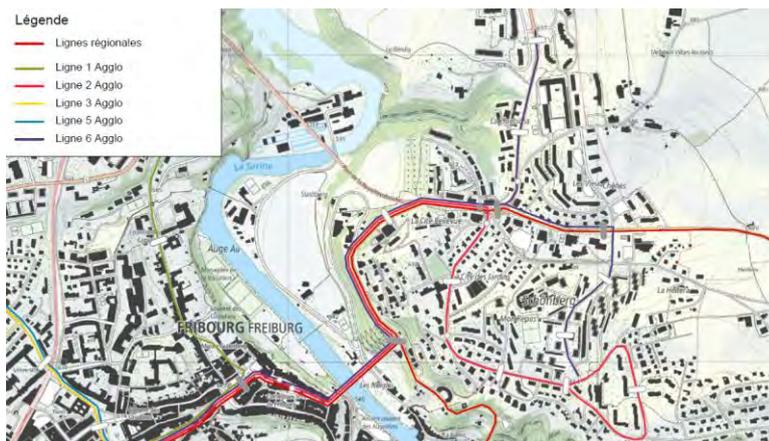


Figure 89 - Lignes transports publics

Tableau 41 – Résumé offre transports publics

N°	Nom	Cadence semaine HP / HC	Cadence sa / di	Type vhc
2	Les Dailles – Moncor – Gare – St-Pierre - Schönberg	7.5 min	15 min <sup>46</sup>	Trolley
6	Guintzet – Gare - Musy	15 min	15 min / 30 min	Diesel / Trolley batt
123	Fribourg – Tavers – Plaffaien - Schwarsee	30 min / 60 min	60 min	18 m
181	Fribourg – Heitenried - Schwarzenburg	7 paires	3 paires	12 m
182	Fribourg – Tavers – Heitenried – Schmitten - Wünnwil	60 min	60 min / 60 min HP	18 m

La ponctualité des différentes lignes de transports publics est bonne aux heures de pointe du matin. Par contre, le soir, la circulation des bus est dégradée et de nombreux retards sont observés. La ligne 6 subit de très gros retards pris principalement de l'autre côté de la ligne dans le secteur de l'Hôpital cantonal et Beauregard.

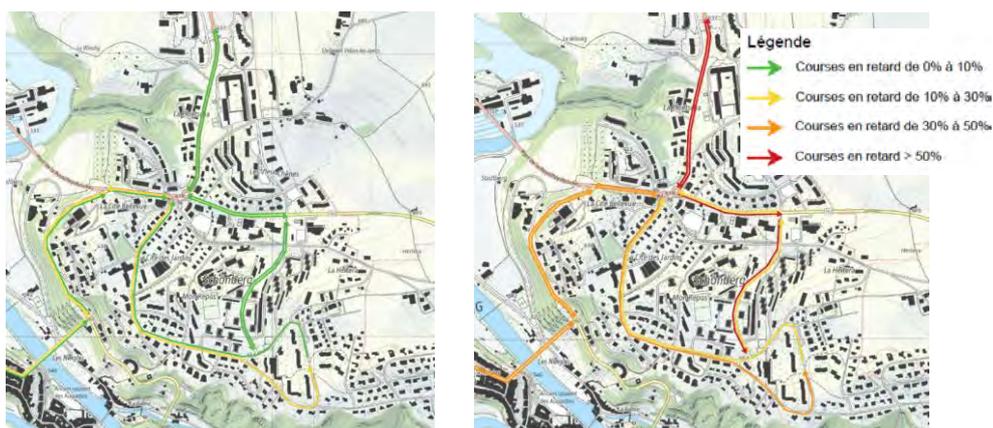


Figure 90 - Ponctualité TP matin et Figure 91 - Ponctualité TP soir

Les tronçons entre St-Pierre et Tilleul ainsi qu'entre Tilleul et Stadtberg sont les plus chargés en termes de fréquentations urbaines et régionales. La branche Schönberg de la ligne 2 est clairement plus utilisée que les branches Windig et Musy de la ligne 6.

<sup>46</sup> Offre renforcée le samedi de 9h à 19h

Légende

Moy journalière  
HPmatin Max  
HPsoir Max

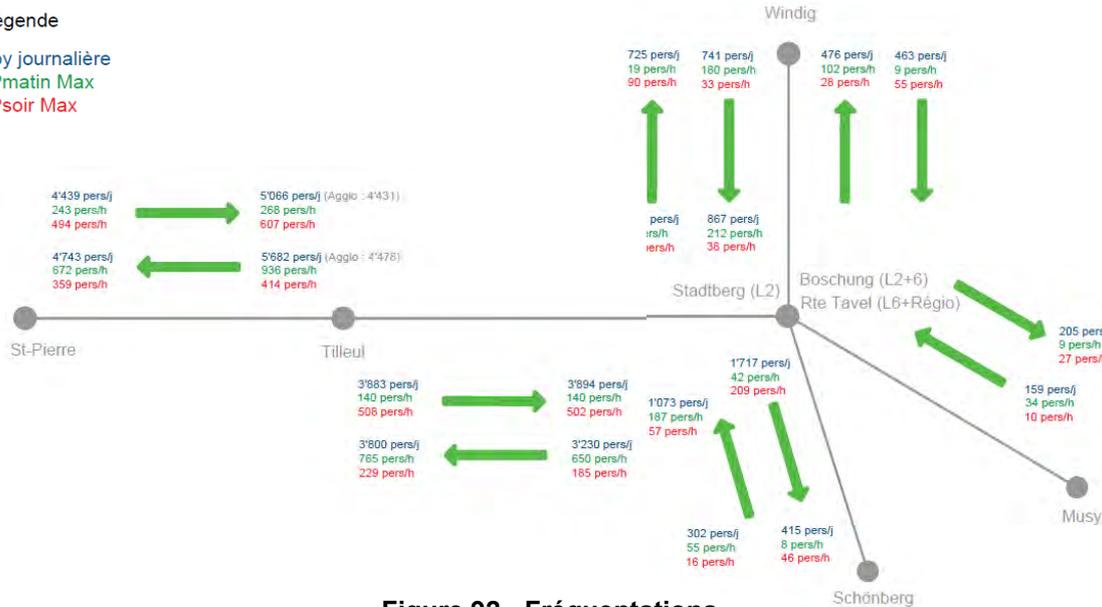


Figure 92 - Fréquentations

Concernant la mobilité douce, les secteurs autour de l'arrêt de bus Tilleul et de la Cathédrale sont particulièrement sensibles aux accidents avec un cumul de 16 accidents impliquant des vélos et piétons. L'étroitesse des rues et le manque de visibilité peuvent être des explications plausibles. Les données statistiques n'indiquent pas si un bus est impliqué. Les accidents sont en grande majorité répertoriés au niveau des passages pour piétons. Deux se trouvent au niveau de l'arrêt de bus de Tilleul. Ce secteur est toutefois moins accidentogène que l'Avenue de Pérolles et le secteur de la gare. Le double giratoire de la Route de Tavel est également passablement dangereux et nécessite des mesures d'amélioration de la sécurité.

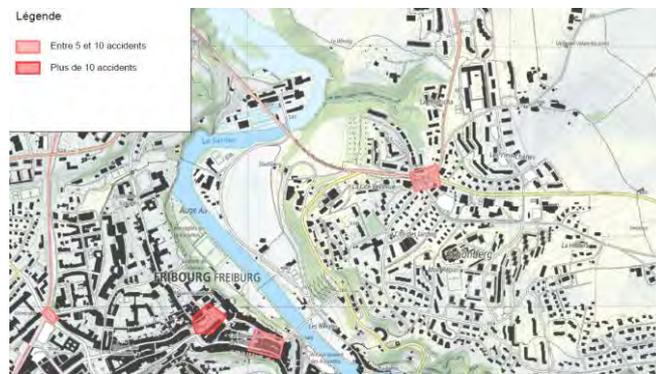


Figure 93 - Sécurité vélos et piétons

## 6.2. Situation future

Les plans d'Agglomération de 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> génération prévoient un développement de la zone « Les Hauts de Schiffenen » qui se trouve à proximité de l'actuel arrêt de bus « Windig ». Environ 1'000 nouveaux logements sont prévus dans cette zone. D'une manière générale, les plans d'agglomération planifient une densification du quartier du Schönberg. Une des mesures prévoit de donner une nouvelle centralité au quartier au niveau de l'actuel double giratoire de la Route de Tavel. Dans le PA3, de nouvelles lignes de bus urbaines sont prévues pour desservir de manière distincte la branche Windig et Musy. Une ligne diamétrale est également projetée. Il n'y a, par contre, pas de zones d'activités d'importance à développer dans le secteur.



Figure 94 - Localisation nouveau quartier Hauts de Schiffenen<sup>47</sup>

### 6.3. Offre future

Sur la base des augmentations observées au chapitre 3, l'hypothèse est faite qu'une augmentation minimale de 290 % est projetée pour la fréquentation future. Il s'agit de l'augmentation minimale obtenue dans le chapitre 3.

Tableau 42 - Demande future

Axe	Actuel HP	Futur HP
St-Pierre - Tilleul	936 pers/h	2'714 pers/h
Tilleul – Stadtberg/Boschung/Rte Tavel	765 pers/h	2'218 pers/h
Rte Tavel – Windig	212 pers/h	615 pers/h
Windig – Musy	102 pers/h	296 pers/h
Stadtberg - Schönberg	209 pers/h	606 pers/h

Ces fréquentations comprennent un rabattement des bus régionaux à hauteur de la Route de Tavel. Entre St-Pierre et Stadtberg, les valeurs à l'heure de pointe correspondent aux ordres de grandeur obtenus dans le secteur de la Gare et semblent donc cohérentes. Ensuite, les valeurs sont plus faibles sur les différentes branches mais ce constat est logique car les lignes de bus ont pour mission d'offrir une desserte fine des zones du quartier. L'augmentation considérée ne tient donc pas compte de la population supplémentaire prévue sur les Hauts de Schiffenen. En réalité, les valeurs à l'heure de pointe de la branche de Windig devraient donc dépasser celles de la branche Schönberg. Toutefois, des analyses plus approfondies sont nécessaires afin de déterminer la future nouvelle fréquentation journalière.

### 6.4. Variante Tram et BHNS

L'extension en direction du quartier du Schönberg part de la gare et emprunte la Rue St-Pierre puis la Route des Alpes pour atteindre l'arrêt Tilleul. Ensuite, la ligne traverse le quartier du Bourg et le Pont Zaehringen avant de rejoindre l'arrêt Boschung. La ligne est prolongée jusqu'à Vieux-Chênes et Chaley en empruntant l'Avenue Jean-Marie Musy. Une place suffisante permet de créer un terminus optimal. Cet itinéraire se justifie car il permet de desservir les zones densément peuplées du quartier ainsi que l'OCN avec un tracé direct. Il est toutefois nécessaire de créer un rabattement du secteur Windig sur l'arrêt Boschung. Actuellement, les passagers privilégient souvent la ligne 2 pour atteindre le secteur sud de Musy car elle est plus rapide que la ligne 6 effectuant un aller-retour à Windig.

<sup>47</sup> Source : <https://www.lvph.ch/projets/grande-echelle/les-hauts-de-schiffenen/?ref=grande-echelle>

Les pentes de la Route des Alpes et de la Route de Berne ne sont pas un obstacle insurmontable avec des pentes moyennes de 6 % et 4 % et des pointes maximales de 7 % sur de courts portions. Avec du matériel roulant tram à plancher bas, les pentes maximales généralement admises sont de 8 %. Même si les tolérances sont respectées, ce point devra être clairement stipulé lors de l'appel d'offre pour l'achat du matériel roulant.

Le projet du Bourg ne prenant pas compte le passage d'un mode lourd sur ce secteur, des études supplémentaires devront être menées afin de s'assurer que la circulation dans cette zone est possible sans détérioration et de définir des mesures adéquates le cas échéant.



**Figure 95 – Parcours Gare - Schönberg**

Afin d'optimiser et de rendre attractive l'offre, ce nouveau tracé est joint à la ligne 1 Marly-Gare pour devenir une ligne Marly-Gare-Schönberg. Que ce soit pour une exploitation avec un tram ou un BHNS, une cadence de 5 minutes est offerte aux heures de pointe garantissant ainsi des capacités suffisantes sur l'entier de la ligne. Le temps de parcours entre la gare et Chaley est de 9 minutes pour le tram et 11 minutes pour le BHNS. Il est tout à fait envisageable de rabattre les lignes régionales au niveau de l'arrêt Boschung ou Vieux-Chênes pour permettre un gain de confort pour la variante tram. Par contre, le gain de temps n'est pas énorme ni pour le tram ni pour le BHNS. Cet élément mérite des réflexions plus approfondies.

**Tableau 43 – Offre proposée**

Tronçon	Cadence HP	Cadence HC
Ligne 1 – Schönberg - Fribourg, gare – Marly, centre	5 min	10 min
Ligne 2 - Fribourg, gare – Pôle Santé – Chamblieux – Fribourg, gare	5 min	10 min

L'entier du nouveau tracé se situe en surface autant pour le tram que pour le BHNS et utilise l'actuel Pont de Zaehringen. Entre la gare et Tilleul, des possibilités existent pour avoir au moins une voie en site propre. Depuis la fermeture du Pont de Zaehringen au trafic individuel motorisé, il y a très peu de trafic dans le quartier du Bourg ce qui sera bénéfique pour le passage du tram ou BHNS. Le tronçon entre le Pont de Zaehringen et l'arrêt Vieux-Chênes offre aussi des opportunités intéressantes pour un site propre. L'Avenue Jean-Marie Musy est plus problématique mais les immeubles n'étant pas directement au bord de la route, un agrandissement de la chaussée pour un site propre est à étudier. Sans ce dernier tronçon, la ligne 1 possède 80% de son tracé en site propre. Un point de croisement supplémentaire pour le tram et deux pour le BHNS sont à créer. L'extension est déjà équipée de lignes de contact aériennes entre la gare et l'arrêt Boschung. Si la variante tram est choisie, des vérifications du Pont Zaehringen pourraient être nécessaires afin de s'assurer qu'il puisse résister aux charges supplémentaires. Le secteur de la Cathédrale est complexe pour l'intégration d'un mode de

transport lourd car il regorge de bâtiments historiques protégés. La largeur est satisfaisante mais les croisements entre la Cathédrale et le giratoire de la Grenette sont difficiles. Un seul véhicule peut emprunter ce tronçon à la fois.

Pour l'exploitation, 4 trams supplémentaires ou 6 bus bi-articulés supplémentaires sont requis pour parcourir l'entier de la nouvelle ligne 1 avec les cadences mentionnées.

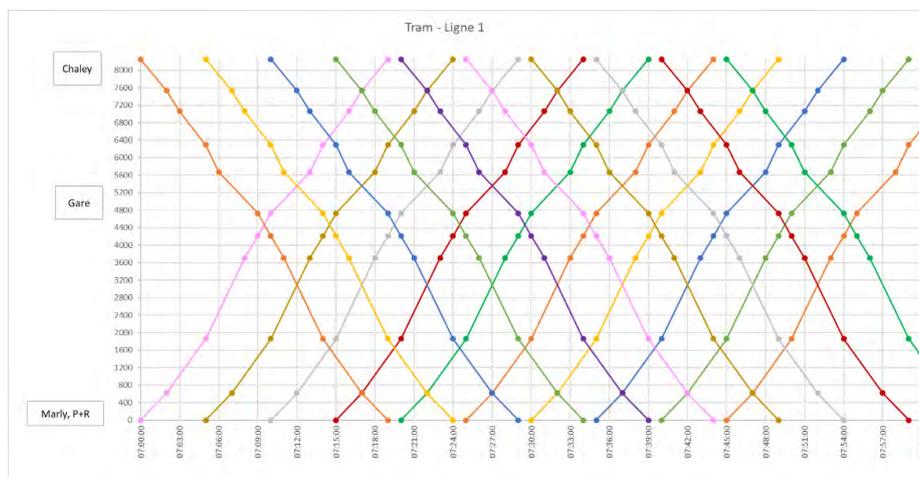


Figure 96 - Exemple simplifié graphique horaire Ligne 1 avec Schönberg – Variante Trams

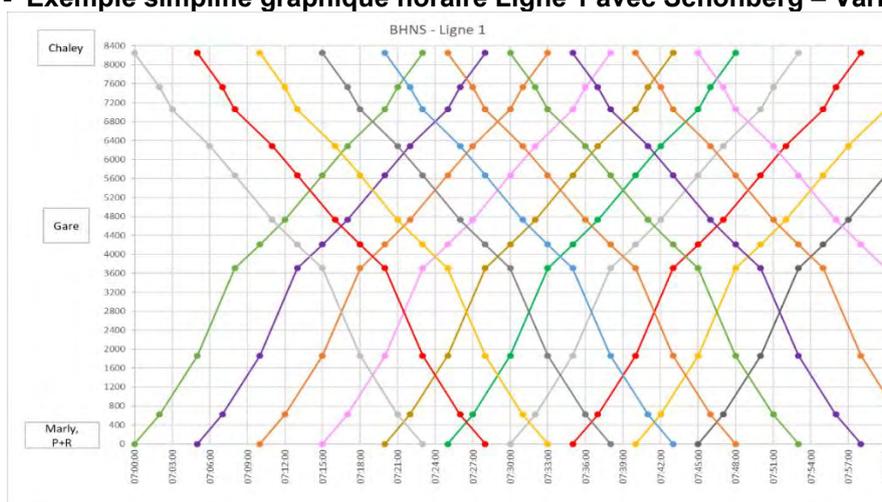


Figure 97 - Exemple simplifié graphique horaire Ligne 1 avec Schönberg - Variante BHNS

Les coûts d'investissement pour l'extension en direction du quartier du Schönberg peuvent être estimés selon les données du tableau suivant :

Tableau 44 - Coûts d'investissements supplémentaires

Variante	Matériel roulant	Infrastructures	Total estimé
Tram	12-20 M CHF	170-190 M CHF	182-210 M CHF
BHNS	8-10 M CHF	50-60 M CHF	58-70 M CHF

Dans le cadre de cette étude, seule une extension en direction du quartier du Schönberg a été analysée. Evidemment, d'autres axes ont un potentiel très intéressant pour accueillir un mode de transport lourd à terme. Ces extensions pourraient intervenir après la mise en service d'un premier réseau de base. Les axes en direction de la Porte de Fribourg, de Givisiez et de Villars-sur-Glâne semblent être prioritaires pour de futures études.

## 7. Contraintes pour le concept d'exploitation

Dans ce chapitre, les thèmes abordés sont les suivants : dépôt, maintenance du matériel roulant et des infrastructures, formation du personnel roulant et de maintenance, centre d'exploitation et les processus d'exploitation pour les variantes trams et BHNS.

### 7.5. Dépôt

#### Tram

Le choix de la technologie tram implique la création d'au minimum un nouveau dépôt pour le remisage et la maintenance du matériel roulant. Il existe de nombreuses similitudes avec le monde ferroviaire dans lequel les TPF ont déjà une longue expérience. Le nouveau dépôt doit idéalement intégrer les éléments suivants : des pistes de remisage, au minimum une piste d'essai, une zone pour le lavage extérieur, une zone de maintenance et logistique (voir chapitre suivant), des locaux techniques et des locaux pour les conducteurs et mécaniciens (prise service, réfectoires, vestiaires). Une telle infrastructure nécessite par conséquent d'importantes surfaces de terrain. Le choix de l'emplacement d'un dépôt de tram comporte de nombreux enjeux en lien direct avec la stratégie d'exploitation. Pour déterminer son emplacement, il faut absolument considérer les éléments de la liste non-exhaustive suivante :

- Surface nécessaire vs surface à disposition
- Distance et liaisons avec le réseau
- Impacts des nuisances sur les riverains, zone industrielle à privilégier
- Alimentation électrique suffisante
- Accessibilité
- Potentiel d'extension pour une durée de vie du dépôt de 30-40 ans

Il est à noter qu'une analyse des capacités selon les futurs horaires devra être effectuée pour garantir la fonctionnalité du dépôt pour, par exemple, éviter les conflits avec les occupations des voies. Il est également nécessaire d'établir une stratégie globale d'implantation de futurs dépôts. En effet, il peut être judicieux d'avoir des dépôts (uniquement remisage) donnant accès à différents endroits du réseau en cas d'extensions importantes du réseau de base à un horizon pour lointain que la présente étude pour faciliter l'exploitation et la gestion des perturbations.

Afin d'avoir un ordre de grandeur des coûts et de la surface nécessaire, trois exemples suisses sont comparés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 45 - Comparaison dépôts Trams**

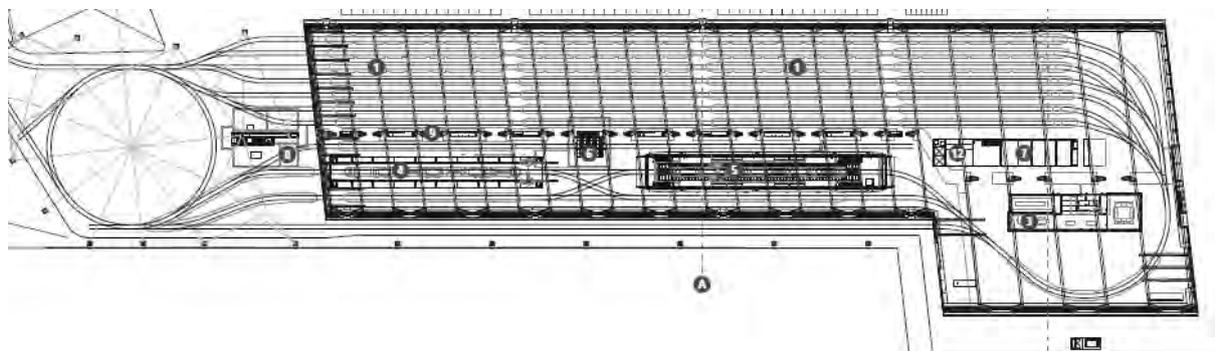
Nom dépôt	Surface	Nbre rames prévu	Coût	Spécificités
En Chardon TPG <sup>48</sup>	80'000 m <sup>2</sup>	70 rames de 40 m + 130 bus articulés	330 M CHF	3 niveaux dont 2 souterrains
Perrelet TL <sup>49</sup>	5'600 m <sup>2</sup>	13 rames de 45 m	40-45 M CHF	Pas encore construit
Bolligenstrasse Bernmobil <sup>50</sup>	11'000 m <sup>2</sup>	28 rames de 42 m	100 M CHF	

<sup>48</sup> <https://www.tpg.ch/fr/centres-de-maintenance>

<sup>49</sup> <https://www.tramway-lausannois.ch/de-lausanne-a-renens/garage-atelier/>

<sup>50</sup> [https://www.bernmobil.ch/file/Unternehmen/Portrait/Publikationen/Tramdepot\\_Bolligenstrasse\\_Brosch%C3%BCre.pdf](https://www.bernmobil.ch/file/Unternehmen/Portrait/Publikationen/Tramdepot_Bolligenstrasse_Brosch%C3%BCre.pdf)

Concernant le potentiel réseau de tram à Fribourg, la première étape fait état de 14 rames et 2 de réserve pour le réseau de base. L'extension vers Schönberg implique l'acquisition de 4 rames supplémentaires. Le dépôt de Bolligenstrasse de Bernmobil peut donc être comparé aux besoins du réseau de base tram de Fribourg.



**Figure 98 – Plan du dépôt de la Bolligenstrasse de Bernmobil**

Sans entrer dans une analyse détaillée des emplacements potentiels, il paraît judicieux à première vue de mener des réflexions dans le secteur de l'actuel centre de maintenance TPF de Givisiez, dans le secteur Moncor/Pôle Santé et dans la zone industrielle de Marly. Malgré sa position centrale idéale, la zone autour de la gare de Fribourg n'offre pas de surfaces suffisantes. De plus, les impacts sonores sont difficilement acceptables en plein centre-ville et l'accès logistique n'est pas optimal. Si l'actuel centre de maintenance des TPF est retenu, il sera nécessaire de bien analyser les opportunités liées à la création des infrastructures nécessaires pour le connecter au reste du réseau tram.

## **BHNS**

La création d'un dépôt pour le BHNS est moins problématique que pour le tram car les enjeux sont quasiment les mêmes que pour les actuels bus articulés à la différence que les bus BHNS sont plus longs. Afin d'optimiser les coûts, l'idéal serait de pouvoir agrandir la capacité d'accueil de l'actuel site de maintenance des TPF à Givisiez. La question de l'électrification jusqu'au dépôt et /ou de la gestion des recharges nocturnes devra être considérée dans les futures réflexions. De plus, il faut optimiser les kilomètres effectués avec du matériel roulant vide et les temps non productifs des chauffeurs. Actuellement, le sous-sol du dépôt de G7 est composé de 14 pistes pouvant accueillir jusqu'à maximum 5 bus articulés par ligne. Avec des bus bi-articulés, ce nombre serait réduit à trois (quatre selon la position des chemins de fuite) idem dans la halle trolleybus équipée de 7 pistes avec sa configuration actuelle. Un agrandissement ou un nouveau dépôt à proximité directe serait donc nécessaire. Dans la première étape, 16 bus bi-articulés et 2 réserves sont prévus et 6 bus supplémentaires pour l'extension vers le quartier du Schönberg. Cela représente tout de même un besoin d'environ 600 m<sup>2</sup> supplémentaires. Il est supposé que les places libérées par les actuels véhicules en exploitation sur les secteurs concernés seraient utilisées par de nouveaux véhicules étoffant l'offre de transport public dans le reste de l'agglomération et sur le réseau régional. Selon les informations actuellement disponibles, il est tout à fait envisageable de parquer des trams et des trolleybus bi-articulés en souterrain. Il est toutefois fortement conseillé de se renseigner auprès de l'ECAB et des instances fédérales avant de choisir cette possibilité. De manière générale, il sera nécessaire dans une future étape d'analyses de définir une stratégie des axes forts à plus long terme afin d'avoir une vision globale des besoins.



Figure 99 - Exemple d'un système de recharge des bus au dépôt<sup>51</sup>

## 7.6. Maintenance du matériel roulant

### Tram

Pour la variante tram, l'option la plus simple et la moins onéreuse est de prévoir la maintenance directement dans le nouveau dépôt de remisage. Il est nécessaire de prévoir une place suffisante pour effectuer des manœuvres. Une piste d'essai est fortement recommandée. Le nombre de pistes de maintenance à prévoir dépend de la stratégie d'entretien. Par exemple, le centre En Chardon des TPG a une capacité de 12 trams de 44 mètres sur fosse pour la maintenance. Le dépôt de la Bolligenstrasse de Bermobil est entièrement automatisé donc techniquement les trams peuvent se déplacer seul dans l'enceinte du dépôt ce qui est particulièrement intéressant pour des déplacements de manœuvres à effectuer. Comme les TL, il est possible de choisir un matériel roulant avec un écartement voie normale permettant une compatibilité intéressante avec le réseau ferroviaire. Des optimisations et synergies pourraient ainsi être trouvées. Le nouveau dépôt doit également être équipé d'une installation de lavage extérieure.

### BHNS

L'utilisation de l'atelier de maintenance du centre TPF de Givisiez est la possibilité la plus optimale car la partie Atelier est déjà prévue pour l'entretien de bus bi-articulés. Quelques aménagements moindres devraient être effectués. Par contre, l'actuelle installation de nettoyage devrait être adaptée de façon plus conséquente.



Figure 100 - Partie Atelier Tram du dépôt En Chardon des TPG<sup>52</sup> et Figure 101 - Atelier maintenance TPF<sup>53</sup>

<sup>51</sup> Source : <https://www.evobus.com/fr-re/layer/bus-electrique/>

<sup>52</sup> Source : <https://cdn.unicitycms.io/image/ocroped/1200,1200,1000,1000,0,0/OMUOGavhQGU/6uwz-g9wqunA5Gtl3hwedF.jpg>

<sup>53</sup> Source : <https://www.rmoved.ch/references/tpf-givisiez/>

## 7.7. Maintenance des infrastructures

Que ce soit pour la variante tram ou BHNS, l'entretien des infrastructures est primordial que ce soit les rails pour le tram et toutes les installations électriques pour les deux variantes. En général, les travaux d'entretien s'effectuent de nuit afin d'éviter de gêner l'exploitation en journée. Des systèmes de monitoring permettent de surveiller les infrastructures et ainsi anticiper au mieux les besoins de maintenance. Pour la création d'un réseau d'axes forts, il ne faut pas négliger le besoin supplémentaire en personnel de maintenance. Les TPF possèdent déjà de solides connaissances dans l'exploitation de trolleybus mais également de systèmes ferroviaires qui demeurent relativement proches des systèmes trams. Sans ouvrage souterrain, la maintenance de l'infrastructure reste relativement basique et avec des contraintes sécuritaires déjà connues. Comme pour le matériel roulant, une stratégie de maintenance globale pour l'ensemble du réseau devra être élaborée avec une définition claire des responsabilités.

## 7.8. Formation du personnel roulant et de maintenance

De manière générale, la formation du personnel est essentielle pour garantir une exploitation sûre et fiable du réseau. Le temps de formation des chauffeurs mais également des mécaniciens ne doit pas être négligé. Cette phase de formation qui dure généralement plusieurs mois doit permettre de faire des tests et d'acquérir de l'expérience pour tout le personnel d'encadrement afin de garantir un haut niveau de qualité lors de l'exploitation. Cette phase sera certainement plus importante pour la mise en service du réseau trams que pour le réseau BHNS. Dans les concepts de formation, il est nécessaire d'intégrer également les services de secours dont les pompiers afin qu'ils prennent également connaissance du nouveau matériel roulant et de ses spécificités. L'idéal est d'organiser un exercice simulant un accident/incendie sur un nouveau véhicule impliquant tous les services d'urgence et les acteurs internes TPF concernés.

Etre conducteur de tram nécessite un permis différent que pour les actuels bus et trolleybus. Des nouvelles formations données par du personnel qualifié devront voir le jour. Une collaboration avec d'autres entreprises de transports publics suisses peut aussi être envisagée si les opportunités ainsi créées sont intéressantes pour l'exploitant. Pour le BHNS, les bus bi-articulés ne demandent pas un nouveau type de permis mais une formation complémentaire intégrant les spécificités des nouveaux véhicules ainsi que des heures de conduite pour chaque chauffeur afin de se familiariser avec les nouvelles dimensions du véhicule.

## 7.9. Centre d'exploitation et processus d'exploitation

Les TPF possède un centre d'exploitation qui surveille 24h/24h et 7j/7j les trains et les bus en circulation sur tout leur réseau. Que ce soit pour le tram ou le BHNS, le nouveau mode devra être intégré dans ce centre. Les nouveaux systèmes de surveillance des véhicules et de l'infrastructure devront être compatibles avec les moyens existants en évitant un nombre trop important de systèmes différents. Le centre d'exploitation établit les concepts en cas de perturbations non planifiées. Il est donc primordial que des processus en lien avec les contraintes d'exploitation de l'infrastructure soient considérés. Cela est particulièrement valable pour le tram qui offre moins de flexibilité lors d'imprévus que le BHNS qui peut facilement emprunter des routes différentes si nécessaire. En effet, les bus bi-articulés

peuvent dépercher et quitter les lignes de contact durant quelques centaines de mètres pour faire une déviation grâce à une batterie prenant le relais. En densifiant le réseau de lignes de contact, cette flexibilité peut être encore accrue.

Les processus d'exploitation actuels nécessiteront également des ajustements notamment pour les processus de prise et de fin de service pour les deux variantes. Pour le BHNS, les processus d'exploitation resteront proches de ceux des trolleybus standard. Par contre, pour le tram, ils devront entièrement être créés. Les procédures de nettoyages devront aussi être modifiées pour offrir un niveau de qualité et une propreté exemplaire pour le nouveau matériel roulant. Les critères de qualité sont importants pour un réseau de mode lourd en termes d'images et d'attractivité pour les clients. La gestion des travaux et des manifestations annuelles devra prendre en compte les contraintes d'exploitation de chaque mode et les processus devront aussi être modifiés. Il est important de mettre en place un processus d'amélioration continue afin d'adapter les processus après leur mise en service.

Ci-dessous se trouve une liste succincte des processus d'exploitation à considérer lors de futures analyses concernant l'exploitation d'un futur mode lourd :

- Nettoyage intérieur et extérieur
- Prise de service
- Fin de service
- Parcage
- Perturbations imprévues
- Perturbations planifiées

## 8. Conclusion

Cette étude d'opportunité avait pour but d'identifier les technologies les plus judicieuses pour la création d'un réseau d'axes forts au cœur de l'agglomération de Fribourg desservi par un mode de transport lourd à l'horizon 2040. Pour rappel, le Canton de Fribourg a pour objectifs de favoriser le report modal sur les transports publics, de rendre ces derniers plus efficaces et d'atteindre les objectifs de sa politique climatique. Pour l'Agglo de Fribourg et en compléments des objectifs du Canton, le mode lourd doit permettre d'absorber les déplacements supplémentaires induits par l'augmentation de la population prévue à cet horizon.

En analysant la situation actuelle, la densité démographique et d'emplois a permis de déterminer les secteurs urbanisés à desservir en priorité. Des efforts sont à entreprendre pour une meilleure cohabitation des différents modes. Les déplacements en mode doux (vélos et à pied) doivent être rendus plus sûrs. Le trafic individuel motorisé profite d'une attractivité trop forte par rapport aux transports publics. L'amélioration de la vitesse commerciale des transports publics grâce à la création d'aménagements spécifiques est primordiale tout en améliorant l'offre mise en place. Il est également essentiel de capter les pendulaires en amont de l'agglomération et de les diriger sur les réseaux de transports publics permettant de diminuer le nombre de voitures dans le périmètre et de fluidifier la circulation pour les usagers sans autre alternative.

A l'horizon 2040, l'augmentation de la population et les développements des zones d'activités économiques seront telles qu'un moyen de transport lourd sera nécessaire. Les réflexions menées sont compatibles avec la stratégie de l'Agglomération en terme de mobilité. Les capacités futures ainsi que les axes à desservir ont été définis dans le cadre de cette étude. Evidemment, de futures études de variantes de tracés restent ouvertes. Diverses hypothèses

ont aussi été émises comme base pour le développement des variantes pour les types de technologie.

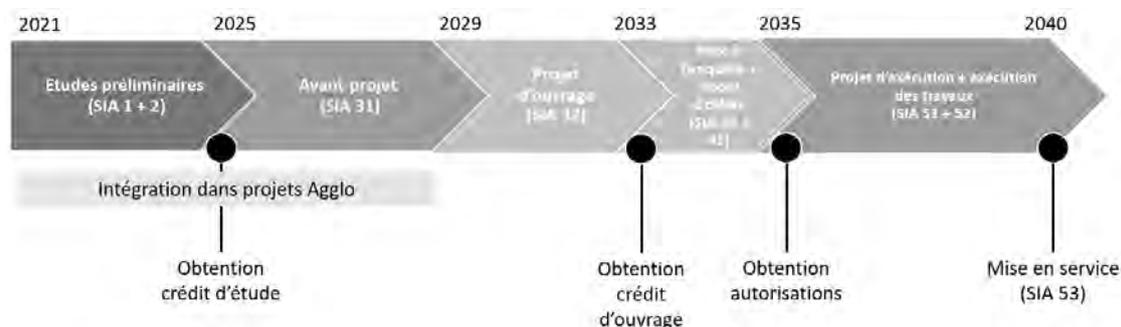
Les technologies réalistes ont été retenues et une solution de variante pour chaque type a été développée. Les aspects liés au matériel roulant, à l'offre et aux infrastructures ont été considérés puis comparés. Ces variantes permettent d'avoir une vision plus concrète de l'application de chaque technologie.

Les variantes Trams et BHNS se présentent comme les plus opportunes à considérer pour la suite des réflexions de la création d'un réseau d'axes forts exploité par un mode lourd. Elles offrent de nombreux avantages comme leur maturité technologique, leur capacité adaptée à la taille de l'Agglomération et à son évolution à long terme, leur flexibilité en termes de planification et d'exploitation, leur accessibilité et leur fiabilité. De plus, ces solutions véhiculent une image positive et forte avec des impacts sur l'environnement réduit avec un transport durable à faible émission. Elles créent également des opportunités urbanistiques très intéressantes et favorables pour repenser l'espace urbain et planifier une nouvelle cohabitation des différents modes de déplacements.

Le quartier du Schönberg étant conséquent en termes d'habitants, une première analyse d'extension du réseau de base a été étudiée. La prolongation d'un mode lourd dans ce quartier est justifiée et nécessitera d'être approfondie dans les futures réflexions. D'autres secteurs pourront évidemment être inclus dans les potentielles extensions du réseau d'axes forts.

Pour compléter la vision globale des recommandations, les contraintes d'exploitation ont été décrites et les enjeux évoqués pour une prise en considération future. Les processus à prendre en compte ont pu être identifiés et se révèlent importants pour optimiser le futur système et donc également avoir des coûts supportables pour les commanditaires. Il était également important de s'assurer qu'aucun blocage lié à l'exploitation n'était identifié à ce stade.

Les résultats de cette étude d'opportunité ouvrent des perspectives et une projection plus concrète vers la création d'un réseau d'axes avec de hautes capacités. Il est proposé de prolonger la démarche et les réflexions en définissant les prochaines étapes et jalons à franchir. Il faut être conscient que la mise en service d'un réseau de trams ou de BHNS nécessite plusieurs années d'études et de travaux. Un soutien politique fort est essentiel pour la réalisation d'un tel projet et ce dans toutes les étapes de planification et d'exécution. En Suisse, le temps écoulé entre les premières esquisses et la mise en service se situe entre 15 à 20 ans suivant l'ampleur du projet. Lausanne en est le parfait exemple avec des esquisses de son réseau d'axes forts en 2008 et une mise en service prévue d'ici 2025-2026.



**Figure 102 - Planning intentionnel**

Le planning intentionnel ci-dessus permet d'avoir une vision des prochaines grandes étapes. Chaque étude nécessitera des validations formelles par les parties prenantes impliquées. Une première étape consiste à entreprendre dès que possible des études préliminaires. Elles ont

pour objectifs d'approfondir les aspects techniques et financiers. Il est notamment important de définir le tracé exact du futur mode lourd, les infrastructures nécessaires et leurs potentiels impacts. Les avantages et les inconvénients de la boucle entre la gare, le Pôle Santé et Chamblieux devront être étudiés précisément. Il n'est pas exclu qu'une desserte aller-retour soit plus attractive. Un rapport coût/utilité pourrait également être intéressant à analyser. En parallèle, l'Agglomération devra considérer les éléments pertinents à inclure dans les futurs plans d'agglomération afin d'obtenir des fonds de financement de la Confédération. Dès 2025 et après l'obtention de crédits d'étude, un avant-projet concret pourrait être établi avant l'élaboration du projet d'ouvrage à l'horizon 2033. Un jalon important sera l'obtention des crédits d'ouvrage avant la mise à l'enquête et les processus d'appel d'offre. Une obtention des autorisations en 2035 constitue un scénario optimiste sans recours juridique majeur. D'expériences, ce type de projet génère très souvent d'importantes oppositions et leur résolution est difficile à inclure dans le présent planning à ce stade des réflexions. La durée des travaux peut être estimée à 5 ans avant la mise en service d'une première partie du réseau en 2040.

**Tableau 46 - Description des phases SIA<sup>54</sup>**

Phase SIA	Résultats	Précisions coûts
SIA 1 et 2 – Etudes préliminaires	Analyses techniques et financières, rapport coût/utilité, études de faisabilité	
SIA 3.31 – Avant-projet	Elaboration d'un avant-projet, calendrier et budget définis	+/- 15 %
SIA 3.32 – Projet d'ouvrage	Elaboration du projet de détails	+/- 10 %
SIA 3.33 – Autorisations	Mise à l'enquête et obtention des autorisations	+/- 10 %
SIA 4.41 – Appel d'offres	Choix des prestataires pour l'exécution	+/- 10 %
SIA 5.51 et 52 – Projet d'exécution et exécution	Travaux terminés	+/- 5 %
SIA 5.53 – Mise en service	Mise en service matériel roulant et nouvelles infrastructures et début du service commercial	

Cette étude d'opportunité est un premier pas vers la création d'un réseau d'axes forts dont l'agglomération aura besoin à l'horizon 2040 pour garantir une offre de transports publics efficace, de proximité et satisfaisant les besoins de toute la population fribourgeoise. Ce réseau permettra également d'augmenter le report modal vers les transports publics et d'atteindre les objectifs climatiques du Canton de Fribourg.

<sup>54</sup> Source : [https://www.vd.sia.ch/sites/vd.sia.ch/files/181130\\_SIA-DEPLIANT-DOC\\_FINAL.pdf](https://www.vd.sia.ch/sites/vd.sia.ch/files/181130_SIA-DEPLIANT-DOC_FINAL.pdf)

## 9. Tables des illustrations

Figure 1 - Périmètre de base de l'étude.....	6
Figure 2 - Secteurs.....	6
Figure 3 - Zones d'activités.....	10
Figure 4 - Pendulaires CH - Agglo FR (reste du canton FR non compris).....	11
Figure 5 - Pendulaires fribourgeois entrant dans l'Agglo.....	11
Figure 6 - Pendulaires intra-Agglo.....	12
Figure 7 - Pôles générateurs - Secteur.....	13
Figure 8 - Pôles générateurs - Secteur 2.....	13
Figure 9 - Pôles générateurs - Secteur 3 et 4.....	13
Figure 10 - Pôles générateurs - Secteur 5.....	13
Figure 11 - Axes principaux.....	14
Figure 12 - Circulation TIM - Secteur 1.....	15
Figure 13 - Circulation TIM - Secteur 2 et 3.....	15
Figure 14 - Circulation TIM - Secteur 4 et 5.....	15
Figure 15 - Volumes trafic journalier 2015.....	16
Figure 16 - TIM Charges de trafic.....	17
Figure 17 - Pointes de trafic selon les jours de la semaine (en %).....	17
Figure 18 - Congestion matin Secteur 1.....	18
Figure 19 - Congestion matin Secteur 2-3-4-5.....	18
Figure 20 - Congestion soir Secteur 1.....	18
Figure 21 - Congestion soir Secteur 2-3-4-5.....	18
Figure 22 - Aménagements vélos - Secteur 1.....	19
Figure 23 - Aménagements vélos - Secteur 2-3-4-5.....	19
Figure 24 - Sécurité piétons et vélos – Secteur 1.....	20
Figure 25 - Sécurité piétons et vélos – Secteur 2-3-4-5.....	20
Figure 26 - Accessibilité TP.....	21
Figure 27 - Plan des lignes - Secteur 1.....	21
Figure 28 - Plan des lignes - Secteur 2-3-4-5.....	21
Figure 29 - Axe Pérolles - Arrivées et départs Gare.....	22
Figure 30 - Axe Jura - Arrivées et départs Gare.....	23
Figure 31 - Fréquentations Partie 1.....	24
Figure 32 - Fréquentations Partie 2.....	24
Figure 33 - Ponctualité TP matin - Secteur 1.....	25
Figure 34 - Ponctualité TP matin - Secteur 2-3-4-5.....	25
Figure 35 - Ponctualité TP soir - Secteur 1.....	26
Figure 36 - Ponctualité TP soir - Secteur 2-3-4-5.....	26
Figure 37 - Voies bus - Secteur 1.....	26
Figure 38 - Voies bus - Secteur 2-3-4-5.....	26
Figure 39 - Infrastructures électriques existantes.....	27
Figure 40 - Projections démographiques.....	29
Figure 41 - Projections des emplois.....	29
Figure 42 - Bilan théorique total - densité humaine à l'hectare.....	30
Figure 43 - Secteurs stratégiques cantonaux et sites d'agglomération à fort potentiel de développement.....	31
Figure 44 - Zones d'activités reconverties en zones mixtes.....	31
Figure 45 - Synthèse indicative des zones d'activités.....	32
Figure 46 - Emplacement stratégique des P+R.....	33
Figure 47 - Axes de la stratégie mobilité PA4.....	33

Figure 48 - Axes 1 et 2 .....	34
Figure 49 - Axes 3 et 4 .....	34
Figure 50 - Axe 5 .....	34
Figure 51 - Parcours pour variantes .....	37
Figure 52 - FLIRT des TPF .....	38
Figure 53 - Bombardier Flexity Swift .....	39
Figure 54 - Exemple gabarit nécessaire pour métro léger .....	39
Figure 55 - Tram-train de Mulhouse .....	40
Figure 56 - Carte de l'ancien réseau de trams de Fribourg .....	40
Figure 57 - Tram à Berne .....	41
Figure 58 – Gabarit pour tram de 2.30 m de large .....	41
Figure 59 - BHNS lausannois .....	42
Figure 60 - Projet de télécabines urbaines à Grenoble .....	42
Figure 61 - Parcours Variante A .....	43
Figure 62 - Gare de Fribourg - Variante A .....	44
Figure 63 - Exemple simplifié de graphique horaire – Variante A .....	44
Figure 64 - Parcours Variante B .....	45
Figure 65 - Arrêt de la gare - Variante B .....	46
Figure 66 - Exemple simplifié graphique horaire Variante B ligne 1 .....	47
Figure 67 - Exemple simplifié graphique horaire Variante B ligne 2 .....	47
Figure 68 - Parcours Variante C .....	48
Figure 69 - Arrêt gare - Variante C .....	49
Figure 70 - Exemple simplifié graphique horaire Variante C ligne 1 .....	50
Figure 71 - Exemple simplifié graphique horaire Variante C ligne 2 .....	50
Figure 72 - Parcours Variante D .....	51
Figure 73 - Exemple simplifié graphique horaire Variante D ligne 1 .....	52
Figure 74 - Exemple simplifié graphique horaire Variante D ligne 2 .....	52
Figure 75 - Parcours Variante E .....	53
Figure 76 - Exemple simplifié graphique horaire Variante E ligne 1 .....	54
Figure 77 - Exemple simplifié graphique horaire Variante E ligne 2 .....	54
Figure 78 - Parcours Variante F .....	55
Figure 79 - Position des pylônes Pôle Santé - Charmettes .....	56
Figure 80 - Position des pylônes Charmettes - Marly Centre .....	56
Figure 81 - Carte des sites propres .....	59
Figure 82 - Localisation quartier du Schönberg .....	64
Figure 83 - Densité de la population .....	65
Figure 84 - Densité des emplois .....	65
Figure 85 - Pôles générateurs .....	65
Figure 86 - Charges de trafic .....	66
Figure 87 - Congestion matin .....	66
Figure 88 - Congestion soir .....	66
Figure 89 - Lignes transports publics .....	67
Figure 90 - Ponctualité TP matin .....	67
Figure 91 - Ponctualité TP soir .....	67
Figure 92 - Fréquentations .....	68
Figure 93 - Sécurité vélos et piétons .....	68
Figure 94 - Localisation nouveau quartier Hauts de Schiffenen .....	69
Figure 95 – Parcours Gare - Schönberg .....	70
Figure 96 - Exemple simplifié graphique horaire Ligne 1 avec Schönberg – Variante Trams .....	71

Figure 97 - Exemple simplifié graphique horaire Ligne 1 avec Schönberg - Variante BHNS	71
Figure 98 – Plan du dépôt de la Bolligenstrasse de Bernmobil	73
Figure 99 - Exemple d'un système de recharge des bus au dépôt	74
Figure 100 - Partie Atelier Tram du dépôt En Chardon des TPG	74
Figure 101 - Atelier maintenance TPF	74
Figure 102 - Planning intentionnel	77
Tableau 1 - Historique des études réalisées	5
Tableau 2 - Historique des postulats politiques	5
Tableau 3 - Définition des secteurs	7
Tableau 4 - Séances	7
Tableau 5 - Calendrier de l'étude	7
Tableau 6 - Population par Commune (2018)	9
Tableau 7 - Population par secteur (2018)	9
Tableau 8 - Emplois par commune de l'Agglo	9
Tableau 9 - Emplois par secteur (2017)	10
Tableau 10 - Secteurs d'activités	10
Tableau 11 - Répartition modale	12
Tableau 12 - Taux de motorisation dans l'Agglo, 2019	14
Tableau 13 - Lignes TP du périmètre	22
Tableau 14 - Résumé de l'offre sur axes principaux	24
Tableau 15 - Evolution de la démographie et des emplois par communes	29
Tableau 16 - Augmentation par axe selon PA4	35
Tableau 17 - Axes du PA4 et axes équivalents pour l'étude	35
Tableau 18 - Fréquentations futures sur les principaux axes	36
Tableau 19 - Gabarits des routes à disposition (yc trottoirs actuels)	37
Tableau 20 - Offre variante A	43
Tableau 21 - Avantages et inconvénients Variante A	45
Tableau 22 - Offre variante B	46
Tableau 23 - Avantages et inconvénients Variante B	47
Tableau 24 – Offre Variante C	48
Tableau 25 - Avantages et inconvénients Variante C	50
Tableau 26 - Offre Variante D	51
Tableau 27 - Avantages et inconvénients Variante D	52
Tableau 28 - Offre Variante E	53
Tableau 29 - Avantages et inconvénients Variante E	54
Tableau 30 - Calcul du nombre de cabines nécessaires	56
Tableau 31 - Avantages et inconvénients Variante F	57
Tableau 32 - Comparaison matériel roulant	57
Tableau 33 - Comparaison vitesse commerciale	58
Tableau 34 - Comparaisons des temps de parcours	58
Tableau 35 - Capacité horaire	58
Tableau 36 - Comparaison des pourcentages en site propre	59
Tableau 37 - Comparaison générale des coûts	60
Tableau 38 - Pré-estimation des coûts d'investissement des variantes	60
Tableau 39 - Pré-estimation des coûts d'exploitation des variantes	61
Tableau 40 – Résumé des recommandations	64
Tableau 41 – Résumé offre transports publics	67
Tableau 42 - Demande future	69
Tableau 43 – Offre proposée	70

Tableau 44 - Coûts d'investissements supplémentaires .....	71
Tableau 45 - Comparaison dépôts Trams.....	72
Tableau 46 - Description des phases SIA.....	78

## 10. Bibliographie

### Guichets cartographiques

Guichet cartographique de la Confédération : <https://map.geo.admin.ch/>

Guichet cartographique du Canton de Fribourg : <https://map.geo.fr.ch/>

Guichet cartographique de la Ville de Fribourg : <https://www.sitecof.ch/fribourg/>

Guichet cartographique de l'Agglo : <https://www.sitecof.ch/agglo/>

### Statistiques

Office fédéral de la statistique : <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home.html>

Service de la statistique du Canton de Fribourg : <https://www.fr.ch/dee/sstat>

### Plans d'agglomération de la 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> génération

#### Etudes

Etudes mentionnées dans le chapitre 1.1.2 Historique

BHLS für Luzern und andere Schweizer Städte? Grundlagen aus der Forschung, Situationsanalyse für Luzern, Hochschule Luzern, Juin 2014

Bilan LOTI du tramway de l'agglomération bordelaise, a'urba, novembre 2008

Bus à Haut Niveau de Service (BHNS) entre la gare RER D de Villiers-le-Bel – Gonesse – Arnouville et la gare RER B du Parc des Expositions de Villepinte, Schéma de principe, Conseil général du Val d'Oise, 2012

Choisir un mode de transport capacitaire, l'exemple de villes méditerranéennes, CERTU, avril 2013

Etude d'économie territoriale sur les zones d'activités d'AggloFribourg, Wüestpartner, Mai 2018

Etude de faisabilité technique du tramway de Québec et Lévis, Identification des critères de conception : tracé et insertion, Consortium Tramway Québec-Lévis, janvier 2013

Liaison ferroviaire entre Colmar et Fribourg, Etude de mobilité multimodale, rapport de synthèse, SETEC, mars 2019

Master TURP, Les transports en commun en site propre (TCSP) en France, conception d'une base de donnée pour la société Egis Rail, Marion Rivoire, Septembre 2008

Publication Prix Litra, Métro/tram Zurich, métro léger ou métro pour Zurich, Christine Furter, 2011

Publication Prix Litra, Les réseaux de bus à haut niveau de service : à la limite entre le bus et le train, David Sorg, Printemps 2014

Préavis N°2016/16, Axes forts de transports publics urbains (AFTPU), Projet de tramway entre la gare de Renens et la place de l'Europe à Lausanne, Demande d'un crédit de réalisation, mars 2016, Municipalité de Lausanne

Projet de Métrocâble, Etude préliminaire de faisabilité, Raphaël Casazza, Septembre 2015

Rapport final, Retour d'expériences des choix Tramways-BHNS dans les agglomérations françaises, Association Qualité-Mobilité à Paris et Trans-Missions à Tours, Septembre 2016

Référentiel pour le choix des systèmes de transports collectifs à haut niveau de service, Cerema, décembre 2018

Réseau structurant de transport en commun : analyse comparative des modes de transport lourds sur rail, RSTC de la Ville de Québec, Septembre 2019

Revue géographique de l'Est vol. 52/1-2/2012, Périurbain et tram-train : enjeux, projets et réalisation, Joël Forthoffer, Juin 2012

Starke Stadt-Achsen: Abschätzung der Wirtschaftlichkeit eines Trams in der Stadt St.Gallen (Teilprojekt Wirtschaftlichkeit), Kanton St-Gall, mrs partner ag, Mai 2017

Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est, Le choix d'un système de transport durable : analyse comparative des systèmes de transport guidé de surface, Jeong-hwa AN, avril 2011

Thèse n°8744 EPFL, Transport à câble aérien en milieu urbain : pertinence et pratique, Fernando Anisio De Oliveira Simas, mars 2019

The tramway : an efficient, economic, sustainable mass transport resource : comparison between BRT and tramway in Montpellier, Marc le Tourneur Transdev, 2010

Tramdepot Bolligenstrasse Brochure, Bernmobil, Septembre 2011

Tramway et Bus à Haut Niveau de Service (BHNS) en France : domaines de pertinence en zone urbaine, Article paru dans la revue Transport/Environnement/Circulation (TEC) n° 203 de septembre 2009, numéro spécial "Transports publics et territoires", CERTU

Transport par câble aérien en milieu urbain, CERTU sous la coordination d'Yves Schneider (STRMTG) et Cécile Clément-Werny (CERTU), 2012

## 11. Annexes

### 1) Coûts par variantes

Givisiez, le 29 juin 2021

Laura Andres