

Maître d'ouvrage : Canton de Vaud - DGMR



Vision 2050

Etude de planification pour l'élaboration du programme cantonal de développement de l'offre ferroviaire à l'horizon 2050

Version 2 – 3 mars 2023



INGENIEURS CONSEILS

Aménagements
Modélisation
Planification
Ferroviaire

Régulation du trafic
Transports urbains
Etude d'impacts
Large events

Citec Ingénieurs Conseils SA
rue des Jardins 1
CH-1110 Morges

Tél +41 (0)21 802 38 50 ■
Fax +41 (0)22 809 60 01 ■
e-mail: citec@citec.ch ■
www.citec.ch ■

Les éléments contenus dans ce rapport, ne peuvent être sortis de leur contexte, ni exploités, pour quelque raison que ce soit, sans l'autorisation préalable de leurs auteurs.

Contrôle qualité

Version	Auteur(s)	Vérificateur(s)	Date de validation
R.19344.1	RM/EBL/NMO	BU/GA	6 septembre 2022
R.19344.1 - v2	RM/BU	DGMR	2 mars 2023

Illustration page de couverture : www.bahnbilder.ch

Sommaire

1. Introduction	3
1.1. Contexte et problématique	3
1.2. Objectifs	3
1.3. Périmètres et horizons d'étude	4
2. Données de base et hypothèses	5
2.1. Données utilisées	5
2.2. Hypothèses considérées	5
3. Diagnostic	7
3.1. Développement de l'offre 2010 – 2019	7
3.2. Evolution de la demande 2010 – 2019	11
3.3. Adéquation offre-demande en 2019	13
3.4. Qualité de l'offre et attractivité des TP	15
3.5. Qualité de la couverture territoriale	17
3.6. Productivité de l'exploitation	19
3.7. Capacité du réseau	20
3.8. Trafic marchandises	20
3.9. Développements (offre/capacité) prévus à l'horizon 2035	21
3.10. Etat des lieux des évolutions technologiques	24
3.11. Synthèse du diagnostic	25
3.12. Enjeux sur les principaux axes	26
4. Méthode de calcul de la demande 2050	29
4.1. Principe de modélisation et découpage en zones	29
4.2. Constitution d'une matrice des déplacements ferroviaires 2019	32
4.3. Liste des paramètres intervenant dans le calcul de prévision	35
4.4. Paramètres de croissance de la population et des emplois	36
4.5. Vieillessement de la population	37
4.6. Paramètre de transition générationnelle (évolution des comportements de mobilité)	38
4.7. Paramètres d'élasticité de l'offre	39
4.8. Conséquence d'une augmentation du télétravail	40
4.9. Synthèse du calcul matriciel	41
5. Tests de potentiel des nouvelles liaisons	43
5.1. Liaison Lausanne – Moudon	43
5.2. Liaison Bulle – Vevey	47
5.3. Liaison EPFL – Renens – Cheseaux	48
5.4. Liaison Monthey – Villeneuve	49
5.5. Liaison Cossonay – Allaman	50
5.6. Liaison Yverdon – Vallorbe	51
6. Bases du concept d'offre 2050	53
6.1. Les objectifs d'offre, une vision territoriale	53

6.2.	Hypothèses structurantes	54
6.3.	Principes de définition du concept d'offre	55
6.4.	Capacité de transport nécessaire à l'horizon 2050	56
6.5.	Construction de l'horaire	57
7.	Concept d'offre 2050 retenu	63
7.1.	Schéma d'offre – Réseau principal	63
7.2.	Intégration des besoins du trafic fret	69
7.3.	Schéma d'offre – Réseau à voie métrique	71
8.	Adéquation de l'offre à la demande 2050	75
8.1.	Scénarios d'évolution de la demande	75
8.2.	Plan de charges 2050 (scénario de base)	76
8.3.	Comparaison offre/demande	77
9.	Mesures d'aménagement et priorisation	81
9.1.	Mesures d'aménagement sur le réseau principal	81
9.2.	Mesures d'aménagements sur le réseau secondaire	82
10.	Conclusions et recommandations	85
10.1.	Principaux enseignements	85
10.2.	Les investissements clés pour le développement de l'offre	85
10.3.	Priorisation des développements de l'offre régionale	86
11.	Annexes	89
Annexe 1.	Temps de parcours TC/TIM	90
Annexe 2.	Productivité de l'exploitation 2019	92
Annexe 3.	Détails du potentiel de liaisons	93
Annexe 4.	Horaire réticulaire 2050	103
Annexe 5.	Horaires graphiques	104
Annexe 6.	Aménagements – Rapport détaillé	112

1. Introduction

1.1. Contexte et problématique

Depuis 2014 et la création du fonds d'infrastructures ferroviaires (FIF), la Suisse a mis en place un système en étapes d'aménagement successives et d'une planification roulante financées par le fonds pour l'aménagement des infrastructures ferroviaires (FAIF), inclus dans le FIF et dédié au développement du réseau ferré suisse. Dans ce système, les cantons, réunis dans six régions de planifications, sont moteurs de la planification de l'offre régionale. Ils sont par ailleurs consultés en ce qui concerne l'offre grandes lignes (TGL) et marchandises (TM) qui jouent un rôle important dans la capacité à disposition ainsi que la structure de l'offre régionale. Les étapes d'aménagements (EA) 2025 et 2035 ont d'ores et déjà été validées par le Parlement. Ainsi, l'offre à l'horizon 2035 est connue et les projets d'infrastructures sont en cours de concrétisation.

La planification actuelle par étapes de 5 ou 10 ans **ne permet toutefois pas d'anticiper d'éventuelles ruptures qui ne manqueront pas de survenir**, soit dans l'évolution de la société civile, soit dans l'organisation du réseau ferré. Afin de pouvoir anticiper ces évolutions et être un acteur du processus de planification, le canton de Vaud a décidé de prendre les devants en élaborant le **programme cantonal de développement de l'offre ferroviaire à l'horizon 2050**. De cette manière, le canton de Vaud pourra s'appuyer sur ce programme pour planifier, dès 2023, la prochaine étape d'aménagement qui sera présentée au Parlement dans le cadre du message du Conseil Fédéral de 2030. D'autre part, il s'assurera, grâce à cette vision à plus long terme, la réalisation de projets d'infrastructures cohérents pour les différentes étapes d'aménagement à venir.

Ainsi, le projet **Vision 2050** prendra le relais sur le document de planification actuel, adopté en 2006, et qui portait sur le développement des transports publics vaudois jusqu'à l'horizon 2020. La plupart des orientations qui étaient contenues dans ce document ont été mises en œuvre ou sont en voie de l'être ces prochaines années. Il importe donc **d'actualiser ce document en définissant une stratégie à long terme** qui puisse guider la planification de l'offre et le développement des infrastructures durant les 30 prochaines années.

Cette durée relativement longue correspond à une pleine génération. Il importe donc de tenir compte des évolutions sociétales en cours et d'envisager celles à venir en lien notamment avec la digitalisation de la société et la sensibilisation croissante de la population aux problèmes climatiques. Différents scénarios, élaborés par le Canton, tenteront de prendre en compte les évolutions possibles.

1.2. Objectifs

La présente étude constitue la première étape du projet de développement du réseau ferroviaire cantonal à l'horizon 2050. Elle a pour objectif principal **d'élaborer le programme cantonal de développement de l'offre ferroviaire à l'horizon 2050**.

Il s'agit notamment d'identifier :

- les développements souhaités de l'offre ferroviaire ;
- leur priorité de mise en œuvre de nos jours jusqu'à l'horizon 2050.

*En effet, le réseau ferré doit être en mesure de **répondre aux besoins en mobilité** sur le territoire cantonal tout en répondant aux **enjeux climatiques** qui se posent et se poseront d'autant plus pour la prochaine génération de vaudois.*

1.3. Périmètres et horizons d'étude

Deux périmètres d'étude sont considérés. Il s'agit d'une part du périmètre d'influence pour l'analyse de l'offre et de la demande et d'autre part du périmètre d'intervention.

Le **périmètre d'influence** s'étend largement au-delà des frontières cantonales, pour englober les territoires nationaux de la Suisse, la France et l'Italie. En effet, une forte composante internationale est à prendre en compte dans les déplacements pendulaires (frontaliers) et de loisirs. Ainsi, les offres internationales telles que Paris – Lausanne, Genève – Milan, Lausanne – Lyon, mais aussi Annemasse – St-Maurice, jouent un rôle clé dans la structure des offres et la demande.

Le **périmètre d'intervention** se limite lui au canton de Vaud et à ses environs. Il s'agit du périmètre dans lequel de nouvelles infrastructures peuvent être proposées. Ce périmètre ne s'arrête pas aux frontières cantonales, puisque certains aménagements pourraient être réalisés dans les cantons limitrophes, voire en France voisine. Typiquement, une étude de variantes dans le Chablais, la Glâne, la Veveyse ou encore la Broye ne peut pas se limiter au seul canton de Vaud.

L'**horizon de planification** principal de l'étude est 2050. Toutefois, les analyses réalisées tiennent compte de l'évolution aux horizons 2035, 2040 et 2045 en particulier pour la question des effectifs de population et de la pyramide des âges (transition générationnelle).

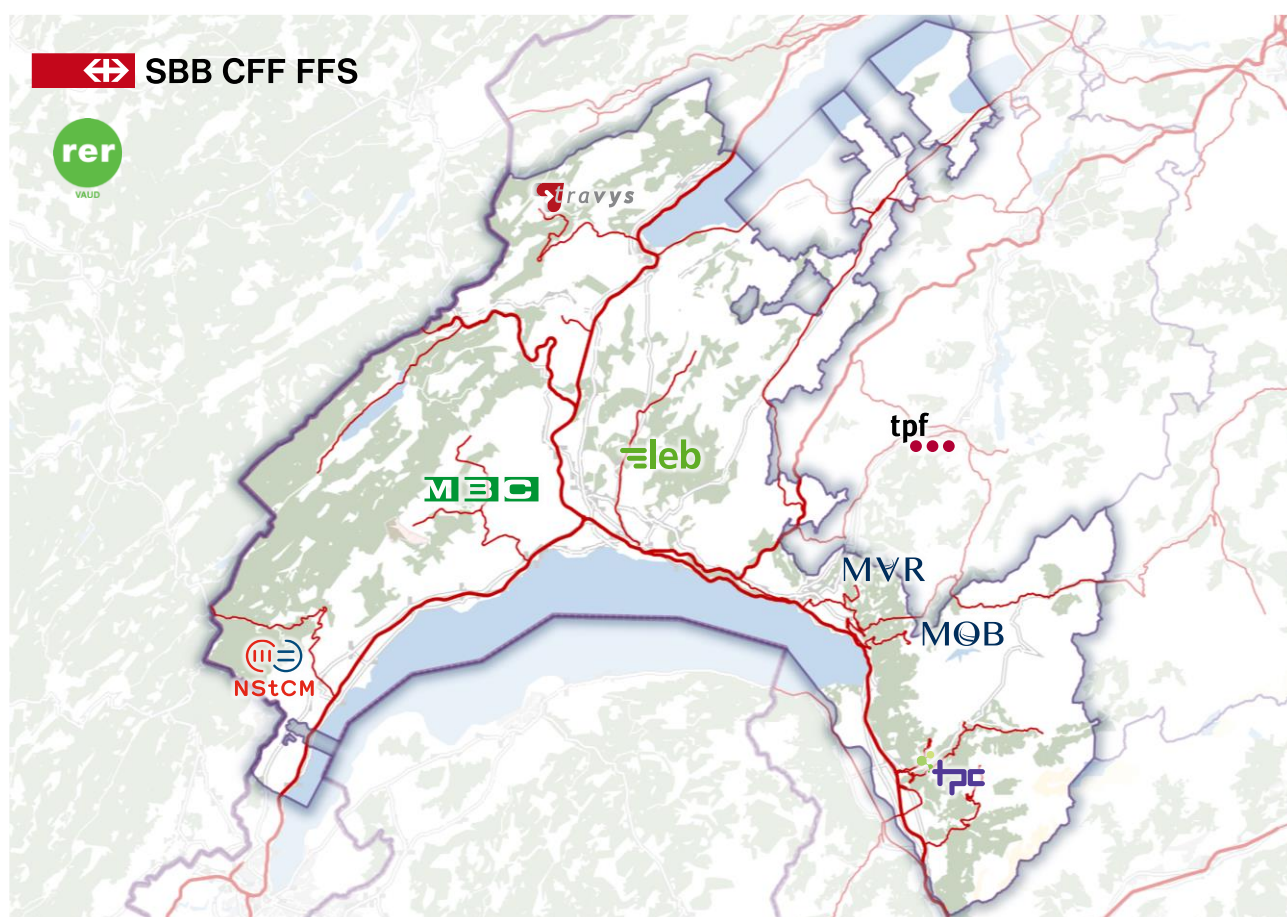


Figure 1 – Réseau ferré vaudois et exploitants concernés

2. Données de base et hypothèses

2.1. Données utilisées

Offre ferroviaire

Les données utilisées pour le diagnostic de l'offre ferroviaire actuelle et future proviennent des sources suivantes :

- les archives de l'indicateur officiel¹ pour les horaires 2010 à 2019 (horaires-tableaux ou réticulaire) ;
- le projet d'offre 2035 selon le réticulaire PRODES (scénario 0-3-1912) ;
- les informations transmises par la DGMR concernant les trains de renfort commandés par le Canton ;
- le site <http://www.reisezuege.ch> pour le type de composition affecté à chaque service (GL uniquement), ainsi que les informations fournies par la DGMR pour les autres trains.

Comptages sur le réseau ferroviaire

Les données de demande passée (comptages) ont été fournies par les différentes entreprises exploitant les lignes du canton.

Ces données ont généralement été fournies dans un format standard transmis par Citec. Toutefois, il a été observé une grande disparité dans la qualité et la pertinence des données reçues, rendant d'autant plus difficile leur exploitation.

Matrices des déplacements

Des prévisions concernant l'évolution de la population à l'horizon du projet fournies par StatVD sont utilisées comme base pour construire la matrice des déplacements. Les données du micro-recensement mobilité et transport de 2015 ainsi que des données statistiques de l'OFS sont utilisées également.

Afin d'appréhender les déplacements des individus, Swisscom met à disposition une matrice des déplacements basée sur le zonage du modèle national de transport (MNTP).

2.2. Hypothèses considérées

Offre ferroviaire actuelle

Les différentes analyses portant sur l'offre actuelle ne concernent que les années 2010 à 2019. Les modifications de l'offre en 2020 ne sont donc pas considérées ici (notamment prolongement du RE jusqu'à St-Maurice et du RER jusqu'à Aigle).

La présente étude portant uniquement sur le ferroviaire « lourd », les métros lausannois ne sont pas inclus dans les analyses de diagnostic, ni dans la modélisation de la demande future.

Capacité future

La capacité future des trains est estimée sur la base d'hypothèses de convois types pour chaque ligne. C'est généralement la longueur des trains maximale communément admise qui est utilisée, par exemple 400 mètres pour les trains grandes lignes et 300 mètres pour les trains RegioExpress. Le tableau 1 indique pour chaque

¹ <https://www.tableaux-horaires.ch/>

ligne le type de matériel roulant retenu à l'horizon 2035 (l'hypothèse est faite qu'il n'y a ensuite pas de changement d'ici 2050) et le nombre de places assises.

Tableau 1 – Hypothèses d'affectation du matériel roulant aux horizons 2035/2050

Trafic	Ligne(s) ²³	Matériel roulant	Places assises
GL	IC 1/11, IC 5 et IC 9	FV-Dosto UM2 (400 m)	1'320 – 1'390
GL	IC 51	ICN UM2	920
GL	RE	RV-Dosto 300 m	1'070
TR	RER Vaud (certaines lignes)	RV-Dosto 150 m	530
TR	RER Vaud, RER accél., LEX	Flirt UM2	360
TR	RER Vallée de Joux	Flirt US	180
TR	TPC-A, MVR-P, MOB-A	Z-GTW UM2	200
TR	TPC-B	ABe 4/8 UM2	180
TR	MVR-N	Z-Pano (WAB Beh 4/8) UM2	300
TR	MOB-Z	5+3 caisses	360
TR	LEB	120 m	330
TR	YSC	4 caisses « 3000 »	200
TR	BAM	4 caisses	200
TR	NStCM	ABe 4/8 UM2	180
TR	S50 (TPF)	3 caisses	160

² LEX = Léman Express, TPC-A = Aigle – Leysin (AL) + Aigle – Sépey – Diablerets (ASD) + Aigle – Ollon – Monthey – Champéry (AOMC), MVR-P = Vevey – Blonay – Les Pléiades, MVR-N = Montreux – Rochers-de-Naye, MOB-A = Montreux – les Avants, MOB-Z = Montreux – Zweisimmen, TPC-B = Bex – Villars – Bretaye (BVB), LEB = Lausanne – Echallens – Bercher, YSC = Yverdon – Ste-Croix, BAM = Bière – Apples – Morges, NStCM = Nyon – St-Cergue – La Cure

³ Pour la nomenclature des lignes du trafic GL, voir <https://sbb-step2035.ch/fr/voyageurs/>.

3. Diagnostic

Remarques préliminaires : pour l'ensemble des analyses présentées ci-après, les trains « Grandes Lignes » (GL) ont été dissociés des trains du « Trafic Régional » (TR). Le trafic régional concerne l'offre financée par le biais des mécanismes du Transport Régional de Voyageurs (TRV), à savoir le réseau RER et les chemins de fer secondaires. Le trafic GL concerne lui les trains InterCity (IC), InterRegio (IR) et RegioExpress (RE), qui ne sont pas financés par le biais du TRV. Une exception à ceci concerne certains trains de renfort circulant sur le réseau principal, parfois comme RE. Ces trains sont financés par le Canton et sont donc inclus au TR.

Pour chacun des deux types de trafic, le réseau a été découpé en tronçons, généralement entre chaque gare où une variation d'offre est possible. Pour le trafic GL, le découpage est légèrement plus large que pour le TR, par exemple entre Gland et Morges, qui constitue un seul tronçon pour le trafic GL, alors que le réseau TR est lui subdivisé entre Gland et Rolle, Rolle et Allaman, puis Allaman et Morges. Ceci s'explique simplement par le fait que les trains GL ne desservent pas toutes les gares et haltes intermédiaires et donc que les valeurs des indicateurs ne changent pas à ces endroits.

3.1. Développement de l'offre 2010 – 2019

Le développement de l'offre entre 2010 et 2019 a été analysé sur la base du nombre de trains prévus à l'horaire d'un jour de semaine standard, dans les deux sens, et ceci pour chacun des tronçons du réseau. Les trains de renfort d'heure de pointe et les réductions d'offre en soirée sont pris en compte, dans la mesure où la valeur du nombre de trains est calculée sur la journée complète.

Trafic GL

La figure 2 ci-après montre l'évolution, entre 2010 et 2019, du nombre de trains sur chaque tronçon du réseau GL. On observe notamment une augmentation marquée sur la banane lémanique et une variation quasi nulle sur les autres axes. L'augmentation forte de l'offre sur la Riviera est notamment due au passage à la demi-heure du RegioExpress jusqu'à Vevey. La diminution de l'offre entre Palézieux et Payerne s'explique par la suppression des trains semi-directs d'heure de pointe (RE), présents jusqu'en 2017 et supprimés dès l'introduction de la cadence à 30 minutes du RER en 2018 (auparavant cadence à l'heure). Cette diminution du trafic « Grandes Lignes » (trains RE, mais financés par le Canton comme complément au trafic régional) est donc en fait largement compensée par l'augmentation de l'offre régionale.

Les valeurs absolues du nombre de trains par ligne ou axe, toujours pour un jour complet, peuvent être représentées sous forme de graphique montrant l'évolution d'année en année. Le graphique d'évolution de l'offre pour le trafic GL est présenté à la figure 3. Pour chacun des axes principaux (Lausanne – Genève, Pied-du-Jura, Plateau et Simplon), un tronçon représentatif a été choisi, parfois deux comme pour la ligne du Simplon. Ce graphique met bien en évidence les niveaux d'offre sur chaque axe, exprimés en nombre de trains par heure sur la gauche (sur la base d'un simple calcul tenant compte de l'amplitude horaire des services). Contrairement au TR, on ne peut pas parler ici de « cadence », car différents types de trains se superposent sans forcément avoir la même politique d'arrêt ni les mêmes temps de parcours. En outre, ces trains circulent parfois en batterie au lieu d'une offre régulière par combinaisons des différents types de produit.

On y observe l'introduction (en 2014), puis la suppression (en 2018) du RE entre Lausanne et Romont. De manière générale, l'offre GL n'évolue qu'au coup par coup, voire pas du tout sur certains axes.

Evolution offre GL 2010-2019

Nombre de trains par jour
— Diminution
— Augmentation

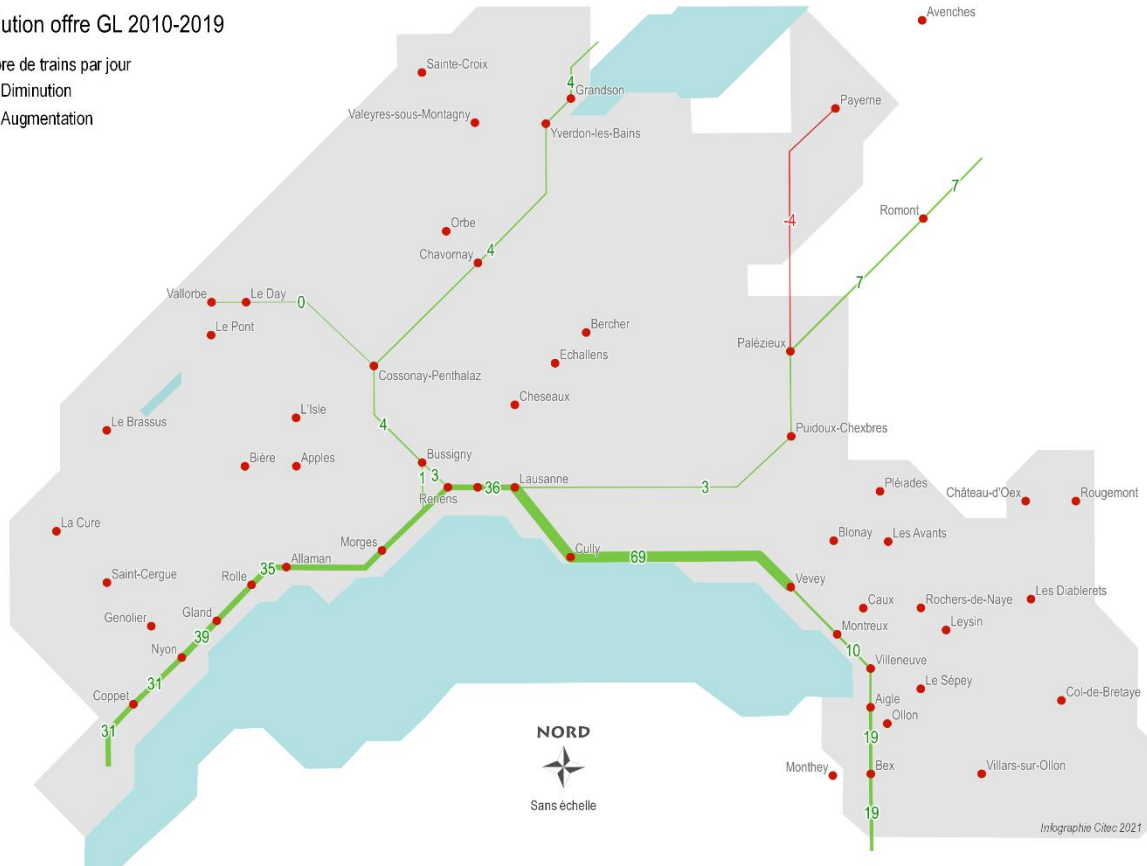


Figure 2 – Evolution de l'offre GL entre 2010 et 2019

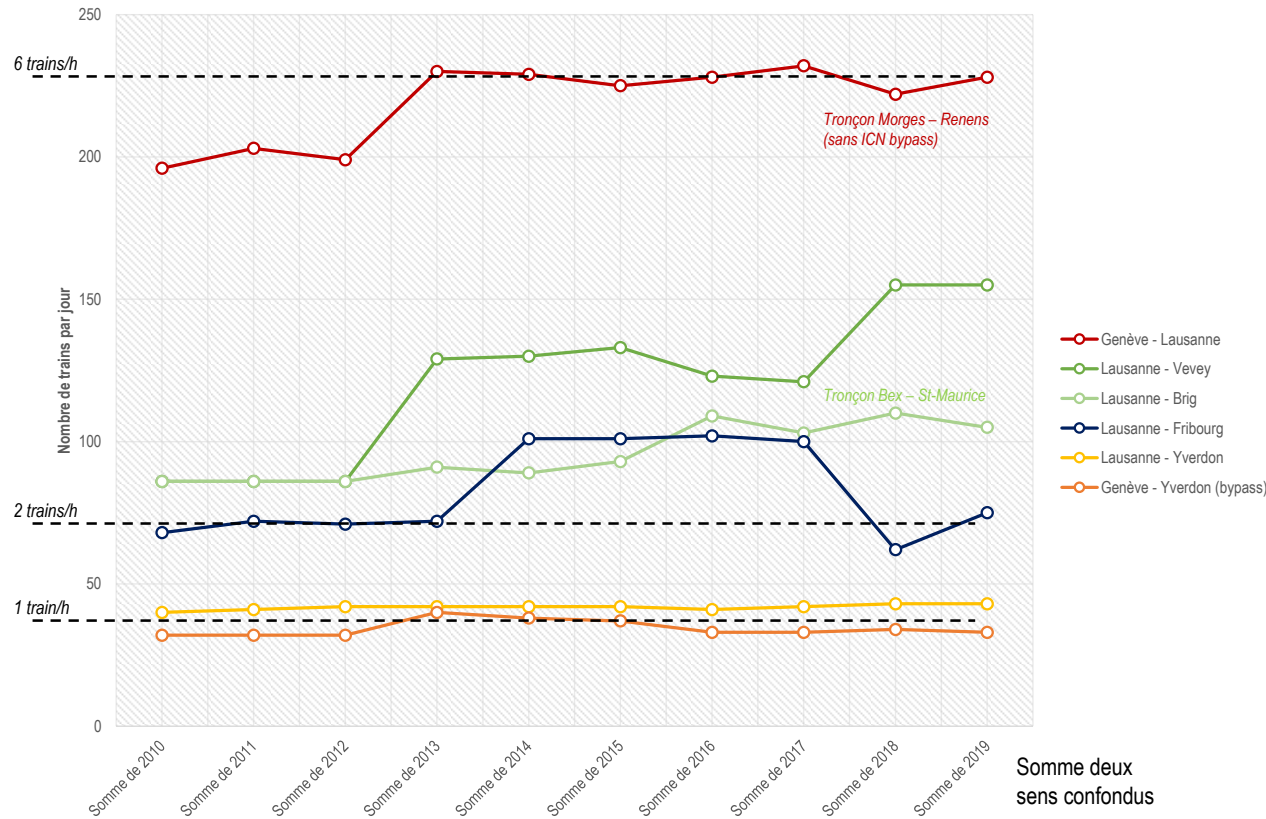


Figure 3 – Evolution temporelle de l'offre GL par axe

Trafic régional

La même analyse pour le trafic régional est présentée à la figure 4. Les augmentations d'offre sont relativement localisées, même si une **tendance générale d'augmentation** peut être observée. Les importants sauts d'offre sont bien visibles, avec notamment :

- la cadence à la demi-heure entre Allaman et Morges (dès 2012) ;
- le prolongement du RER à Grandson (dès 2016) ;
- le développement de l'offre dans la Broye (dès 2018) ;
- le passage à la cadence au ¼ d'heure entre Lausanne et Cheseaux (dès 2013) ;
- le passage à la cadence au ¼ d'heure en heure de pointe entre Nyon et Genolier (dès 2016).

Quelques réductions d'offre sont présentes, même si relativement faibles. Il s'agit notamment de la suppression des renforts RER entre Palézieux et Romont (réintroduits depuis).

Evolution offre TR 2010-2019

Nombre de trains par jour

— Diminution
— Augmentation

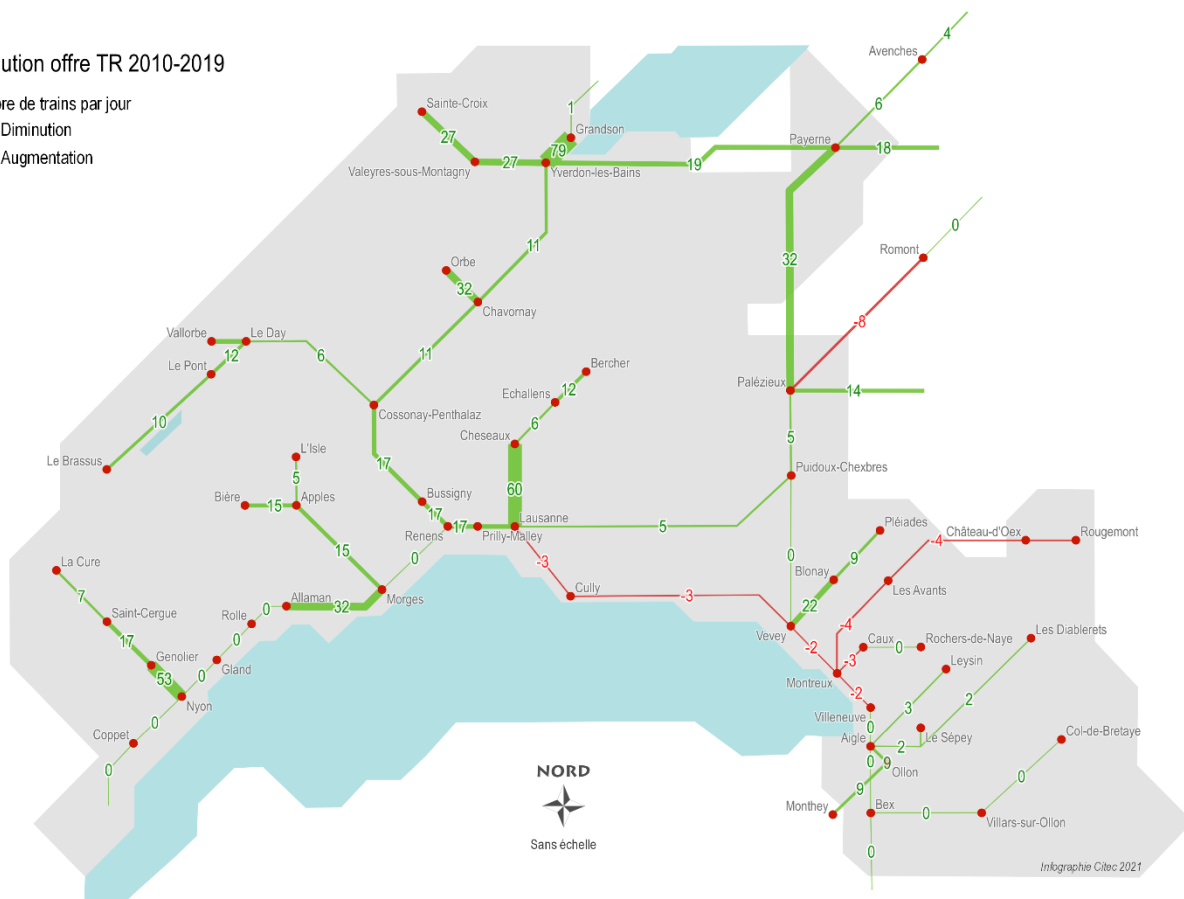


Figure 4 – Evolution de l'offre TR entre 2010 et 2019

Pour l'analyse graphique année par année, des enjeux de lisibilité conduisent à séparer l'offre du réseau RER de l'offre des chemins de fer secondaires. La première est présentée à la figure 5. On y distingue très bien les différentes cadences nominales habituelles (ici aussi identifiée sur la base d'une amplitude horaire standard) à 30 et 60 minutes. Pour certaines branches du réseau, l'offre se situe entre ces cadences standards, notamment en cas d'offre cadencée à l'heure avec renforts à la demi-heure en heure de pointes (comme c'était le cas sur Yverdon – Payerne jusqu'en 2014, avec

ensuite un passage à la cadence à 30 minutes intégrale). Le passage à la cadence à 30 minutes entre Morges et Allaman en 2018 (auparavant seul un train sur deux continuait au-delà de Morges) apparaît très clairement, de même que le prolongement du RER d'Yverdon jusqu'à Grandson (jusqu'en 2015, seuls quelques trains du RER Neuchâtel circulaient en heures de pointe jusqu'à Yverdon).

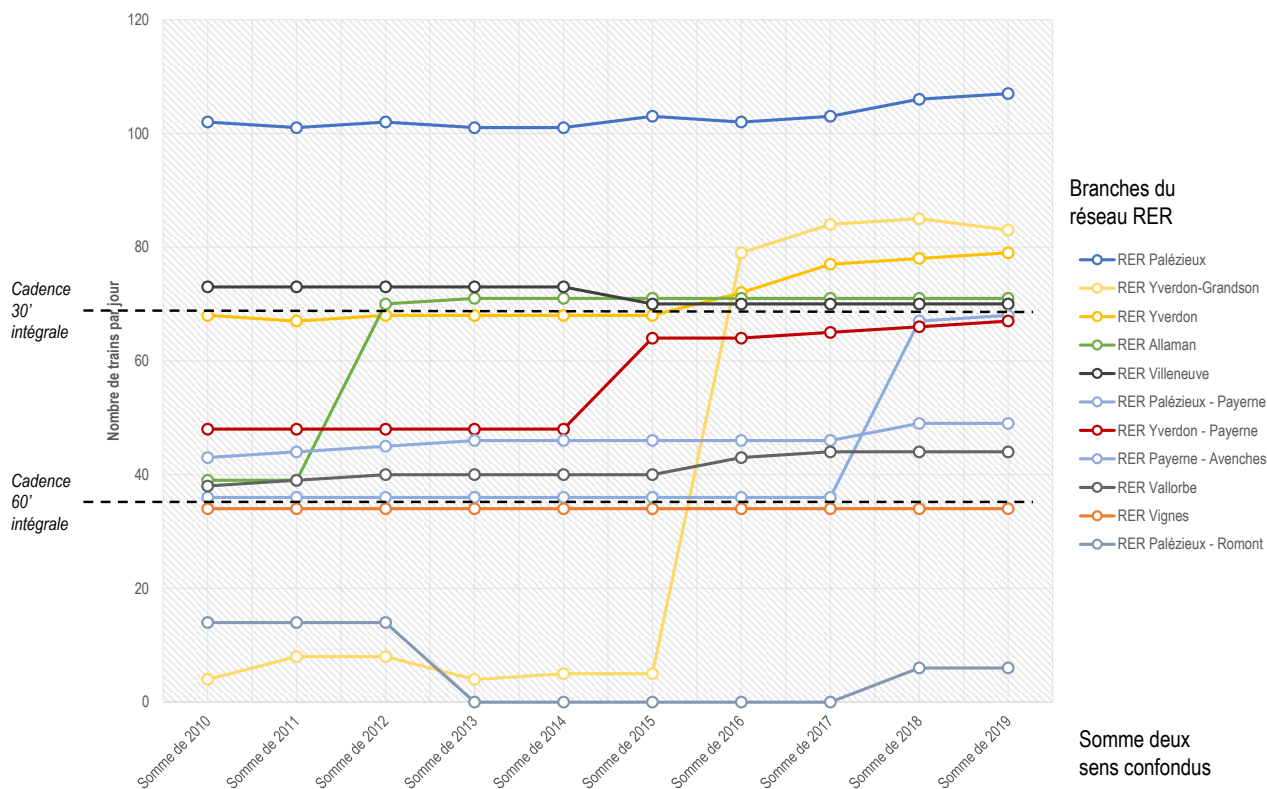


Figure 5 – Evolution temporelle de l'offre RER par branche ou sous-branche

Pour les chemins de fer secondaires (figure 6), les niveaux d'offre sont nettement plus variables, même si les cadences standards peuvent assez facilement être mises en évidence. On distingue la cadence à 15 minutes intégrale sur Lausanne – Cheseaux et celle à 30 minutes avec renforts à 15 minutes en heures de pointe sur Nyon – Genolier.

En synthèse et à l'état 2019, l'offre ferroviaire GL est concentrée entre Lausanne et Genève, axe sur lequel converge la quasi-totalité des lignes passant par Lausanne (seul l'IC 5 terminus Lausanne n'y circule pas). L'offre RER se concentre autour de Lausanne, avec une densité de trains relativement importante à l'ouest de Lausanne par superposition des lignes.

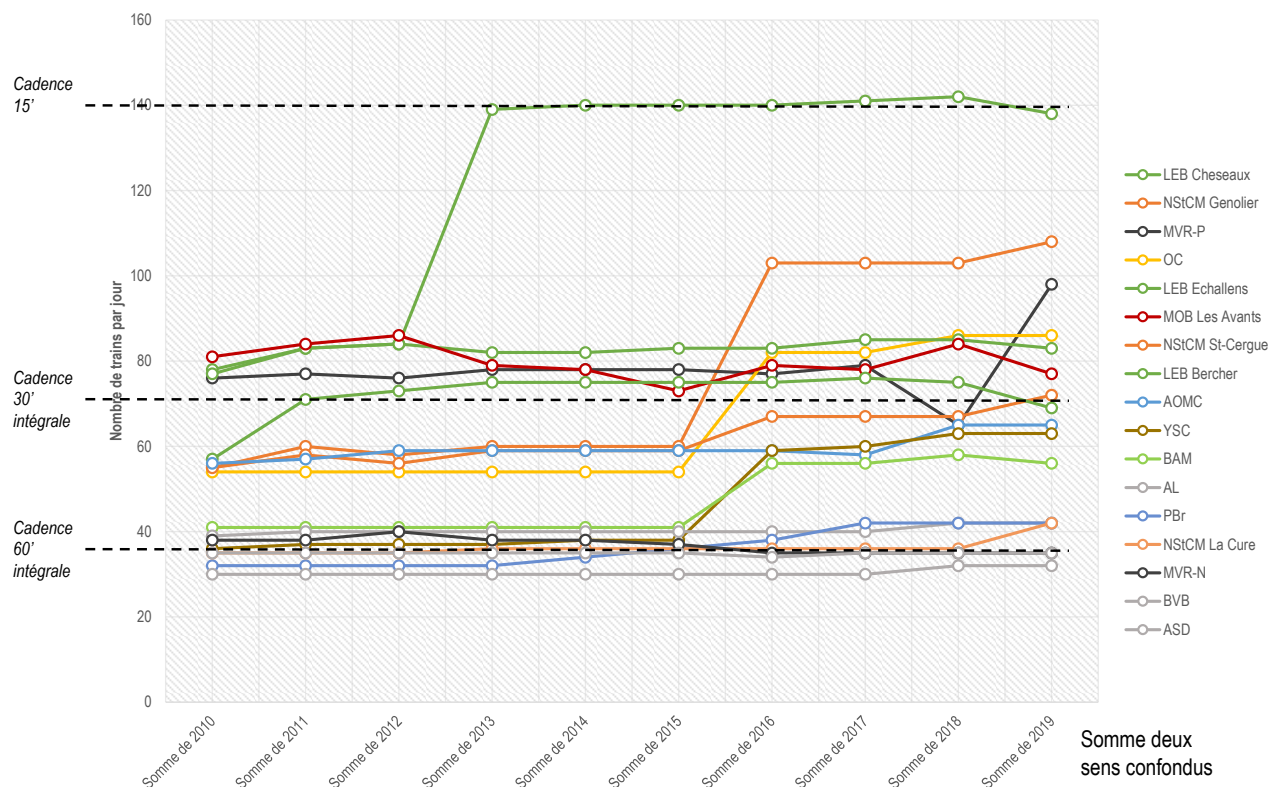


Figure 6 – Evolution temporelle de l'offre des chemins de fer secondaires par ligne ou sous-ligne

3.2. Evolution de la demande 2010 – 2019

L'évolution de la demande entre 2010 et 2019 a été calculée sur la base des statistiques de fréquentation fournies par les différents exploitants. La comparaison s'effectue par hypothèse sur la base du Trafic Journalier Ouvrable Moyen (TJOM), soit le nombre total de voyageurs pour un jour ouvrable moyen (en tenant compte de l'entier de l'année, c'est-à-dire aussi les vacances scolaires). Comme pour l'évolution de l'offre, les valeurs ont été calculées par tronçon, deux sens confondus et de manière distincte pour le trafic GL et le TR.

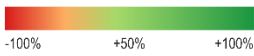
A noter que pour certaines lignes, notamment Orbe – Chavornay (la mixité de l'offre train/bus rend le suivi de la demande difficile) et Yverdon – Sainte-Croix, les données reçues présentaient certains problèmes dans leur structure et leur cohérence. L'analyse de l'évolution de la demande sur ces lignes n'est en l'état pas possible (ou du moins pas sur la base de la même méthodologie que pour les autres lignes).

La figure 7 montre l'évolution de la demande sur le réseau Grandes Lignes entre 2010 et 2019. Les valeurs en pourcent et les couleurs des tronçons indiquent l'évolution relative du TJOM, alors que l'épaisseur des traits donne la valeur absolue du TJOM en 2019. On constate que l'augmentation est majoritairement ciblée sur l'arc lémanique et quasi nulle ou négligeable sur les autres axes.

Sur le réseau régional (figure 8), l'augmentation est généralisée et peut atteindre des valeurs élevées, avec jusqu'à +150 % entre Chavornay et Yverdon. Une partie de l'augmentation est directement liée à l'évolution de l'offre, et notamment à certains sauts d'offre importants identifiés plus haut (Allaman, Grandson, etc.). Sur l'axe Yverdon – Lausanne notamment, l'augmentation peut être due en bonne partie à l'excellente qualité de service qu'offre la ligne S5, plus ou moins en cadence 30 minutes avec l'IC, pour un temps de parcours restant intéressant (30 minutes, contre 23 avec l'IC, alors que 37 avec la S1).

Evolution de la demande 2010-2019

Variation du TJOM



TJOM 2019 (voy./j)

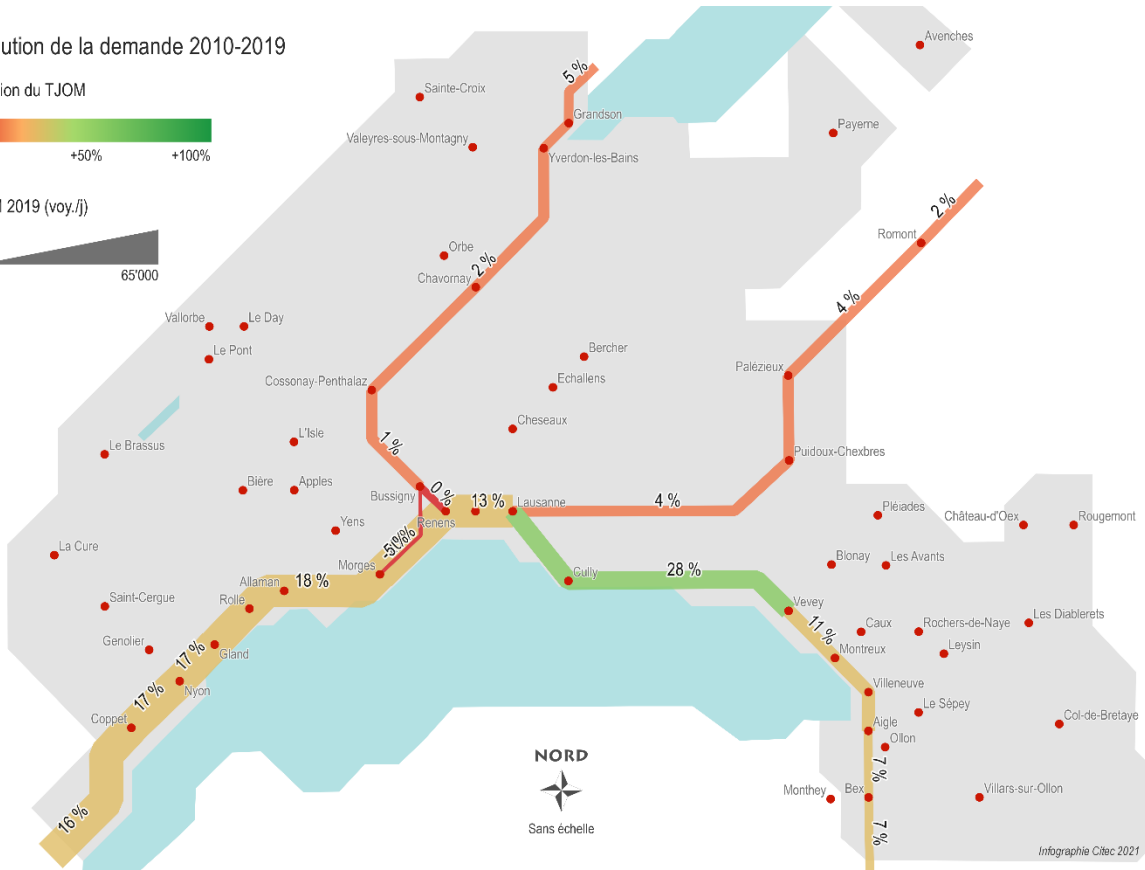


Figure 7 – Evolution de la demande GL entre 2010 et 2019

Evolution de la demande 2010-2019

Variation du TJOM



TJOM 2019 (voy./j)

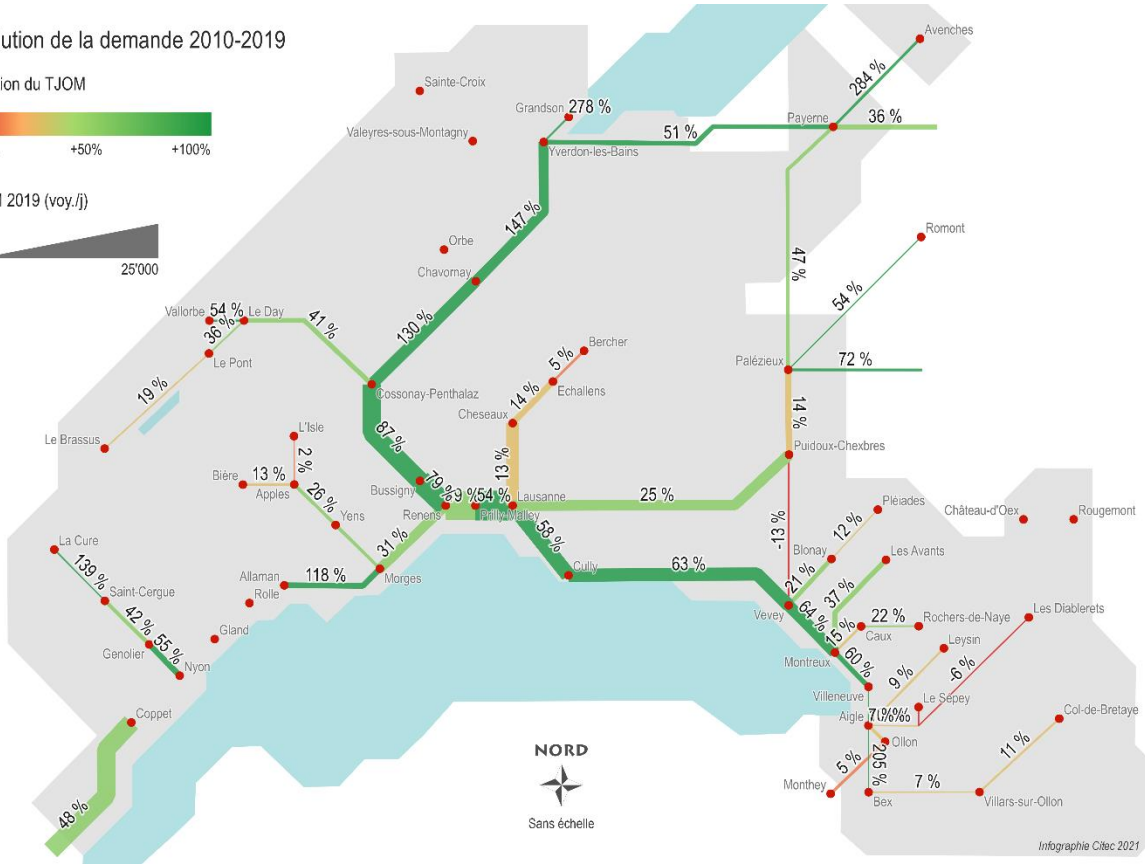


Figure 8 – Evolution de la demande TR entre 2010 et 2019

*En termes relatif, l'augmentation de la demande est plus marquée en trafic régional qu'en trafic grandes lignes. Les plus fortes augmentations concernent l'ouest lausannois, le Pied-du-Jura et la Riviera. Sur certains axes, la distinction entre TR et GL est parfois difficile à faire, notamment pour les liaisons de Morges, Vevey et Yverdon vers Lausanne, liaisons pour lesquels **le trafic régional peut parfois remplacer le trafic grandes lignes sans perte importante de niveau de service**. Les augmentations de demande sont globalement et souvent liées à des sauts d'offre.*

3.3. Adéquation offre-demande en 2019

Si les analyses précédentes se concentraient sur des valeurs journalières, la vérification de l'adéquation entre offre et demande doit se faire préférentiellement sur les périodes de pointe. Pour ceci, l'offre est calculée en sommant la capacité en places assises de chacun des trains circulant durant une heure de pointe et la demande prise en compte est celle tirée des données statistiques pour cette même heure de pointe. L'analyse est réalisée pour le sens du flux principal.

La figure 9 ci-après montre les taux de saturation calculés selon cette méthodologie pour le réseau GL en heure de pointe du matin en 2019. Les valeurs manquantes sur les tronçons Coppet – Gland et Renens – Bussigny correspondent à des données non transmises par l'exploitant. L'épaisseur des traits indique la valeur absolue de la demande HPM dans le sens déterminant, alors que la couleur et la valeur en pourcent correspondent aux taux de saturation.

Si les taux de saturation indiqués sont raisonnables (pour rappel, un taux de 100 % indiquerait que toutes les places assises sont occupées), il faut noter que **la répartition dans les trains n'est pas forcément homogène** (ce que cette figure ne permet pas de voir). C'est le cas par exemple entre Lausanne et Vevey, où les trains RE circulent juste derrière les trains IR, ce qui a tendance à décharger les trains RE, au détriment des trains IR. C'est ce qui explique en partie le taux de saturation acceptable, quand certains trains IR sont en réalité saturés. De plus, la valeur de demande est une moyenne sur les jours ouvrables de toute l'année. La baisse durant les vacances a donc un impact sur cette analyse.

Les flux sont orientés vers Lausanne, puis Genève (flèches grises sur la figure), ce qui correspond bien à la structure de l'offre. **Les taux de saturation les plus importants se situent sur la ligne du Pied-du-Jura, sur l'axe Lausanne – Genève et entre Vevey et Lausanne.**

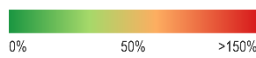
La même analyse pour le réseau TR est présentée à la figure 10. A noter que l'échelle de couleur n'est pas la même que pour la figure du réseau GL. En effet, l'analyse se basant sur la capacité en places assises, il est admis en TR que des usagers voyagent debout. Le taux de saturation des places assises peut donc être plus élevé, sans que cela soit problématique, d'où une transition plus tardive de l'indicateur du vert vers le rouge.

Pour le TR, les flux en HPM sont dirigés généralement vers Lausanne (absence de flèches grises sur la plupart des tronçons). Pour les quelques tronçons qui ne sont pas orientés en direction de Lausanne, les flèches grises indiquent le sens du flux principal.

La figure montre une forte saturation sur l'ouest lausannois, avec jusqu'à 130 % entre Morges et Lausanne (présence de voyageurs debout). Sur le réseau TR, la capacité peut être adaptée au gré de l'évolution de la demande. C'est d'ailleurs le cas, avec des renforts ponctuels ou des circulations avec du matériel roulant plus capacitaire (RV-Dosto de 150 mètres entre Grandson et Lausanne). Ceci explique la relativement bonne adéquation entre offre et demande.

Saturation GL HPM 2019

Taux de remplissage (places assises)



Demande HP (voy./h/sens)

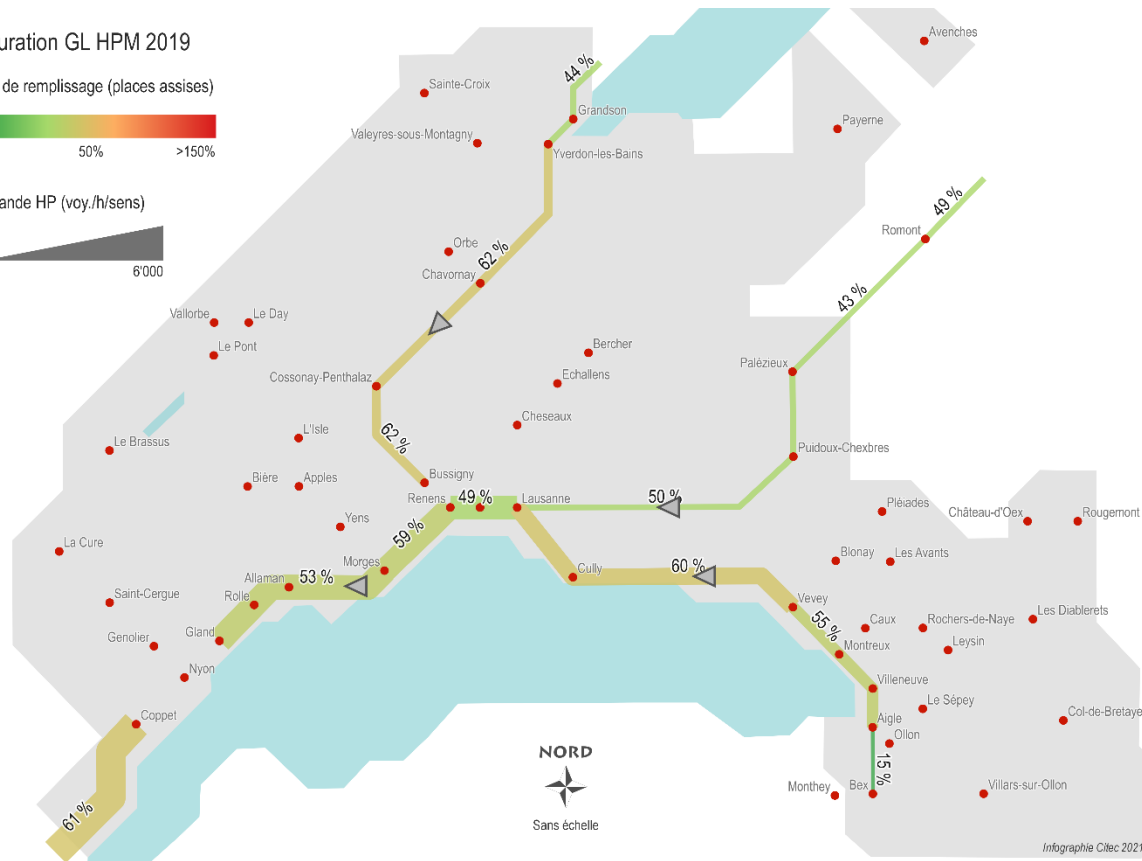
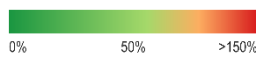


Figure 9 – Taux de saturation sur le réseau GL (HPM 2019)

Saturation TR HPM 2019

Taux de remplissage (places assises)



Demande HP (voy./h/sens)

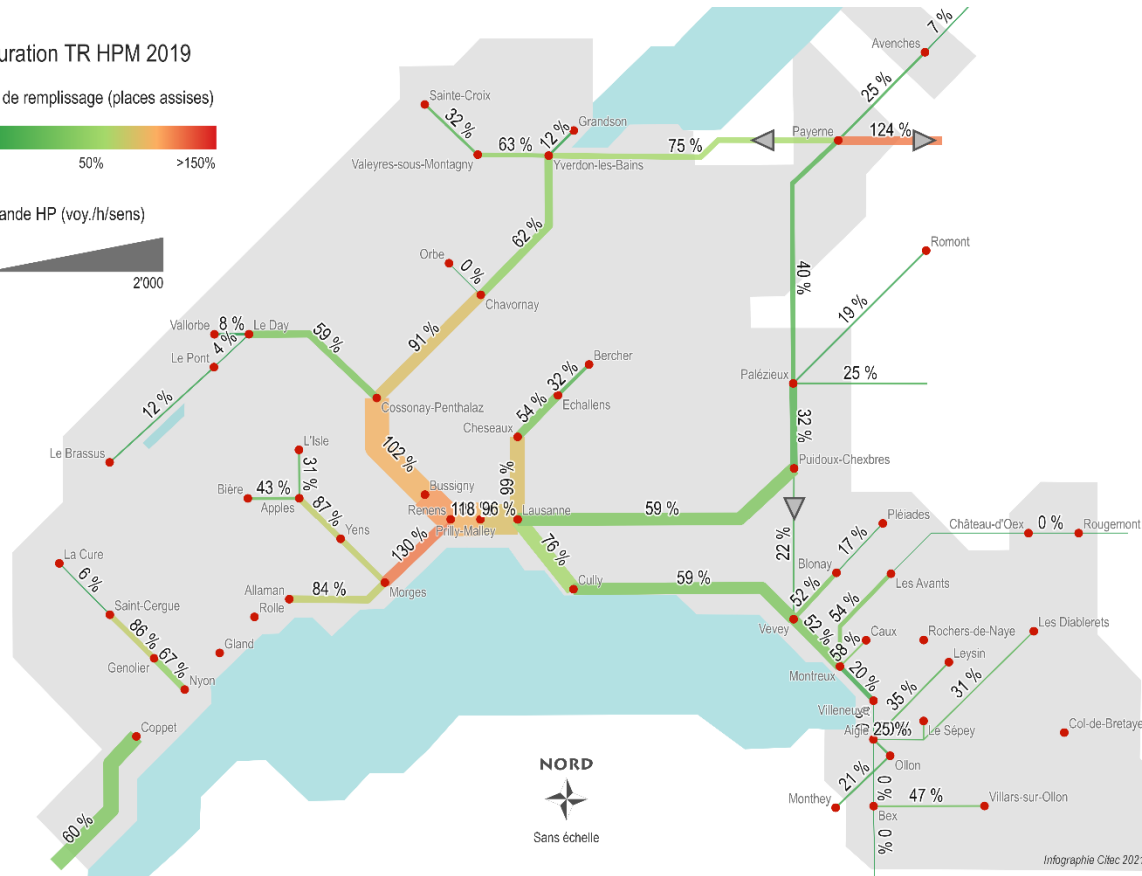


Figure 10 – Taux de saturation sur le réseau TR (HPM 2019)

*De manière générale, les taux de saturation observés restent acceptables, même si, pour rappel, ils ne montrent pas la situation de certains trains particulièrement chargés. En conclusion, les valeurs indiquées sur les figures précédentes sont toutefois de bonnes valeurs cibles pour le dimensionnement de l'offre future, à savoir un **taux de saturation maximal de 65 à 70 % pour le trafic GL et 120 à 130 % pour le réseau TR**, afin de tenir compte des voyageurs debout.*

3.4. Qualité de l'offre et attractivité des TP

Temps de parcours

Pour juger de la qualité de l'offre, un indicateur particulièrement intéressant est celui du temps de parcours et plus spécifiquement sa comparaison avec le temps de parcours en voiture. Pour faire cette comparaison, les temps de parcours ont été calculés pour toutes les paires origine-destination entre deux gares du réseau vaudois (au moins une par zone du modèle qui sera présenté au chapitre 4.1), ainsi qu'en relation avec les villes principales des cantons voisins. Les paires origine-destination les moins pertinentes, notamment entre deux gares secondaires de régions différentes (par exemple Caux – Apples), ont toutefois été ignorées (cases grises).

Les temps de parcours ont été calculés sur la base de l'horaire en ligne CFF⁴ pour les temps en train, respectivement à l'aide des algorithmes Google pour les temps en voiture. Les temps de parcours voiture ainsi obtenus ne tenant pas compte de la saturation, il a été choisi d'appliquer un facteur d'augmentation forfaitaire de +20 %.

La matrice de comparaison ainsi obtenue est présentée à la figure 11. Les valeurs inférieures à 1 indiquent un temps de parcours plus rapide en train qu'en voiture (cases vertes), alors que les valeurs supérieures à 1 indiquent que la voiture est plus rapide (cases rouges).

Les valeurs de la matrice peuvent être représentées sous forme de carte, avec toutefois la contrainte de ne pouvoir y afficher qu'une « dimension » de la matrice, c'est-à-dire en fixant une origine ou une destination. C'est le cas par exemple à la figure 12, qui montre un extrait de la carte de comparaison des temps de parcours avec pour origine Lausanne. Des cartes complètes avec pour origine Lausanne, Moudon, Yverdon et Orbe sont fournies en annexe 1. Ces origines ont été choisies de sorte à montrer différents types de localités et donc différentes situations vis-à-vis de l'offre ferroviaire. Il est évident que de telles cartes pourraient être produites pour chaque origine ou destination de la matrice, mais cela n'a pas été fait pour des questions de temps de traitement et d'utilité, les cartes n'étant qu'une représentation alternative des données de la matrice.

*Globalement, **les relations en lien avec les gares du réseau principal sont très intéressantes en train**. Dans la Broye, le temps de parcours en train n'est intéressant que pour les parcours sur la ligne même. Les relations vers Lausanne ou celles nécessitant une correspondance sont bien moins performantes qu'en voiture. Les relations entre deux lignes secondaires (par exemple Genolier – Leysin) ne sont que rarement performantes en train (deux correspondances nécessaires).*

⁴ Contrairement au reste du diagnostic, qui se basait sur un état « actuel » de 2019, les temps de parcours en train ont été calculés sur la base de l'horaire 2021. En effet, l'outil de calcul automatisé du temps de parcours n'est pas en mesure d'utiliser des données historiques et un travail manuel aurait été trop laborieux.

Qualité des correspondances

Afin d'évaluer la qualité des correspondances, le tableau de la figure 13 indique les temps de correspondances entre les lignes secondaires et le réseau principal. Lorsque c'est nécessaire, les temps sont différenciés en fonction du type de mission sur la ligne secondaire (par exemple Nyon – Genolier ou Nyon – St-Cergue sur le NStCM) et en fonction de la destination sur le réseau principal (généralement deux directions). Les lignes du tableau sont triées de sorte à grouper et trier les lignes secondaires par ordre alphabétique.

Une première constatation est qu'il y a presque toujours **au moins une bonne correspondance sur chaque ligne secondaire**, généralement orientée vers le pôle d'attraction le plus pertinent. C'est le cas par exemple de l'ASD, qui offre d'excellentes correspondances de/vers Lausanne, alors que celle de/vers le Valais sont mauvaises. Pour certaines lignes, les correspondances ne sont pas optimales. Cela est souvent dû à la structure de l'offre grandes lignes dans le nœud de correspondance ainsi qu'aux contraintes des lignes secondaires qui sont généralement des lignes à voie unique.

Ligne	Gare	Correspondance de	Correspondance vers	Durée A	Durée R	Remarque
AL	Aigle	Leysin	Lausanne	5	6	
AL	Aigle	Leysin	Valais	19	20	
AOMC	Aigle	Monthey	Lausanne	9	6	Variable 1h/2
ASD	Aigle	Les Diablerets	Lausanne	5	7	
ASD	Aigle	Les Diablerets	Valais	19	21	
BAM	Morges	Bière	Lausanne	7	8	
BAM	Morges	Bière	Genève	9	11	
BVB	Bex	Villars	Lausanne	4	8	
BVB	Bex	Villars	Valais	-	3	
MOB	Montreux	Sonzier	Lausanne	6	4	
MOB	Montreux	Zweisimmen	Lausanne	7	6	
MOB	Montreux	Fontanivent	Lausanne	13	11	Desserte identique à MX-SONZ, donc corresp. pas utile
MVR-G	Montreux	Rochers-de-Naye	Lausanne	14	6	
MVR-P	Vevey	Blonay HP	Lausanne	4	1	
MVR-P	Vevey	Blonay HC	Lausanne	7	7	
MVR-P	Vevey	Les Pléiades	Lausanne	10	10	
NSICM	Nyon	Genolier HP	Genève	2	4	Genolier HP même desserte que sillons HC, donc corresp. pas utile
NSICM	Nyon	La Cure / St-Cergue	Genève	6	6	
NSICM	Nyon	La Cure / St-Cergue	Lausanne	6	6	
NSICM	Nyon	Genolier HP	Lausanne	13	14	
OC	Chavornay	Orbe	Yverdon	3	20	Sillon HP ; meilleures correspondances avec bus (3')
OC	Chavornay	Orbe	Lausanne	8	8	Sillon de base uniquement
PBr	Le Day	Le Brassus	Lausanne	4	5	
RER Fribourg S50	Palézieux	Châtel-St-Denis	Lausanne	4	4	
RER YV-FRI	Payeme	Yverdon/Fribourg	Lausanne	3	2	
RER YV-FRI	Yverdon	Payeme	Genève	10	13	Sur ICN Genève 1x/h
RER YV-FRI	Yverdon	Payeme	Lausanne	14	17	Sur RER GRS-LS
Vignes	Puidoux-Chexbres	Vevey	Lausanne	9	9	
Vignes	Vevey	Chexbres	Lausanne	11	11	
Vignes	Puidoux-Chexbres	Vevey	Fribourg	15	18	Avec changement à Palézieux (10' de battement)
YSC	Yverdon	Ste-Croix	Lausanne	10	9	Sur ICN Lausanne, donc 1x/h, sinon en 15' sur RER

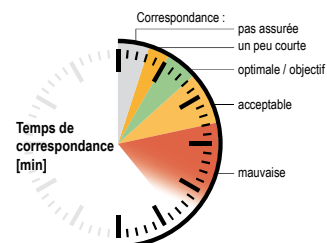


Figure 13 – Temps de correspondance entre les lignes secondaires et le réseau principal

3.5. Qualité de la couverture territoriale

La qualité de la couverture territoriale du réseau ferroviaire peut être estimée sur la base de la distance de chaque habitant et emploi à la gare la plus proche. Pour nuancer les résultats, les gares vaudoises sont réparties en trois catégories (pour rappel les métros lausannois ne sont pas considérés ici) :

- Gares GL : gares desservies par des trains IC, IR ou RE.
- Gares régionales : gares du réseau CFF desservies par des trains RER ou régionaux.

- Gares secondaires : gares des chemins de fer secondaires (NStCM, MBC, LEB, Travys, MVR, MOB et TPC).

Les distances sont calculées à vol d'oiseau, pour chaque hectare du territoire (sur la base des données de répartition hectométrique de la population et des emplois de l'ARE⁵). Les classes principales de distance sont réparties en trois types, en fonction du mode de transport le plus adéquat :

- Jusqu'à 1 kilomètre : marche à pied.
- Jusqu'à 5 kilomètres : vélo « traditionnel ».
- Jusqu'à 10 kilomètres : vélo à assistance électrique.

La figure 14 montre la couverture du territoire par des cercles concentriques de rayon 1, 5 et 10 km autour de chaque gare. A l'exception de quelques zones (notamment Gros-de-Vaud et littoral nord-est du lac de Neuchâtel), la quasi-totalité du canton est située géographiquement à moins de 5 kilomètres d'une gare. Il faut toutefois nuancer cette constatation par le fait qu'on ne tient ici pas compte de la topographie et du type de gare.

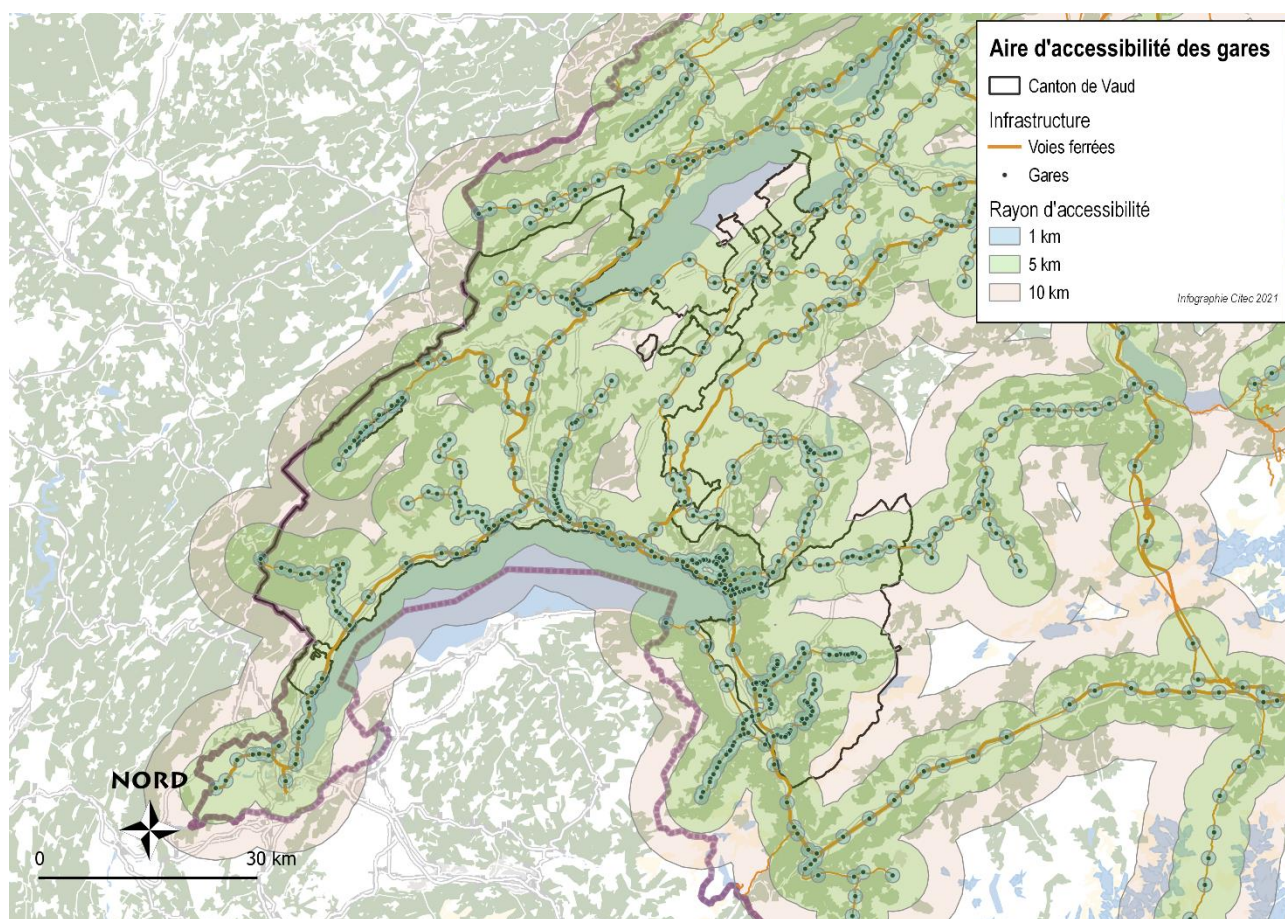


Figure 14 – Couverture territoriale du réseau ferré

Le graphique de la figure 15 montre la part d'habitants et emplois (valeurs sommées) situés à moins de x kilomètre d'une gare.

La courbe la plus basse (rouge) ne considère que les gares GL, celle du milieu (bleue) considère les gares GL et les gares régionales, alors que la courbe la plus haute (verte) considère toutes les gares, quel que soit leur type. Il s'agit toujours de la gare

⁵ <https://s.geo.admin.ch/91c9ec148f>

la plus proche géographiquement (à vol d'oiseau) qui est prise en compte pour chaque hectare de territoire, même si une gare ayant une meilleure qualité de desserte est située quelques centaines de mètres plus loin. C'est le cas par exemple pour les habitants et emplois à proximité de Vevey-Funi, qui sont entièrement comptabilisés sur cette gare, alors qu'en réalité il est probable que ces usagers se déplacent jusqu'à la gare de Vevey, toute proche. La courbe « GL » est donc probablement légèrement sous-estimée.

Une première constatation intéressante est que **plus de 60 % des habitants et emplois sont situés à distance de marche (<1 km) d'une gare** (tous types confondus). En outre, les trois-quarts de la population et des emplois sont situés à moins de 5 km d'une gare GL, soit à distance accessible en vélo « traditionnel ». Enfin, **la totalité des habitants et emplois sont situés à moins de 6 km à vol d'oiseau d'une gare**.

Courbe cumulée population+emplois

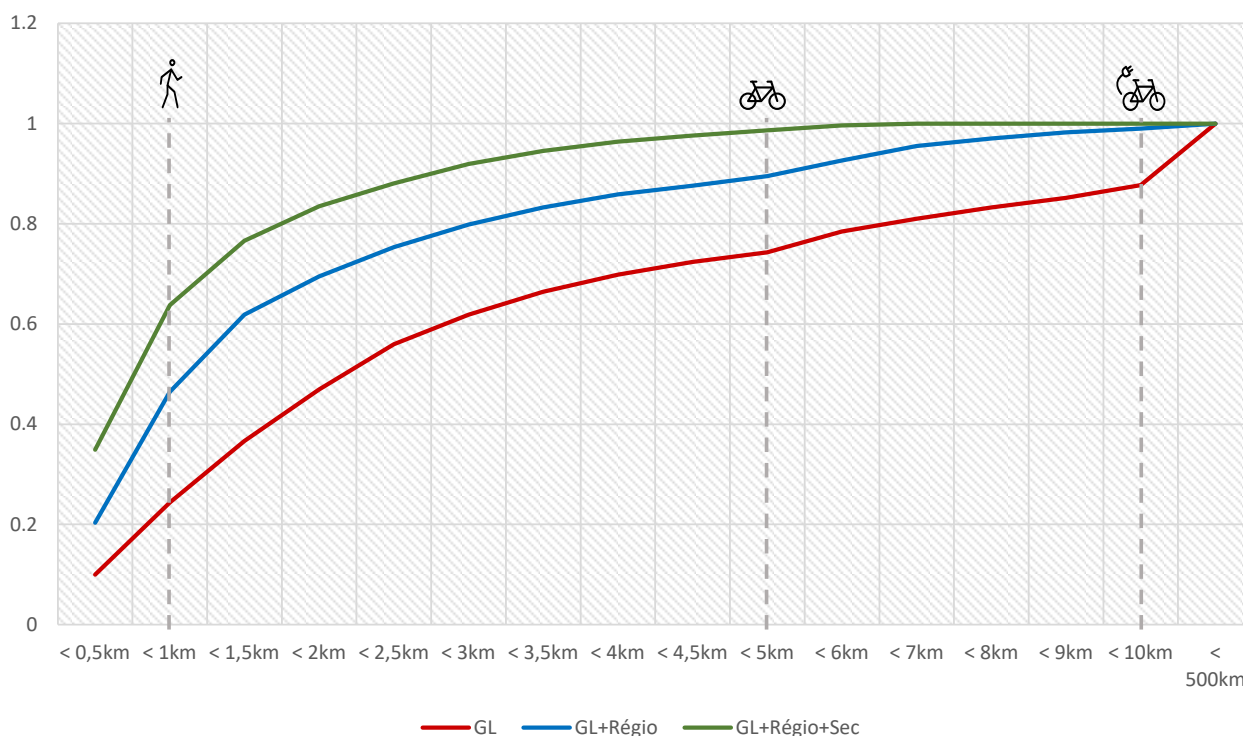


Figure 15 – Répartition des habitants et emplois en fonction de la distance aux gares

*Si l'analyse est relativement succincte (distance à vol d'oiseau et prise en compte de l'offre ferroviaire de façon simplifiée uniquement), elle permet toutefois de montrer l'excellente couverture territoriale par les gares. Il faut cependant être attentif au fait que la typologie des gares varie passablement et que **les correspondances entre lignes secondaires et principales sont primordiales pour que la proximité d'une gare secondaire reste intéressante.***

3.6. Productivité de l'exploitation

La productivité de l'exploitation peut être qualifiée de bonne lorsque le matériel roulant est utilisé au maximum de sa disponibilité, c'est-à-dire lorsque les temps de rebroussement aux terminus sont optimaux. Cette analyse a été réalisée en relevant

les temps de parcours d'une extrémité à l'autre de chaque ligne (RER et lignes secondaires uniquement), ainsi que les temps de battement pour les rebroussements. La durée totale d'un aller-retour, temps de battement compris, divisée par la cadence, donne le nombre de rames nécessaires en exploitation.

Pour certaines lignes, les roulements du matériel roulant sont interlignés, c'est-à-dire que les véhicules arrivent d'une ligne et repartent sur l'autre. C'est le cas par exemple des lignes S1 et S5 qui sont interlignées à Grandson ou des lignes S2 et S3 qui le sont à Villeneuve (horaire 2019). Dans ces cas-là, il faut bien évidemment en tenir compte pour juger de la bonne productivité de l'exploitation. Les deux lignes interlignées sont alors considérées comme une seule ligne, même si les temps de battement à l'emplacement de l'interlignage sont bien pris en compte comme du temps non productif.

Les résultats de l'analyse (présentés en annexe 2) montrent une **relativement bonne productivité de l'exploitation**, tant sur le RER Vaud que sur les lignes secondaires, même si certaines lignes font exception à ceci. A titre purement informatif à ce stade, le nombre de convois nécessaires pour le RER Vaud est de 22 (valeur « théorique », sans tenir compte des réserves d'exploitation ou de maintenance, et sans renforts éventuels). Pour les chemins de fer secondaires, ce nombre se monte à environ 35-40 convois au total. Ces valeurs ne correspondent pas forcément au nombre de rames nécessaires, car il est fait ici abstraction de la problématique de circulation en unité simple ou multiple.

3.7. Capacité du réseau

La capacité du réseau (et son taux d'utilisation actuel) est difficile à évaluer, pour plusieurs raisons :

- La capacité d'une ligne ferroviaire n'est pas une valeur unique. En effet, elle dépend avant tout de la diversité des missions qui y circulent et de leur ordonnancement.
- L'effet réseau induit des contraintes qui tendent à diminuer la capacité globale, notamment dans les grands nœuds.

Toutefois, il peut être admis que :

- Le cœur du réseau est saturé. C'est notamment le cas entre Lausanne et Renens, raison pour laquelle des travaux sont en cours (4^e voie et saut-de-mouton), mais aussi entre Renens et Morges, Renens et Bussigny, Lausanne et Vevey.
- Les lignes secondaires sont souvent proches de la saturation, dans le sens qu'une augmentation de l'offre ne peut généralement se faire sans ajout ou réactivation de points de croisement.

Ainsi, à l'exception de certaines lignes particulières, tout développement de l'offre nécessitera l'adaptation de l'infrastructure. Les chapitres suivants chercheront à trouver la juste adéquation entre les moyens à mettre en œuvre et la pertinence de l'offre à développer.

3.8. Trafic marchandises

L'analyse du trafic marchandises a fait l'objet d'une étude parallèle confiée au groupement Infrac – sma⁶, à partir de laquelle sont issus les éléments présentés dans

⁶ Etude sur l'évolution du transport de marchandises par le rail à l'horizon 2050, infrac et sma, 2021-2022

ce sous-chapitre. En absence de données détaillées, seuls le nombre de sillons tracés dans l'horaire (figure 16) ainsi que les données de trafic, disponibles en *open data* ont pu être analysées par sma.

Il ressort de ces analyses que sur les lignes du Pied-du-Jura et de Lausanne – Genève, plus des 2/3 des sillons catalogue sont commandés, avec une répartition globalement homogène sur la journée. Sur la ligne du Pied-du-Jura, près de la moitié des sillons sont dédiés au trafic de messagerie (poste principalement).

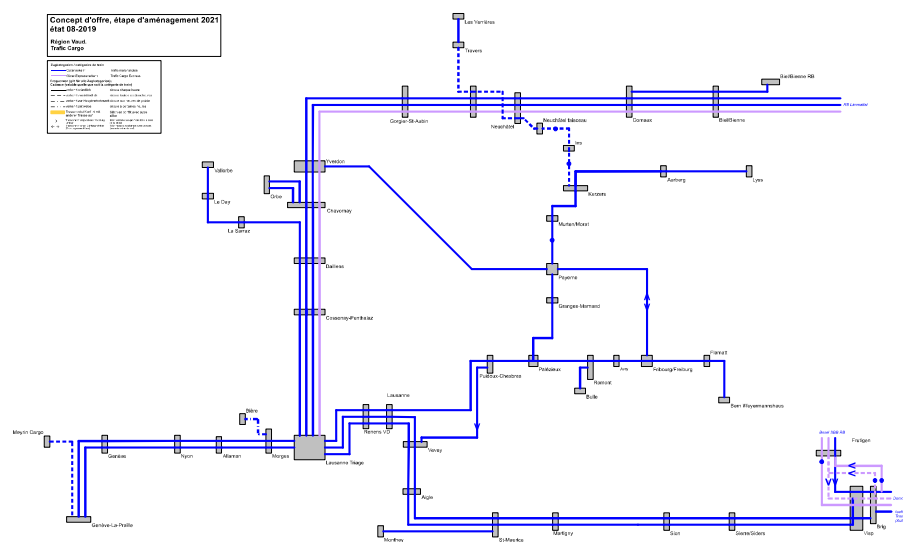


Figure 16 – Nombre de sillons marchandises tracés sur les différentes lignes (source sma, figure plus lisible dans le rapport ad hoc)

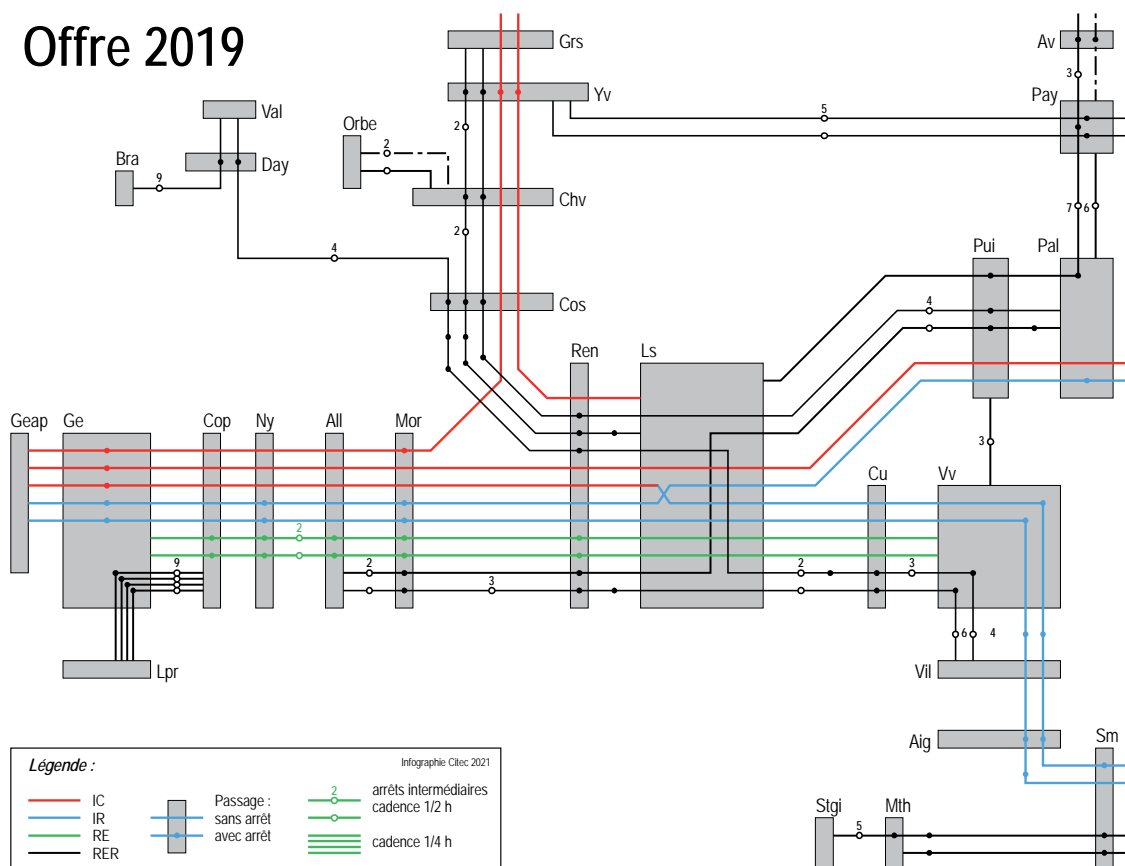
Les deux autres lignes sont moins sollicitées, avec respectivement 1/3 et 1/4 des sillons catalogue commandés sur les lignes du Plateau et du Simplon. Sur ces deux lignes, on constate qu'une part importante des sillons concernent des trains de marchandises régionaux. D'autre part, la ligne du Simplon a la particularité d'avoir 10 % des sillons tracés pour des trains marchandises internationaux.

3.9. Développements (offre/capacité) prévus à l'horizon 2035

L'évolution de l'offre à l'horizon 2035 peut être déduite du réticulaire PRODES 2035. En revanche, celui-ci ne montre que le nombre de trains prévus, sans tenir compte des éventuels renforts ponctuels et sans indication du type de matériel roulant, pour lesquels des hypothèses ont été faites. La figure 17 montre la différence entre les schémas d'offre voyageurs 2019 et 2035.

En ce qui concerne le trafic marchandises, le projet d'horaire PRODES 2035 prévoit une augmentation du nombre de sillons sur la ligne du Pied-du-Jura avec un 4^{ème} sillon à longue distance et deux sillons supplémentaires entre Lausanne-Triage et Daillens. Un second sillon est également prévu sur la ligne du Plateau. A cet horizon, une distinction est également faite entre les sillons dit standards et les sillons express, qui sont tracés avec une vitesse maximale plus élevée, mais un tonnage maximal plus faible.

Offre 2019



Offre 2035

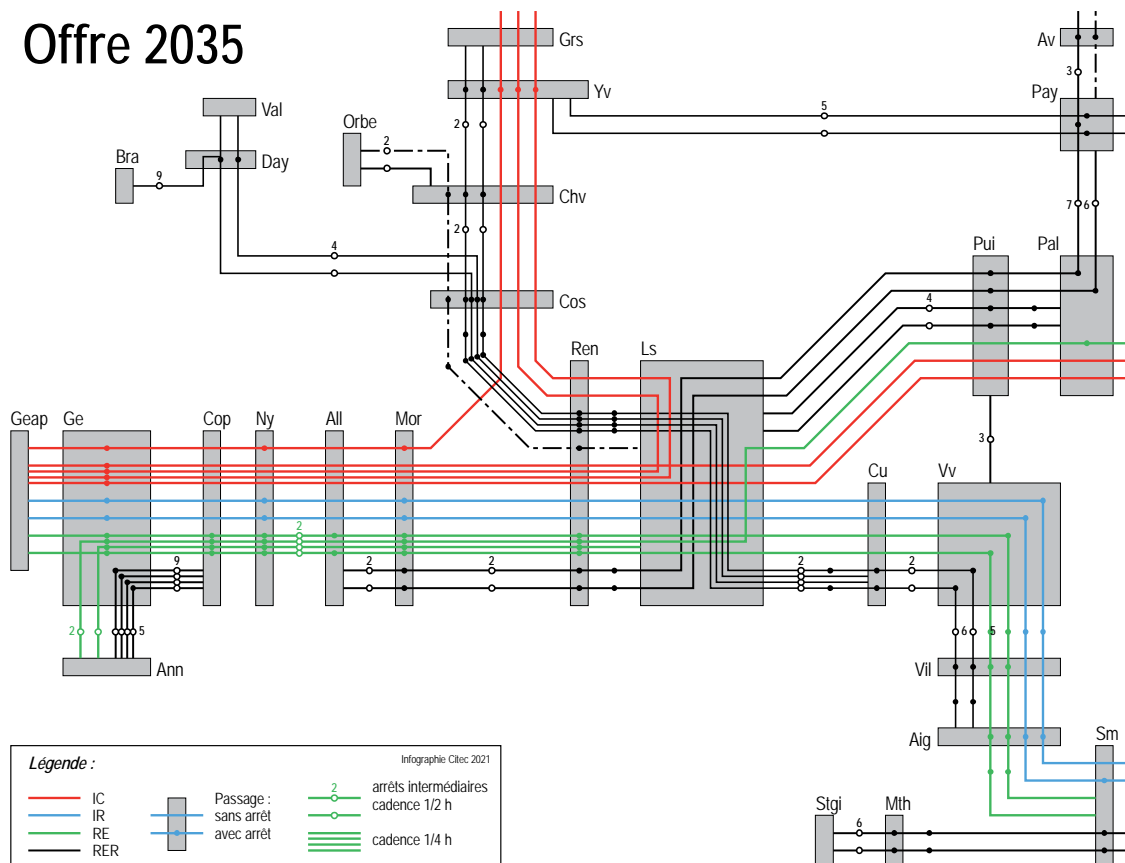


Figure 17 – Schémas d'offre voyageurs 2019 et 2035

Les hypothèses d'affectation du matériel roulant (indiquées au chapitre 2.2) correspondent à des valeurs « maximales » envisageables, en tenant compte des contraintes existantes à l'horizon 2035 (gabarit pour trains à deux étages, longueurs des quais).

Le calcul de l'offre en termes de places assises à l'horizon 2035 se base donc sur une capacité théorique maximum des trains et un nombre de trains selon le réticulaire PRODES. Sur la Riviera, les trains RE de renfort d'heure de pointe n'ont pas été considérés pour l'offre 2035, car ils impliquent une modification drastique de l'offre RER lorsqu'ils circulent et ne peuvent donc pas être considérés comme une offre systématique claire.

La figure 18 montre l'évolution prévue de l'offre en places assises d'ici à 2035 sur le réseau GL. La valeur en pourcent et la couleur des tronçons indique la variation relative de l'offre entre 2019 et 2035 (sur la base des hypothèses retenues) et l'épaisseur des traits indiquent la valeur absolue de l'offre potentielle en 2035.

Entre Lausanne et Vevey, l'analyse ne montre pas d'augmentation de l'offre. En effet, les deux trains IR de renfort ne sont pas maintenus à l'horizon 2035 (du moins pas visibles sur le réticulaire). L'augmentation de la capacité des trains IR de base (trains à deux étages de 400 mètres) permettra juste de maintenir le nombre de places offertes en HPM. Au-delà de Vevey, le prolongement du RE jusqu'à St-Maurice permet une augmentation de l'offre.

Sur l'axe Genève – Lausanne, des trains plus nombreux et plus capacitaires permettent une augmentation de l'ordre de 60 %. Sur la ligne du Plateau, l'offre pourrait être doublée.

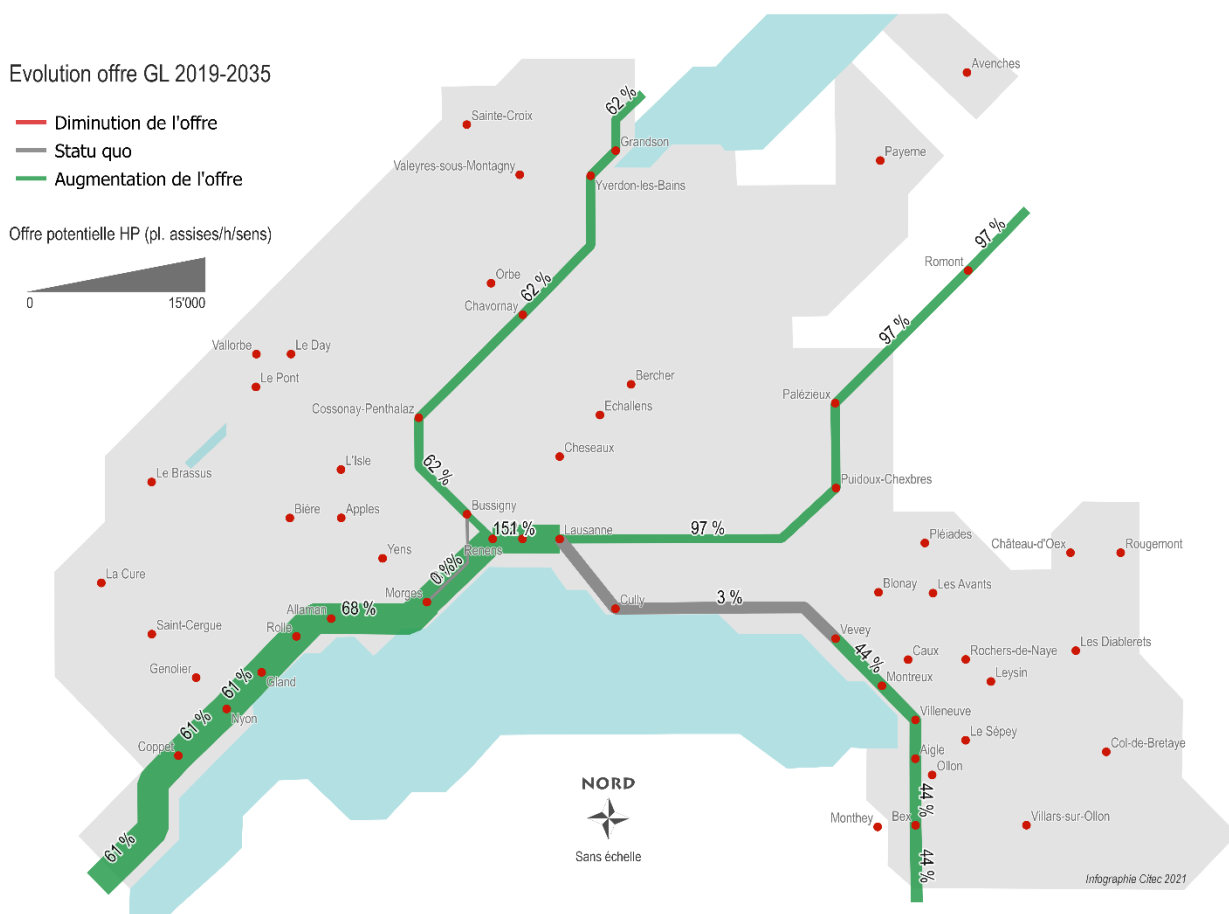


Figure 18 – Evolution de l'offre GL possible entre 2019 et 2035 (HPM)

En ce qui concerne le trafic régional (figure 19), une augmentation de l'offre en places assises est possible sur quasiment toutes les lignes, à l'exception notamment de la Riviera, où les trains de renfort circulant aujourd'hui entre St-Maurice et Lausanne ne sont plus nécessaires car remplacés par les RE avec terminus à St-Maurice. Le passage à des trains à deux étages sur la ligne entre Grandson et Aigle permet de maintenir le nombre de places offertes à son niveau actuel. La diminution de l'offre entre Vallorbe et Le Day est due à la mise en place d'une coupe-accroche au Day, un train sur deux continuant en unité simple (US) vers Vallorbe.

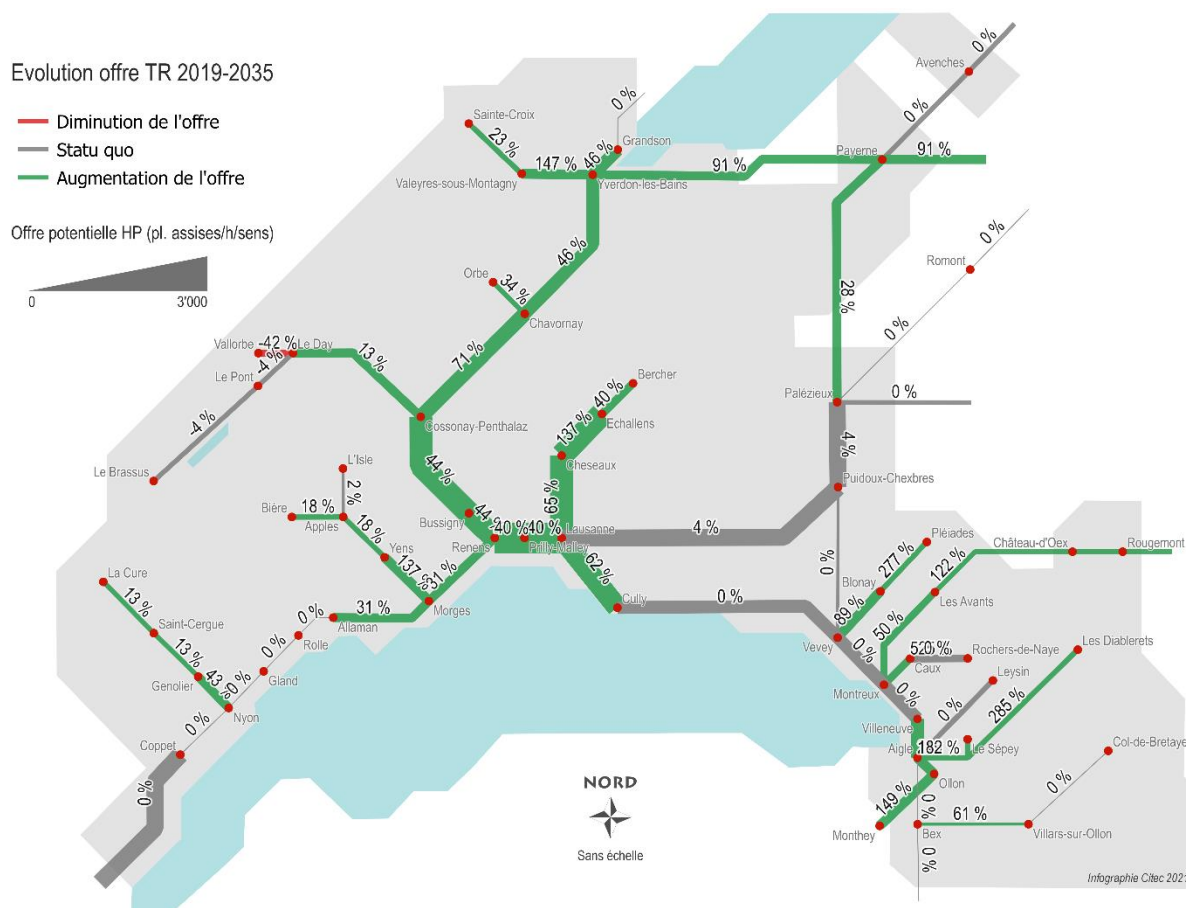


Figure 19 – Evolution de l'offre TR prévue entre 2019 et 2035 (HPM)

Un manque de capacité se fera vraisemblablement sentir sur la ligne du Simplon, tout au moins entre Lausanne et Vevey-Montreux. En effet, l'offre 2035 ne permet pas d'augmentation du nombre de places offertes aux heures de pointe, alors que la demande ne peut que croître et que les taux de saturation sont déjà importants.

3.10. Etat des lieux des évolutions technologiques

Le chemin de fer est en perpétuelle évolution. Des recherches sont actuellement en cours dans différents domaines, dont il n'est pas utile d'en faire la liste exhaustive, d'autant plus que seules les évolutions technologiques ayant un impact sur la capacité du réseau ferré peuvent avoir une influence sur les résultats de la présente étude.

Cependant, si la numérisation et l'automatisation de l'exploitation peuvent avoir un impact sur la capacité des lignes et des nœuds, la marge de progression est très faible, voire nulle. En effet, la mixité de circulations conduisant à un fort différentiel de vitesse

entre les sillons (trains RER, marchandises et voyageurs rapides) est le facteur le plus limitant de la capacité des lignes. Or, l'automatisation de l'exploitation ne changera pas cette contrainte qui impacte la capacité disponible. D'autre part, les CFF planifient déjà les horaires à l'horizon 2035 et au-delà avec des temps de succession entre trains (distancement et temps de séparation entre itinéraires incompatibles) harmonisés et déjà très réduits par rapport à la situation actuelle.

Or, ces temps ne sont pas infiniment compressibles puisqu'ils dépendent de l'occupation physique de la voie par les trains ainsi que des aspects sécuritaires (temps et distance nécessaires pour arrêter un train avant un potentiel obstacle). Il n'est donc guère envisageable d'aller au-delà de valeurs de planifications déjà prises en compte par les CFF. Cependant, les gains technologiques permettront d'améliorer la stabilité de l'exploitation en la rendant moins dépendante de la variabilité de conduite induite par l'aspect humain (temps de réaction, style de conduite, etc.). Cette meilleure régularité sera alors en mesure de permettre l'exploitation du réseau, même poussé aux limites de la capacité.

3.11. Synthèse du diagnostic

La carte de la figure 20 reprend en synthèse les éléments saillants du diagnostic réalisé, qui peuvent être explicités comme suit :

- Le réseau ferroviaire vaudois offre une bonne couverture territoriale puisque quasiment 100 % des habitants et emplois sont à moins de 6 km d'une gare, soit une distance parcourable à vélo (électrique). Cependant les cadences et les correspondances entre les lignes secondaires et le réseau principal réduit l'attractivité du chemin de fer en dehors des axes principaux.
- L'augmentation de la demande n'est pas homogène. Elle est souvent liée aux sauts d'offre. Elle est principalement marquée sur les lignes du Pied-du-Jura et sur la Riviera (ligne du Simplon). L'augmentation est relativement moins importante entre Lausanne et Genève, toutefois les volumes y sont plus importants.
- Le train est performant sur les axes principaux. En revanche, la concurrence de la voiture est plus forte dans les zones périphériques. Dans ces secteurs, les temps de trajets en TP ne sont pas compétitifs en raison notamment des moindres performances des lignes secondaires ainsi que des inévitables ruptures de charges. Cette constatation est encore plus marquée lors de déplacement entre deux zones périphériques.
- Même intégrée au RER Vaud, la ligne de la Broye est pénalisée sur les relations avec Lausanne et donc peu attrayante pour offrir une vraie alternative à la voiture. Le train n'est performant qu'entre les localités directement desservies par la ligne.
- Le taux de saturation des trains est variable et il n'a pu être calculé que de manière globale sur les périodes de pointe. La saturation est plus marquée sur certains axes que sur d'autres, notamment dans l'ouest lausannois, sur la Riviera et sur l'Arc lémanique. Actuellement, l'augmentation de la capacité unitaire des trains (renforts judicieusement placés) permet pour le moment de globalement adapter l'offre à la demande.
- Dans certains secteurs, notamment la Riviera, l'offre PRODES 2035 montre que le nombre de places qu'il sera possible d'offrir en heure de pointe à cet horizon sera équivalente à la capacité actuelle. Tenant compte d'une inévitable augmentation de la demande, il est déjà possible d'affirmer que la capacité ne sera pas suffisante pour répondre aux besoins. Un développement de l'offre sera nécessaire, et il ne pourra vraisemblablement pas se faire sans de nouvelles infrastructures.

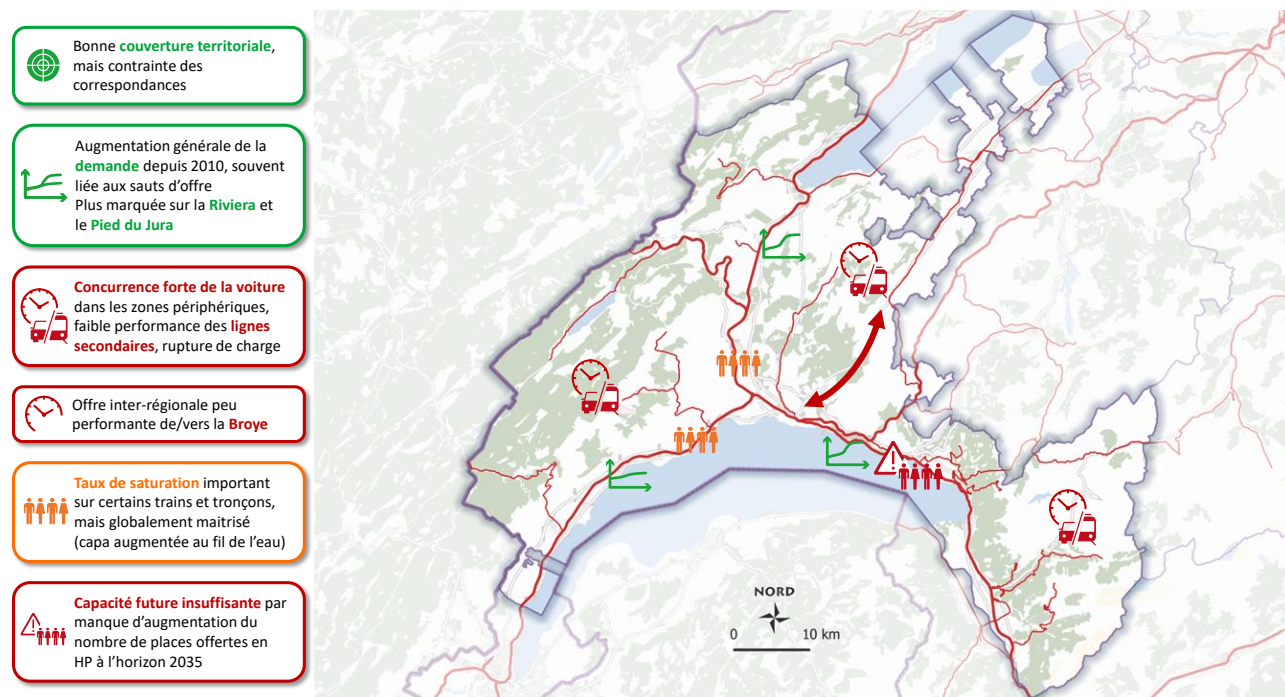


Figure 20 – Synthèse du diagnostic (trafic voyageurs)

3.12. Enjeux sur les principaux axes

Les quatre lignes principales du réseau CFF convergeant sur le nœud ferroviaire lausannois constitué des nœuds de Lausanne et Renens devront répondre à des problématiques différentes, qui sont détaillées ci-après.

Axe Lausanne – Genève : **CAPACITE**

- Si globalement l'offre voyageurs PRODES 35 permet de répondre à l'augmentation de la demande à l'horizon 2050, le développement du trafic fret (conformément à la stratégie marchandises), ainsi que la volonté de développer l'offre RER nécessite d'augmenter la capacité disponible.
- Le manque de redondance pour desservir l'agglomération genevoise accentue encore le besoin d'augmenter la capacité de cet axe, non seulement en augmentant le nombre de voies, mais en prévoyant une nouvelle ligne indépendante de la ligne historique partout où cela est possible.

Axe du Pied-du-Jura : **CAPACITE**

- La ligne du Pied-du-Jura supporte l'ensemble du trafic marchandises national est-ouest. C'est donc un axe stratégique d'importance nationale.
- Tenant compte des différences de vitesses et du nombre de trains circulant actuellement, la capacité résiduelle disponible est très faible et ne permettra pas de supporter l'augmentation de trafic voyageurs, et surtout marchandises, attendue.
- De nouvelles infrastructures seront donc nécessaires, tant dans le canton de Vaud que dans les cantons de Neuchâtel et de Berne (la présente étude n'a toutefois traité que les problématiques situées sur le territoire cantonal vaudois).

- Au vu de ce constat, il est pertinent d'envisager le détournement d'une partie du trafic marchandises est-ouest circulant entre Lausanne-triage (LT) et la gare de triage de la région zurichoise, la Rangierbahnhof Limmattal (RBL).

Axe du Simplon : CAPACITE

- L'axe du Simplon est celui qui nécessitera la plus grande augmentation de l'offre voyageurs à l'horizon 2050, tant en valeur absolue qu'en valeur relative, et ceci principalement entre Lausanne et la Riviera.
- Le développement de l'offre sur cet axe, ne peut se faire sans de nouvelles infrastructures, notamment afin de préserver la qualité de l'offre RER (pas de rupture de charge à Vevey par exemple) et même de permettre son développement sur la Riviera.

Plateau : VITESSE

- Au vu de la demande actuelle et prévue, il n'est pas nécessaire d'augmenter de manière conséquente l'offre sur cet axe, tout au moins au départ de Lausanne (les besoins entre Fribourg et Berne n'ont pas été étudiés). Ainsi il n'y a pas d'enjeu capacitaire.
- Le besoin pour le trafic marchandises ne va pas augmenter de manière significative, d'autant plus que cette ligne ne peut pas servir d'itinéraire alternatif crédible pour le trafic marchandises est-ouest (cf. ci-dessus pour la ligne du Pied-du-Jura). En effet, des problématiques de déclivité, de capacité dans le nœud de Berne, ainsi que la superposition avec l'axe nord-sud du Lötschberg entre Berne et Olten limitent les performances de cet axe pour ce type de trafic.
- Cependant, pour des raisons de cohésion nationale, il est important de ramener le temps de parcours Lausanne – Berne en dessous des 60 minutes pour conserver une équité de temps de Berne à Zürich et Lausanne, et enfin finaliser la politique des nœuds de correspondances décidée avec le programme Rail 2000. Des projets existant pour ramener le temps Berne – Zürich à moins de 45 minutes, une accélération significative doit aussi être envisagée entre Lausanne et Berne. Selon les études déjà menées par ailleurs, seuls une nouvelle ligne entre Lausanne et Romont et des aménagements au-delà permettent d'atteindre cet objectif.
- Il est nécessaire de réduire le temps de parcours vers la Broye pour rapprocher cette région du cœur du canton. Un développement de la ligne longitudinale de la Broye permettrait de plus de créer un nouveau lien est-ouest pour le trafic fret national (voir le point concernant la problématique de la saturation de la ligne du Pied-du-Jura).

4. Méthode de calcul de la demande 2050

4.1. Principe de modélisation et découpage en zones

Le modèle de prévision du trafic est constitué par une matrice des déplacements actuels qui est adaptée pour tenir compte des évolutions futures.

Le modèle est réalisé à l'aide d'un tableur Excel pour calculer les évolutions. A partir des matrices actuelles ou futures, la représentation graphique des charges sur le réseau ferroviaire (affectation) se fait avec le logiciel Visum. La méthode retenue est donc plus simple que la constitution d'un modèle numérique à 4 étapes classique. Un tel modèle « complet » pourrait aussi être développé avec Visum (qui serait donc utilisé pas seulement pour l'affectation du trafic comme dans le cas présent). Toutefois, la mise au point d'un tel modèle aurait nécessité une étude à part entière qui n'aurait pas été compatible avec le calendrier envisagé. Elle tient ainsi compte du temps et du budget limité disponible pour cette étude, incompatible avec la réalisation d'un modèle classique à 4 étapes.

La méthodologie retenue permet en revanche de tester avec plus de lisibilité des facteurs d'évolutions exploratoires pour tenir compte de fortes évolutions des comportements (scénarios de ruptures).

Les principales étapes de constitution du modèle sont les suivantes :

- définition du périmètre du modèle, du découpage en zones et des sections représentatives pour le dimensionnement de l'offre ferroviaire ;
- constitution d'une matrice représentative des flux ferroviaires 2019 à partir de diverses sources (comptages en section, microrecensement, matrice Swisscom, etc.) ;
- prise en compte de facteurs d'évolution paramétrables pour calculer la matrice 2050 et les matrices intermédiaires ;
- mise en évidence des trafic futurs sur les sections de dimensionnement (tableau) ou plan de charge (affectation Visum).

Le découpage retenu est présenté dans les figures ci-après. Il y a en tout 11 zones externes au canton, 11 zones à cheval sur plusieurs cantons, et 33 zones purement internes au canton. Toutes les données de population, de charge, etc. relatives à une zone correspondent exactement aux habitants et gares dans leur périmètre. Comme pour tout modèle macroscopique, le fait d'agréger les données par zones ou par tronçons implique des écarts ponctuels avec la réalité.

Tableau 2 – Population des zones externes au canton de Vaud et évolution estimée (OFS)

Zone	Population 2020	Population 2050
Romont	16'727	18'424
Morat	53'219	64'202
Neuchâtel	181'579	185'906
Bern et au-delà	5'926'528	7'139'694
Fribourg	156'274	188'524
Bulle	66'102	79'743
Saanen	16'556	18'236
Monthey	101'311	116'724
Valais	303'725	349'932
Genève	503'337	657'485
Super-Jura	720'593	817'339
Total	8'045'951	9'636'209

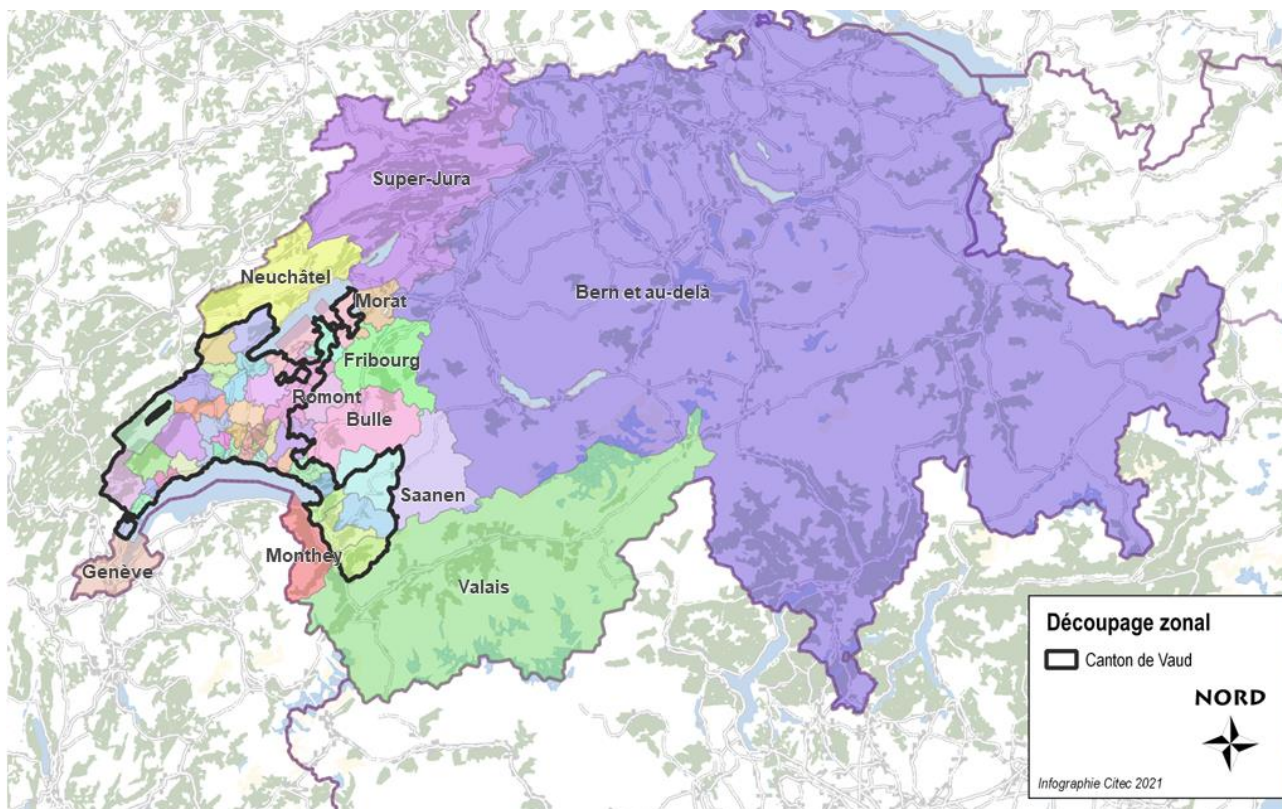


Figure 21 – Découpage zonal de la Suisse (avec noms des zones externes)

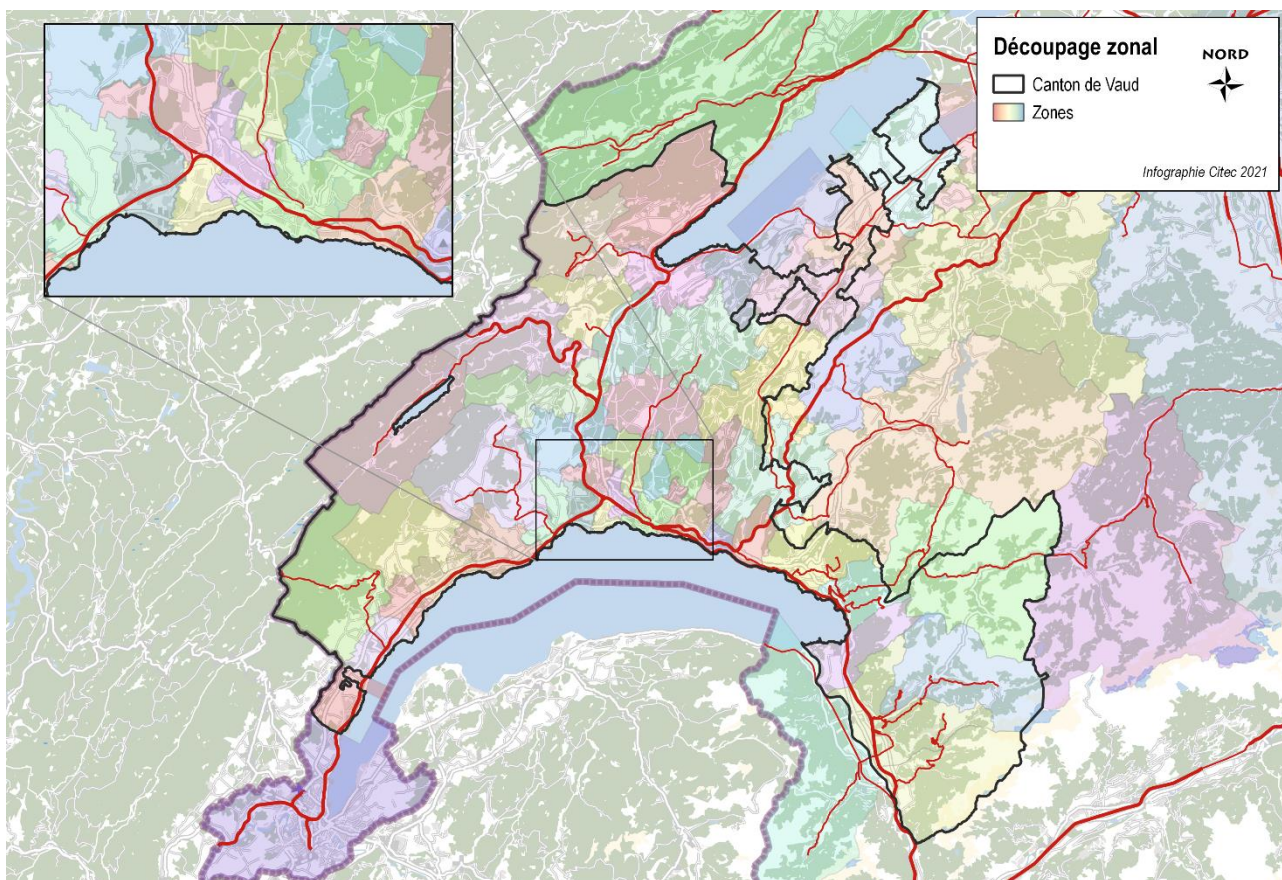


Figure 22 – Découpage zonal du canton de Vaud

Le long de la frontière avec le canton de Fribourg, le découpage des zones tient compte des bassins versants plutôt que des strictes limites administratives cantonales. Dans la vallée de la Broye, c'est toujours la proximité avec une gare qui prime pour définir les zones. Le Pays d'Enhaut est regroupé avec Montbovon et Grandvillard pour constituer une zone. La zone de Vevey inclut Attalens alors que Châtel-St-Denis est rattaché à la zone de Bulle. Finalement, la zone de Palézieux comprend les communes fribourgeoises limitrophes de Granges et Bossonnens ainsi que les communes qui entourent Oron.

*Au final, l'outil de prévision est organisé à partir d'une **matrice 55 x 55**, dont la partie « interne » au canton constitue une matrice 44 x 44.*

Afin de mener une analyse « grosse maille », une liste de corridors a été identifiée (figure 23). Ils permettent de rendre compte rapidement des charges et évolutions des zones à fort enjeu.

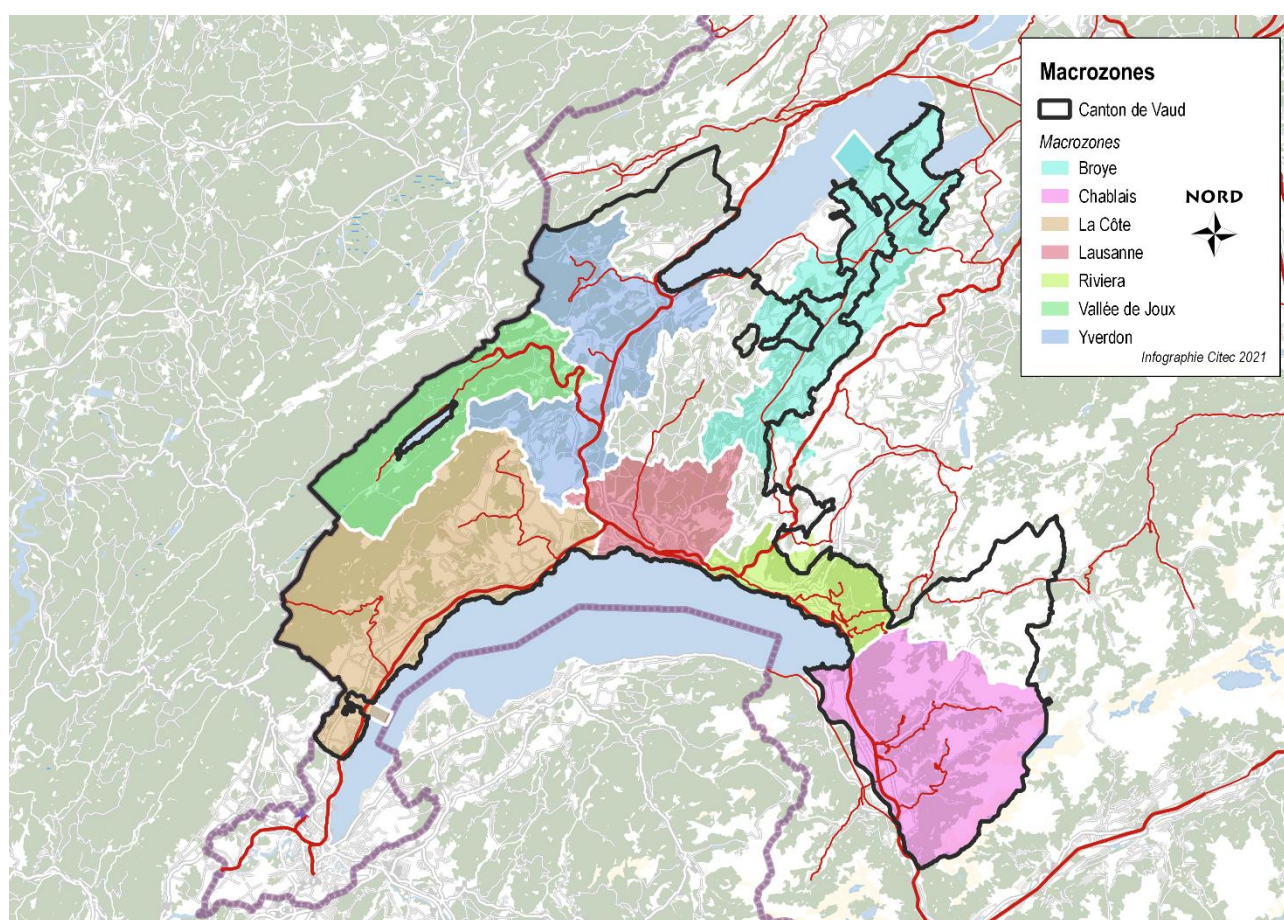


Figure 23 – Corridors d'analyse

Prise en compte des flux transfrontaliers

Les flux transfrontaliers se décomposent en deux catégories : les flux desservis déjà aujourd'hui par une ligne de chemin de fer transfrontalière et ceux sans ligne de chemin de fer existante.

La première catégorie correspond par exemple aux pendulaires qui habitent le Chablais français ou la vallée de l'Arve (Thonon, Annemasse, Reignier, etc.). Ces personnes travaillent principalement dans le canton de Genève et compte tenu des

temps de parcours du Léman Express, ils peuvent être intéressés à aller jusqu'à Nyon mais pas au-delà, ensuite c'est la traversée du lac en bateau qui devient la meilleure alternative (notamment la liaison Evian – Ouchy). A titre d'illustration, un trajet Annemasse – Nyon se fait en 45 minutes sans changement avec le Leman Express, par contre un trajet Thonon – Nyon nécessite environ 1h38 avec un changement, soit une durée dissuasive. Quant à des déplacements dans l'arc jurassien, par exemple Frasné – Vallorbe, ils sont rapides en train (13 à 18 minutes selon le type de train) mais il n'existe que quelques relations par jour ce qui annule l'attractivité du train pour les frontaliers. En conclusion, il a été admis de ne pas tenir compte des flux transfrontaliers de cette catégorie sur le territoire vaudois car leur impact sur le trafic ferroviaire vaudois est trop limité par rapport aux autres imprécisions de calcul.

La deuxième catégorie correspond à des personnes qui se déplacent en voiture et qui pourraient à l'avenir être intéressées à un transfert modal sur territoire suisse à partir d'un P+R bien localisé ou par le prolongement d'une ligne de chemin de fer. L'hypothèse d'un P+R (Villeneuve, Le Day, etc.) peut être intégrée aux évaluations comme un générateur additionnel ponctuel. Le prolongement d'une ligne (Divonne – Coppet ou Divonne – Nyon) rentre dans la catégorie des nouvelles lignes et le flux potentiel est calculé en prenant une hypothèse de part modale par rapport au flux actuel et futur de trafic routier.

4.2. Constitution d'une matrice des déplacements ferroviaires 2019

La matrice ferroviaire de référence 2019 a été construite à partir de plusieurs sources de données décrites ci-après.

Matrice Swisscom (découpage MNTP)

La première matrice construite provient de l'opérateur téléphonique Swisscom. Celui-ci propose une matrice *tous modes* établie selon le découpage du MNTP (modèle national suisse), très fin. La période de référence choisie est le mois de septembre 2019, avant la crise du Covid-19, et les données sont disponibles à la fois pour les jours ouvrés et les jours de week-end. Vu les périmètres sur lesquels ces données ont été utilisées, les fluctuations liées à la période de vacances universitaires n'a pas d'incidence sur les résultats.

Swisscom propose aussi une matrice discriminant le mode train des autres modes. Cependant, du fait de la réglementation sur la vie privée, les zones présentant moins de 20 déplacements sur la période enquêtée (les 20 jours ouvrables du mois de septembre 2019) pour un mode donné sont considérées comme nulles. Or, la finesse du zonage du modèle national fait que de nombreuses zones sont concernées, à tel point qu'environ 70% des déplacements n'apparaissent plus dans les matrices par mode. Celles-ci sont donc inutilisables, car trop lacunaires.

Matrice Swisscom (découpage codes postaux)

Pour réduire le nombre de lacunes liées au seuil minimum de 20 déplacements interzones, une autre matrice a été constituée par Swisscom, en tenant compte de zones plus grandes, celles du découpage postal. Les données sous-jacentes sont cependant identiques (septembre 2019, valeurs moyennes sur 20 jours ouvrables), et seule leur agrégation diffère.

On tombe ici à un total de 24% des déplacements qu'on ne peut classifier selon leur mode.

Matrice MRMT

Une matrice OD a été construite à partir des données du micro-recensement mobilité et transports de 2015. Elle existe pour le mode *train* et pour l'ensemble des modes, et seuls les déplacements pour un jour ouvrable moyen ont été retenus. Environ 6'700 personnes se déplaçant sur le canton de Vaud forment l'échantillon statistique sur lequel se basent les analyses.

*La **matrice tous modes** est établie à partir de la matrice MRMT 2015 (en tenant compte d'un redressement avec le nombre d'habitant et l'horizon de référence).*

Matrice comptages

A l'aide des données de fréquentation fournies par les CFF ainsi que par les exploitants des lignes ferroviaires secondaires, une matrice a été reconstituée pour l'ensemble du canton de Vaud. Les données représentent les **étapes** effectuées en train pour un jour ouvrable moyen de 2019, ainsi les relations nécessitant une correspondance n'apparaissent pas directement.

*C'est cette matrice qui sert de référence pour le **nombre de déplacements 2019 en mode train**. Cette matrice est fiable pour constituer les charges en section mais elle ne tient compte que très partiellement des correspondances ferroviaires.*

Matrice MNTP

Le modèle national possède deux matrices principales : une matrice VP (véhicules particuliers) et TC (train + lignes locales). Celles-ci ont été élaborées en partie à partir de comptages (données 2017 ou antérieures) et recalibrées au sein du modèle. Ces matrices servent à estimer les parts modales TC, et donc le potentiel de report modal.

Le tableau 3 regroupe le nombre total de déplacements (ou étapes) qui prennent leur origine et se terminent au sein du canton de Vaud, selon la matrice analysée.

Tableau 3 – Nombre de déplacements total par matrice (en jaune les matrices de référence)

Source	Type	Mode	Déplacements internes VD
MRMT	Déplacements 2015	Tous	2'809'734
Swisscom	Déplacements 2019	Tous	984'043
Swisscom – codes postaux	Déplacements 2019	Tous	2'208'743
MRMT	Déplacements 2015	Train	87'370
Swisscom	Déplacements 2019	Train	50'022
Swisscom – codes postaux	Déplacements 2019	Train	170'647
Comptages	Etapes 2019	Train	188'507
MNTP	Déplacements 2015-2017	TC	270'437

Avant utilisation ou analyse, toutes les matrices sont normalisées afin de traiter les mêmes volumes. La normalisation consiste à appliquer un poids à toutes valeurs d'une matrice, de sorte que la somme des déplacements internes au canton de Vaud (auxquels on retranche les déplacements internes aux zones de Lausanne, Renens et Ecublens car ils incluent dans certains cas les charges du métro) soient égaux à celle de la matrice de référence. Dans la suite, les affectations du mode *train* sont réalisées à partir de la matrice issue des comptages.

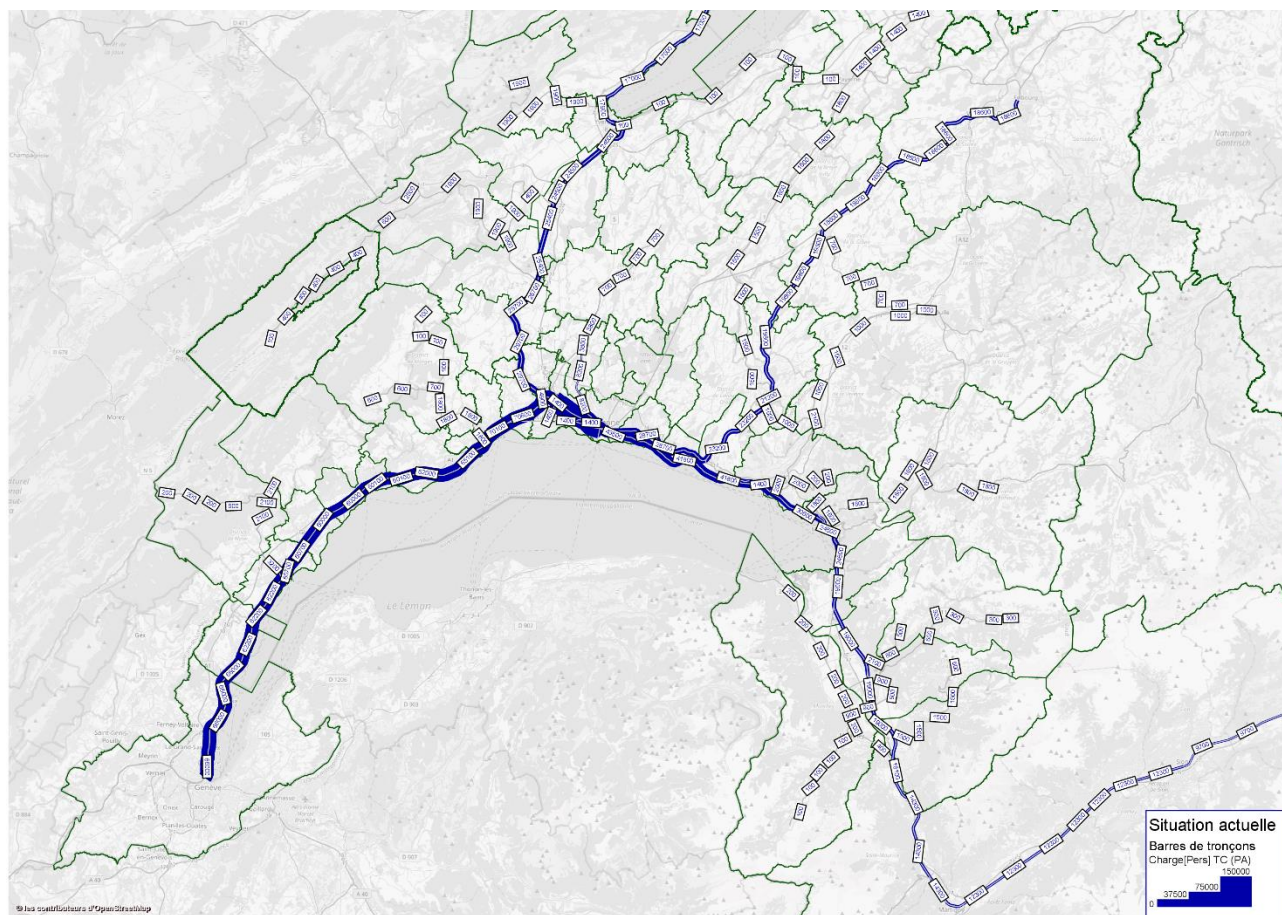


Figure 24 – Plan de charge 2019, JOM

Le tableau 4 propose un résumé des charges JOM 2019 par section sur chacun des corridors d'analyse, d'après l'affectation de la matrice des comptages.

Tableau 4 – Charges JOM 2019 pour les macrozones d'analyse

Macrozone	Population 2019	Charge sur section dimensionnante (2 sens)
La Côte	172'186	70'600
Vallée de Joux	16'057	1'900
Yverdon	82'346	28'700
Lausanne	299'897	99'500
Broye	79'556	1'800
Riviera	94'974	41'800
Chablais	45'826	19'000
Autres zones ou corridors	111'736	-
Total périmètre d'étude	902'578	-

Le total de population de la zone d'étude est plus important que le total cantonal, étant donné que certaines zones débordent en dehors des limites du canton (population du canton = 806'088 habitants en 2019).

Tableau 5 – Matrice 2019 simplifiée

Macrozone	Autres	Broye	Chablais	La Côte	Genève	Lausanne	Riviera	Valais	VdJ	Yverdon
Autres	-	574	619	581	-	7'856	993	-	10	3'344
Broye	701	2'645	-	1	-	357	22	-	1	-
Chablais	711	-	5'053	197	181	2'303	3'341	2'083	36	5
La Côte	589	1	219	14'239	17'223	13'359	949	232	1'769	90
Genève	-	-	181	14'498	-	13'359	949	-	640	415
Lausanne	7'914	583	2'264	11'997	12'817	34'367	17'589	2'242	2'382	5'997
Riviera	1'267	48	2'936	1'111	949	14'416	16'781	2'868	304	94
Valais	-	-	2'095	209	-	2'243	2'868	-	23	157
Vallée de Joux	-	-	3	838	-	683	51	-	323	-
Yverdon	3'147	-	4	90	415	9'221	135	-	175	4'289

Dans cette matrice, les valeurs entre zones externes ne sont pas indiquées car incomplètes. La catégorie *Autres* comprend à la fois les zones du canton de Vaud dans aucun corridor (voir cartes), ainsi que les autres zones externes (Super-Jura, Fribourg, etc.).

4.3. Liste des paramètres intervenant dans le calcul de prévision

Les évolutions futures sont de plusieurs ordres :

- Evolution socio-économique (densification dans les corridors de desserte TC, évolution démographique, nouveaux générateurs de déplacement).
- Evolution des comportements de mobilité (sensibilité environnementale croissante, contraintes énergétiques et climatiques, liberté de mouvement accrue liée aux accroissements des infrastructures, télétravail, croissance des loisirs, etc.).
- Amélioration des fréquences de desserte et de l'amplitude horaire des transports publics en général.
- Amélioration des temps de parcours du réseau ferroviaire (en ligne ou sur les points de transbordement).
- Prolongement de lignes ferroviaires existantes.
- Création de nouvelles lignes ou de nouvelles correspondances.
- Amélioration des conditions d'accès et d'intermodalité aux gares.
- Saturation des réseaux routiers (et ferroviaires).

Pour intégrer ces évolutions futures, la matrice des déplacements 2019 est adaptée avec des facteurs correctifs.

Le modèle constitue un fichier Excel spécifique qui comprend quatre groupes d'onglets :

- La matrice OD ferroviaire 2019 source.
- Les paramètres qui sont répartis sur plusieurs onglets et le dernier faisant la synthèse pour le calcul.
- La matrice OD 2050 résultat.
- Les charges de trafic sur les sections de dimensionnement et calculées à partir de la matrice.

Il faut pouvoir distinguer des lignes existantes et des lignes ou relations nouvelles. Dans le premier cas, les comptages 2019 constituent une référence de la demande actuelle et il est possible d'extrapoler vers la demande 2050 avec différents paramètres correctifs. Par contre, pour les relations nouvelles, la méthode retenue consiste à se baser sur les déplacements en voiture et à prendre une hypothèse de

report modal estimée sur la base de situations comparables dans le canton ou en Suisse.

Les paramètres constituent le cœur du modèle, ils comprennent les modules suivants :

- la croissance de population (et corollairement des emplois) ;
- le vieillissement de la population ;
- la transition générationnelle et son impact sur l'évolution du choix modal ;
- l'évolution des fréquences ferroviaires ;
- l'évolution des temps de parcours ferroviaires ;
- le module de rabattement et de mobilité quotidienne ;
- la prise en compte de la mobilité quotidienne, notamment en lien avec le télétravail.

Ces paramètres sont décrits plus en détails dans les sous-chapitres suivants.

4.4. Paramètres de croissance de la population et des emplois

Le module de croissance de population (onglet 2.1 du tableau Excel) porte sur les origines. Il se calcule comme ceci :

- Pour les zones du canton de Vaud, les taux de croissance de population ont été calculés à partir des données de projections de population 2050 de StatVD (scénario de base). Une matrice d'évolution des déplacements est ensuite créée à partir de ces taux. Pour chaque OD, on utilise directement le taux de croissance de population de la zone d'origine.
- Pour les zones externes, un taux de croissance a été composé à partir des valeurs disponibles par canton. Les frontières de ces zones ne correspondant pas nécessairement aux limites des cantons, les taux de croissance sont donc approximatifs.

Tableau 6 – Evolution de la population à l'horizon 2050 par macrozone

Macrozone	Population 2019	Population 2050	Evolution
La Côte	172'186	231'413	+34%
Vallée de Joux	16'057	17'725	+10%
Yverdon	82'346	108'161	+31%
Lausanne	299'897	375'689	+25%
Broye *	79'556	114'323	+44%
Riviera	94'974	122'741	+29%
Chablais	45'826	58'086	+27%
Autres zones **	111'736	135'579	+22%
Total	902'578	1'163'931	+29%

* valeur estimée, ** inclut la région d'Estavayer-le-Lac

Pour les zones en dehors du canton de Vaud, les données sont issues de projections de l'OFS à l'échelle cantonale. Pour les zones du canton non incluses dans un corridor, le taux d'évolution de population est appliqué uniquement aux communes dans les limites cantonales vaudoises.

La structure de la population du canton de Vaud et son évolution sont présentées ci-après. Afin de prendre en compte l'augmentation non-homogène de la population, une correction liée au vieillissement de la population est présentée dans le chapitre suivant.

Tableau 7 – Population du canton de Vaud par tranche d'âge et par horizon

Horizon	6-11	12-17	18-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75+
2019	52'881	52'534	69'657	55'387	58'517	58'235	57'668	59'441	58'939	54'414	43'006	34'576	33'662	65'203
2030	58'979	58'302	73'692	57'230	60'425	64'110	63'115	64'753	64'222	62'075	48'956	43'102	41'896	83'677
2040	62'650	62'001	77'271	60'354	63'796	67'353	66'612	68'588	68'065	65'526	51'744	49'336	48'009	108'026
2050	63'729	63'052	80'369	62'877	66'479	67'893	67'545	69'837	69'291	74'121	58'502	53'130	51'639	134'353

Tableau 8 – Population totale du canton de Vaud par horizon

Horizon	Total population	Evolution 2020
2019	806'088	-
2030	902'103	+11,9%
2040	978'092	+21,3%
2050	1'044'509	+29,6%

Le module de croissance des emplois (onglet 2.2)

L'évolution du nombre d'emplois est calculée directement à partir du taux d'évolution des personnes en âge d'être actif. Chaque habitant génère un certain nombre de déplacements pour différents motifs, dont des déplacements domicile-travail. En augmentant proportionnellement le nombre d'habitants (module précédent) le nombre de déplacements pendulaires augmente simultanément. L'onglet 2.2 de croissance des emplois a simplement été mis en place afin de pouvoir corriger si nécessaire la géographie des déplacements pendulaires, par exemple en surpondérant ou en sous-pondérant certaines destinations en raison d'une stratégie de développement territoriale particulière. Pour l'estimation du scénario tendanciel, il n'est pas tenu compte d'une telle adaptation géographique.

4.5. Vieillesse de la population

Les prévisions démographiques de l'OFS et StatVD prédisent un vieillissement de la population, donc la part des personnes âgées de 65 ans et plus va augmenter au détriment des habitants plus jeunes (tableau 9). Ce vieillissement généralisé implique une réduction de la part des actifs dans la population. Vu que les actifs génèrent une part prépondérante des déplacements, il est attendu que le vieillissement de la population induise une réduction des déplacements.

Tableau 9 – Population par tranche d'âge

	5 à 19 ans	20 à 64 ans	65 et +
MRMT - 2015	14%	68%	18%
StatVD – 2050	13%	63%	24%
OFS – 2050	15%	57%	28%

Une estimation de cette réduction a été faite à partir des données du MRMT 2015. L'hypothèse retenue est la suivante : les habitudes des individus restent inchangées entre 2015 et 2050, mais la structure des âges change. De plus, l'évolution démographique est homogène dans et autour du canton de Vaud. Par conséquent, une seule valeur de réduction des déplacements est appliquée.

Tableau 10 – Déplacements par tranche d'âge

	5 à 19 ans	20 à 64 ans	65 et +	Total
Nombre de déplacements	245	596	38	879
Parts [%]	28%	68%	4%	
Distance parcourue totale [km]	5'463	26'623	210	32'297
Parts [%]	17%	82%	1%	
Distance moyenne [km]	22.3	45.7	5.5	

L'évolution entre les données du MRMT 2015 et la prévision selon StatVD pour 2050 est calculée dans le tableau 11. Le nombre moyen de déplacements ainsi que la distance moyenne parcourue pondérés par les tranches d'âges sont présentés. Les réductions de 6.7% ou 6.2% sont intégrées comme paramètres dans la matrice des déplacements en fonction de l'unité considérée (nombre de déplacements ou distance parcourue).

Tableau 11 – Synthèse du vieillissement de la population

	Nombre de déplacements	Distance parcourue [km]
MRMT - 2015	447.6	34.5
StatVD – 2050	416.5	32.4
Evolution	-6.7%	-6.2%

4.6. Paramètre de transition générationnelle (évolution des comportements de mobilité)

Le module de transition générationnelle (onglet 2.3) se calcule selon les corridors de desserte (le tableau des sections).

L'idée de ce module est de simuler aux horizons futurs les évolutions des parts modales en fonction de l'âge des usagers. Le calcul repose sur deux paramètres : l'évolution générale des comportements vis-à-vis du train, ainsi que la conservation des habitudes de mobilité avec le temps. Les valeurs de départ sont celles des parts modales train 2015 (source MRMT 2015) par classe d'âge et par corridor.

- **Paramètre d'évolution des comportements** : pour la période entre chaque horizon d'analyse (2030, 2040, 2050), un taux d'évolution générale de la part modale *train* est appliqué aux habitants de moins de 28 ans. Une telle évolution a été observée dans les décennies précédentes. Elle correspond à une évolution des comportements qui découlent par exemple de l'amélioration de l'offre, de la fidélisation des jeunes aux TC, de l'engouement progressif des jeunes pour les questions environnementales, des contraintes croissantes de l'usage de la voiture en ville, de l'obtention de plus en plus tardive du permis voiture, etc.
- **Paramètre de conservation des comportements de mobilité** : ce paramètre consiste à maintenir les habitudes de mobilité d'une classe d'âge dans le temps. En effet, on observe qu'à partir de 18-24 ans la part modale décroît progressivement avec l'âge. On applique alors un poids à l'évolution de la part modale afin de l'atténuer, en partant du principe qu'une génération habituée au train continuera de l'utiliser en vieillissant. Autrement dit, la prise de conscience des enjeux climatiques et énergétiques contribuera à fidéliser une partie des comportements de mobilité en lien avec le train.

Tableau 12 – Paramètres d'évolution des parts modales par horizon

Période	Evolution générale	Conservation des comportements de mobilité
2020-2030	5%	35%
2030-2040	5%	35%
2040-2050	5%	35%

En appliquant ces hypothèses d'évolution des comportements, la croissance des déplacements ferroviaires est comprise entre 18% et 22% selon le corridor. Pour l'ensemble du canton, la progression du nombre de déplacements due à la transition générationnelle est de 19%. Afin de simplifier la prise en compte du paramètre dans le modèle, un facteur multiplicatif de 1.19 est pris en compte pour l'ensemble des OD.

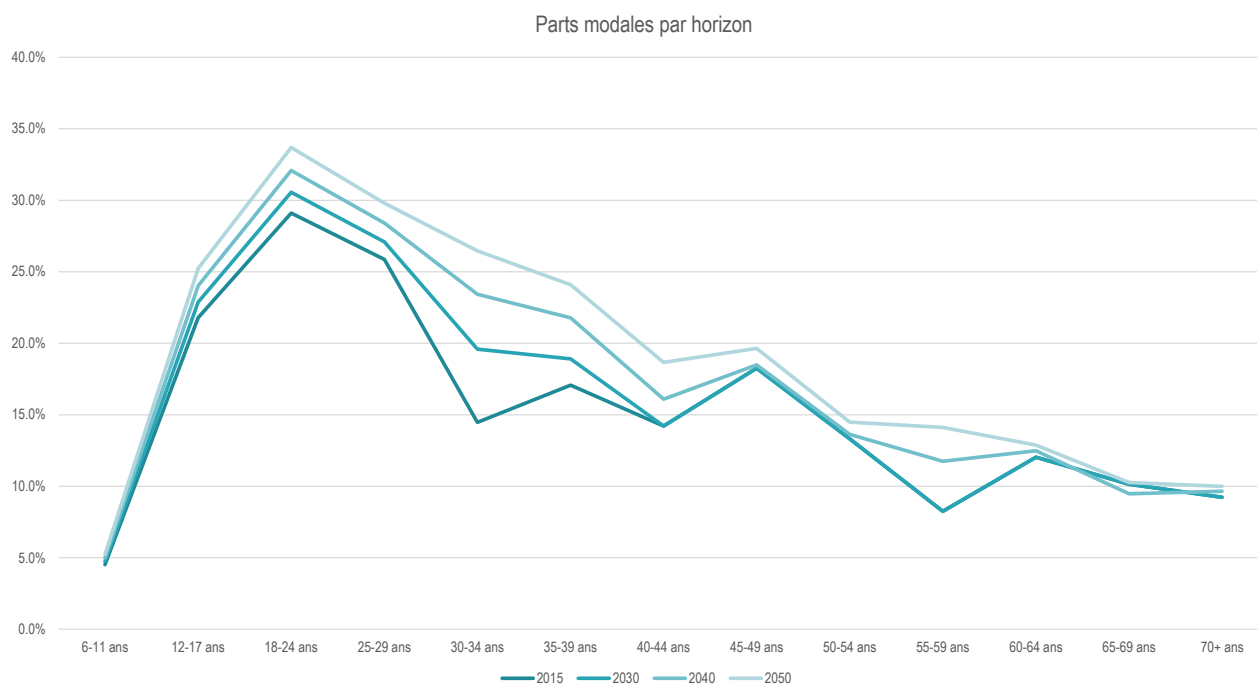


Figure 25 – Evolution estimée des parts modales par classe d'âge et par horizon

4.7. Paramètres d'élasticité de l'offre

Le module d'évolution de la fréquence des trains (onglet 2.4) correspond à un calcul d'élasticité par OD.

Le logiciel de modélisation Visum permet d'obtenir avec précision une matrice du nombre moyen de trains par OD et par heure. Ainsi, en comparant ces matrices pour l'offre 2019 et pour l'offre future, on peut établir une évolution de la demande pour chaque OD. Le coefficient d'élasticité choisi est de 0.4, puisque le coefficient observé de 0.5 dans le canton de Vaud intègre déjà de fait une part de transition générationnelle. Il est donc pertinent de considérer une valeur légèrement inférieure.

Le module d'évolution des temps de parcours (onglet 2.5) sert à introduire l'élasticité des temps de parcours et la mise en place de nouvelles lignes ferrées ou de nouvelles relations sans transbordement.

De manière similaire aux fréquences des trains, il est possible de calculer via Visum la matrice des temps de parcours pour chaque OD. La valeur d'élasticité choisie est de 1.0 (100%), c'est-à-dire que le nombre de déplacements d'une OD double lorsque le temps de parcours correspondant est diminué de moitié.

Toutefois, on applique un seuil sur les OD dont la liaison est très rapide (moins de 8 minutes), en considérant qu'une évolution du temps de parcours n'aura pas d'influence dans le choix modal. Ainsi, si la liaison a un temps de parcours de moins de 8 minutes, le facteur d'élasticité n'est pas appliqué.

Par exemple, on a en 2050 un indicateur de 5.6 minutes pour le temps de trajet Renens – Morges, un peu plus élevé qu'en 2019 (5.2 minutes). Les seuils ne sont pas atteints (10% d'écart et trajet de plus de 8 minutes) donc le facteur d'élasticité n'est pas appliqué.

Cependant, cette méthode ne fonctionne que pour les OD pour lesquelles il existe déjà une liaison réalisable en train. Pour les liaisons nouvelles, on choisit d'appliquer une part modale aux déplacements totaux entre les zones concernées, partant du principe qu'une partie des voyageurs en voiture se reportera sur le train. Cette deuxième méthodologie n'est appliquée que pour les tests d'impact (voir chapitre 5).

4.8. Conséquence d'une augmentation du télétravail

L'évolution des habitudes liées plus généralement aux nouveaux modèles d'organisation du travail des entreprises (par exemple : le télétravail, la semaine de 4 jours) peut diminuer de façon significative la demande lors des périodes de pointe. Toutefois, tous les métiers ne sont pas concernés, par exemple les emplois du secteur primaires et secondaires ne peuvent que très difficilement effectuer du télétravail. De plus, seule une partie des employés actifs souhaiteront travailler depuis leur domicile (ou ailleurs !). L'affinité des employeurs pour le télétravail va également influencer la part du télétravail dans la population ainsi que la répartition hebdomadaire des jours travaillés à distance.

La réduction des déplacements liés au télétravail est différenciée en fonction des parts d'emplois des secteurs primaire, secondaire et tertiaire dans les différentes zones du modèle. Vu que le télétravail influence les emplois, **les différents coefficients de réduction sont appliqués aux destinations des déplacements**. L'hypothèse est faite qu'uniquement le secteur tertiaire effectue du télétravail, et uniquement 50% des employés du secteur tertiaire peut/veut en faire. Sur ces 50% d'employés souhaitant travailler à distance, ceux-ci le feront 2 jours par semaine (donc à 40%). De plus, vu que les jours télétravaillés ne sont pas tous les mêmes, l'impact du télétravail est réduit à 75%. Agrégeant tous ces facteurs ensemble, cela induit un **taux de télétravail moyen de 15%** ($50\% \times 40\% \times 75\%$) pour le secteur tertiaire. Les autres secteurs d'emplois ne sont pas concernés.

Une distinction doit être faite entre trafic journalier moyen (TJM) et heure de pointe du matin (HPM). Pendant l'heure de pointe du matin, la part des déplacements en transports publics avec pour motif le travail ou la formation atteint 90%. Cependant, sur la journée, la part de déplacements ayant comme motif une raison « professionnelle » n'est que de 34% tous modes confondus. Les déplacements affectés par le télétravail sont uniquement ceux identifiés précédemment : 90% pendant l'HPM et 34% en TJM.

Un exemple de calcul de la réduction du nombre de déplacements liés au télétravail pour l'horizon TJM est présenté dans le tableau 13. Si l'HPM devait être considérée, la part de déplacements professionnels serait changée à 90%.

Les coefficients inclus dans la prédiction du nombre de déplacements correspondent à la réduction du nombre de déplacements illustré dans le tableau 13.

Tableau 13 – Exemple de calcul de la réduction du nombre de déplacements à destination de zones liée au télétravail en TJM et HPM

Zone de destination	Bussigny - TJM	Bussigny - HPM	Lausanne - TJM	Lausanne - HPM
Parts d'actifs	63%	63%	63%	63%
Part d'emplois tertiaire	55%	55%	94%	94%
Taux de télétravail moyen	15%	15%	15%	15%
Part de dépl. professionnels	34%	90%	34%	90%
Réduction du nombre de dépl.	1.8%	4.7%	3.0%	8.0%

4.9. Synthèse du calcul matriciel

Le module de synthèse (2.8)

Ce module reprend tous les facteurs précédents, pour chaque OD, et en fait le produit. Presque tous les flux OD sont augmentés et environ la moitié des relations ont un trafic voyageurs qui double.

La matrice OD 2050

Cette matrice s'obtient en faisant le produit de la matrice 2019 par la matrice de synthèse des paramètres (2.8). C'est elle qui servira ensuite à l'affectation sur le réseau.

Tableau 14 – Matrice 2050 simplifiée

Macrozone	Autres	Broye	Chablais	La Côte	Genève	Lausanne	Riviera	Valais	VdJ	Yverdon
Autres	-	1'343	503	880	-	11'269	1'200	-	16	4'456
Broye	1'919	6'410	-	6	-	1'417	42	-	3	-
Chablais	621	-	10'929	484	527	6'987	10'371	6'486	84	13
La Côte	1'078	4	476	21'320	29'304	24'896	2'367	477	3'041	140
Genève	-	-	542	25'451	-	25'375	1'968	-	889	841
Lausanne	12'116	1'798	6'648	20'827	23'424	72'263	33'088	4'886	3'922	9'805
Riviera	1'931	75	9'125	2'295	2'066	32'796	31'309	5'668	645	190
Valais	-	-	6'079	461	-	4'973	4'648	-	45	-
Vallée de Joux	11	1	62	3'016	1'176	4'350	481	46	739	324
Yverdon	5'796	-	14	184	890	16'736	282	-	455	5'715

Tableau 15 – Matrice des évolutions 2019 - 2050

Macrozone	Autres	Broye	Chablais	La Côte	Genève	Lausanne	Riviera	Valais	VdJ	Yverdon
Autres	-	134%	-19%	52%	-	42%	21%	-	54%	33%
Broye	174%	142%	-	295%	-	297%	92%	-	290%	-
Chablais	-13%	0%	199%	146%	191%	203%	210%	211%	136%	171%
La Côte	83%	172%	118%	50%	100%	70%	76%	106%	72%	56%
Genève	-	0%	199%	76%	-	90%	107%	-	39%	103%
Lausanne	53%	208%	194%	74%	83%	110%	88%	118%	65%	64%
Riviera	52%	58%	211%	107%	118%	127%	87%	98%	112%	102%
Valais	-	0%	190%	96%	-	122%	62%	-	99%	-
Vallée de Joux	-	-	1856%	260%	-	536%	852%	-	129%	106%
Yverdon	84%	0%	217%	105%	115%	81%	109%	-	159%	33%

Les valeurs pour les relations entre zones externes ne sont pas complètes et donc non incluses dans le tableau.

5. Tests de potentiel des nouvelles liaisons

Plusieurs tests de **potentiel de voyageurs sur des lignes nouvelles** ont été effectués en prenant comme hypothèse d'offre à l'échelle cantonale un scénario « V4 », issu d'une étude parallèle développée pour les CFF et pour laquelle Citec était chargé de la faisabilité de l'horaire sur la base d'un concept d'offre élaboré par les CFF.

Cette offre « V4 » constitue une base assez proche du scénario tendanciel développé au chapitre suivant. Par rapport à l'offre PRODES 2035, les principales caractéristiques de l'offre « V4 » (qui ne seront pas forcément retenues par la suite) sont :

- une desserte RE à 7.5 min entre Genève et Lausanne ;
- une nouvelle offre entre Allaman et Cossonay par le bypass (demi-heure pour l'IC51 et le RER Allaman – Cossonay) ;
- le développement de l'offre Riviera – Chablais (IR jusqu'à Martigny et IC du Valais, ainsi que 6 RE par heure jusqu'à Vevey) ;
- la création de nouvelles relations RER (par exemple Vallorbe – Yverdon et Palézieux – Aigle).

Selon que les tests de potentiel concernent l'amélioration d'une liaison existante ou bien la création d'une liaison nouvelle, la méthodologie adoptée n'est pas la même. Dans le premier cas, la méthode classique consistant à appliquer une élasticité au nombre de déplacements est utilisée. Le fonctionnement est détaillé dans le chapitre précédent. Cependant, **lorsqu'une nouvelle liaison est créée, on choisit d'appliquer une part modale aux déplacements tous modes estimés pour 2050.**

Afin de disposer de valeurs de référence, les parts modales en situation actuelle ont été calculées par zone à partir des données issues du modèle national. Ces parts modales correspondent techniquement à des valeurs pour tous les modes TC confondus. Cependant, étant donné la taille et l'organisation des zones de notre modèle, on considère que les déplacements en transports en commun effectués entre les zones le sont exclusivement en train.

Pour chacun des tests, une liste de zones d'influence est considérée et représente les territoires impactés par la nouvelle offre. Les différentes quantités calculées (déplacements, parts modales, etc.) correspondent à ces zones. Une carte des zones retenues est indiquée pour chaque test. La matrice résultante se base sur la matrice 2050 de référence (avec évolution de population, transition générationnelle, etc.), dont les valeurs pour les OD associées au corridor sont modifiées pour prendre en compte la méthodologie ci-dessus. Concrètement, pour les OD concernées, leur valeur dans la matrice du test correspond à :

- la valeur du nombre de déplacements tous modes sur l'OD ;
- multipliée par la nouvelle part modale estimée ;
- multipliée par un facteur de trafic induit de 15%.

5.1. Liaison Lausanne – Moudon

Données et hypothèses retenues

Le projet correspond à la création d'un tunnel Lausanne – Moudon, qui permet de réduire drastiquement les temps de parcours en direction de la vallée de la Broye et de constituer un raccourci en direction de la Suisse alémanique (hypothèse d'une ligne nouvelle vers Berne, hypothèse d'une liaison pour le fret en doublement de l'axe du Pied-du-Jura).

Le test a été réalisé en intégrant un train RE fictif de Lausanne à Payerne, avec des services à la demi-heure. Le temps de parcours Lausanne – Moudon via le tunnel est de 13 minutes (38 minutes via la ligne existante par Palézieux).

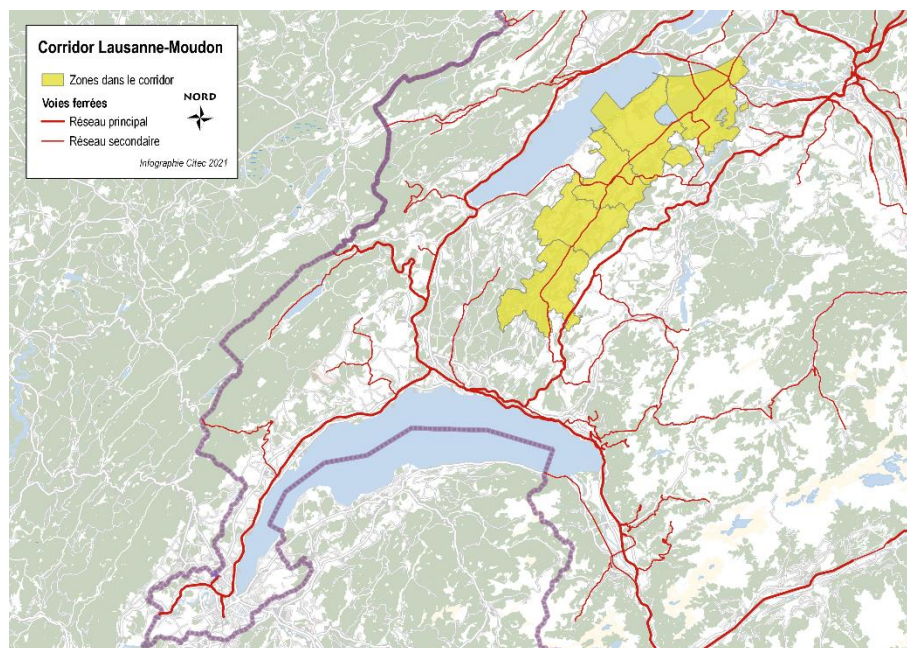


Figure 26 – Zones concernées par la modification d'offre

La population retenue correspond à celle vivant à moins d'un kilomètre des gares des zones du corridor ci-dessus, les déplacements sont ceux effectués entre la zone de Lausanne et les zones du corridor, d'après les données du MTNP. La part modale retenue est issue d'une modélisation par régression effectuée à partir de données de temps de parcours, de fréquences de desserte, du nombre de déplacements total.

Tableau 16 – Données et hypothèses pour la liaison Lausanne – Moudon

Population dans l'aire d'accessibilité (< 1 km)	Déplacements tous modes 2019 – au départ de Lausanne	Part modale TC actuelle	Part modale ferroviaire 2050 (hypothèse)
90'000	5'173	17,6%	30%

Résultats

La figure 27 illustre l'évolution des temps de parcours à partir de Lausanne entre la situation actuelle (axe horizontal) et future (axe vertical). La taille des cercles correspond au nombre d'habitants des communes de destination à moins d'un kilomètre des gares. Toutes les communes qui sont en dessous de la diagonale voient leur temps de parcours amélioré. La figure met bien en évidence que les communes de Moudon à Payerne ont une très nette amélioration d'accessibilité avec Lausanne et que les temps de parcours futurs sont d'échelle d'agglomération (Moudon à 13 minutes de Lausanne, Payerne à 30 minutes de Lausanne).

Le calcul montre aussi (figure 28) une fréquentation en nette hausse entre Lausanne et Payerne : + 3'800 voyageurs/j sur le tronçon jusqu'à Moudon, + 1750 voyageurs/j sur le tronçon proche de Payerne. De plus, cette estimation n'intègre pas les améliorations pour les flux internes à la Broye.

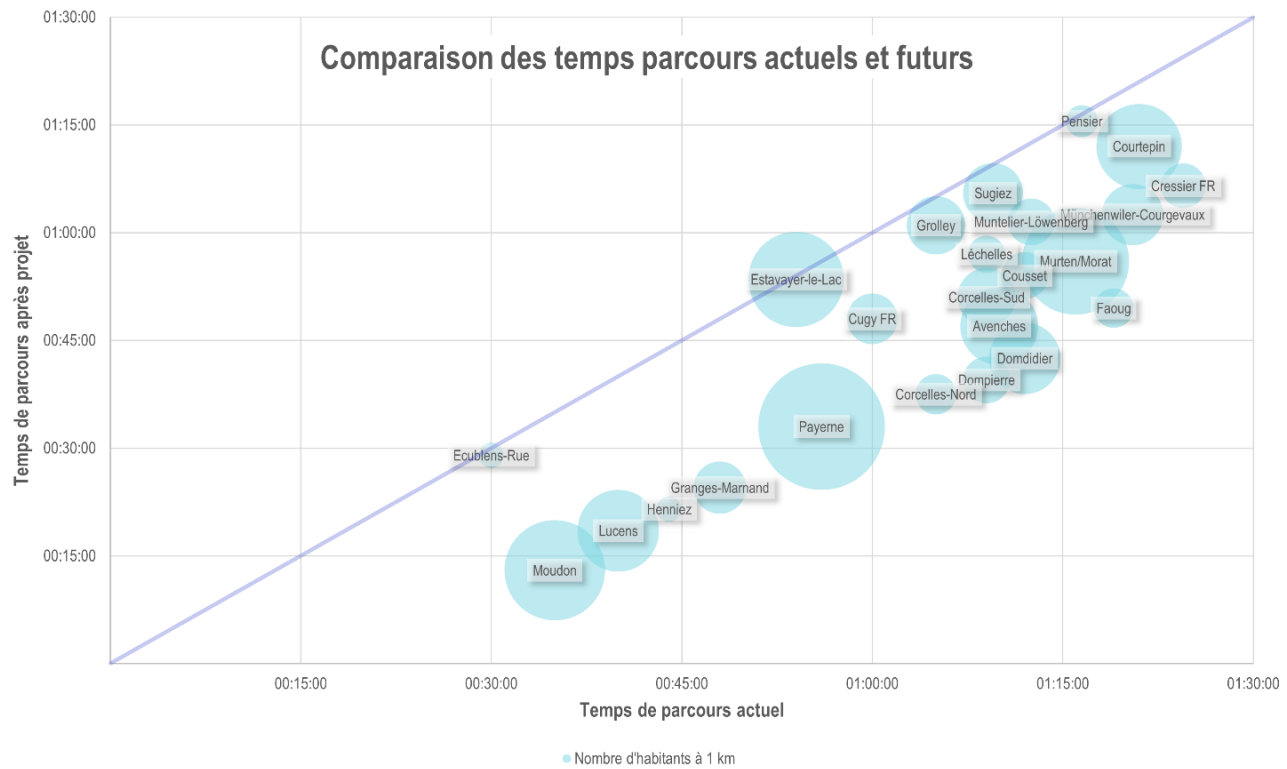


Figure 27 – Comparaison des temps de parcours depuis Lausanne avant et après projet

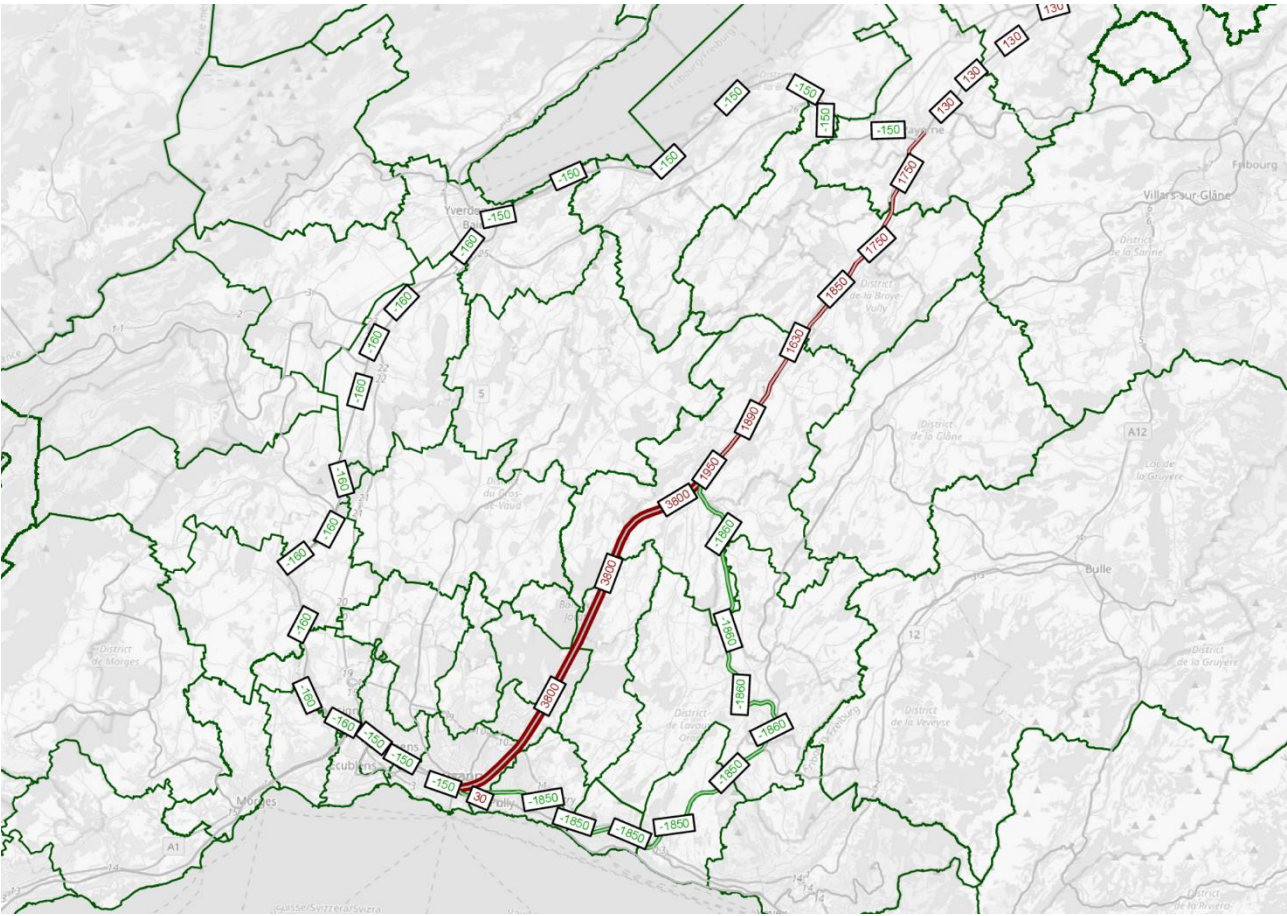


Figure 28 – Différence de charge entre le test et l'offre V4

La comparaison des cartes d'isochrones (figure 29 et figure 30) montre que le déficit d'accessibilité de la Broye depuis Lausanne peut être totalement comblé, mettant ce territoire au même niveau que les régions de Nyon, d'Yverdon-les-Bains et d'Aigle.

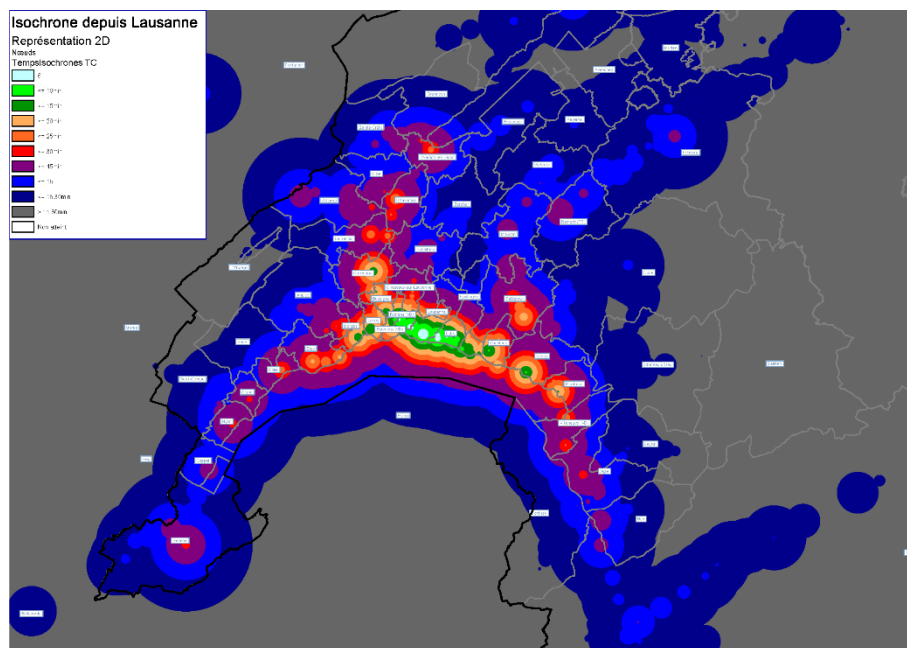


Figure 29 – Isochrone des temps de parcours depuis Lausanne pour l'état futur sans projet.

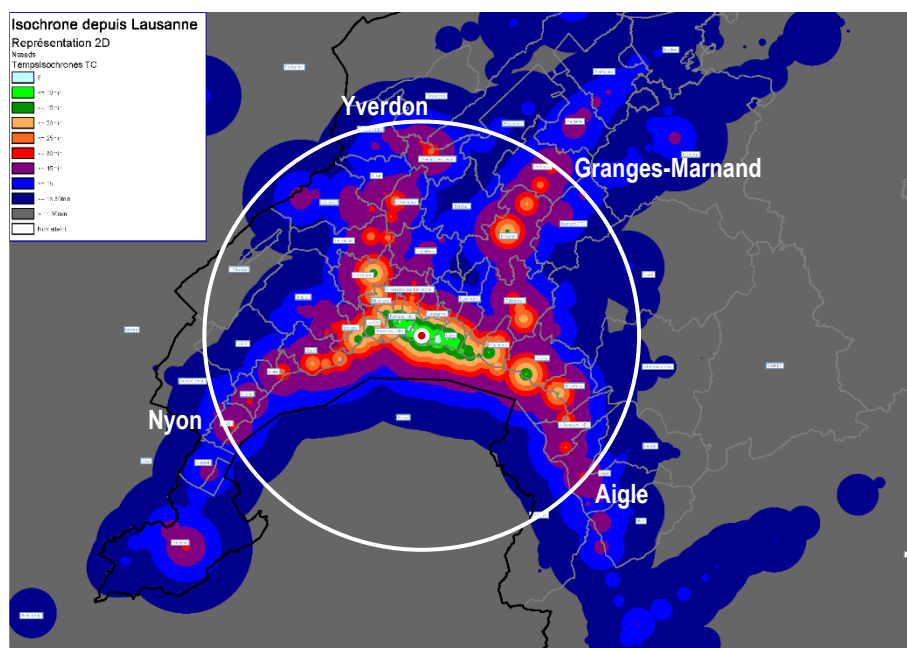


Figure 30 – Isochrone des temps de parcours depuis Lausanne pour l'état futur avec projet.

A l'argument de l'augmentation de fréquentation s'ajoute l'intérêt d'une telle liaison pour la relation vers Berne et la création d'un itinéraire de fret bis sur le plateau. Il faut encore souligner l'enjeu d'aménagement du territoire : la Broye constitue une réserve et une alternative de développement hors de la concentration de l'arc lémanique qui est en voie de saturation. Sur la base des résultats, cette nouvelle liaison est jugée comme **pertinente** et est donc **conservée dans la suite de l'étude**.

5.2. Liaison Bulle – Vevey

Le projet consiste en une nouvelle liaison Bulle – Vevey à la demi-heure, utilisant une ligne nouvelle entre Vevey et Châtel-Saint-Denis afin d'éviter le détour par Lausanne ou par Chexbres (Train des Vignes).

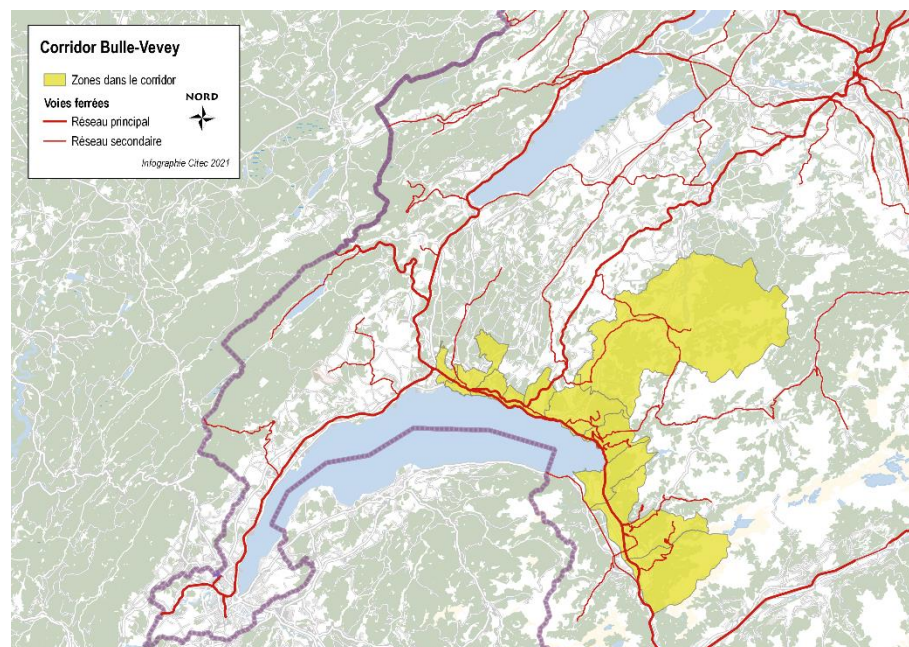


Figure 31 – Zones concernées par la modification d'offre

Cette liaison offre des gains de temps de parcours significatifs pour toute la région de Bulle, en particulier à destination de Vevey qui n'est plus qu'à 35 minutes mais aussi de la Tour-de-Peilz, Clarens, Montreux, Aigle, avec des temps de parcours compris entre 45 et 60 minutes.

Avec les hypothèses considérées, la fréquentation potentielle est d'un ordre de grandeur de 8'000 voyageurs/j sur le nouveau tronçon, ce qui est très significatif. Il faut cependant garder en mémoire que ce résultat implique un train accéléré entre Châtel St-Denis et Bulle ce qui n'est peut-être pas compatible avec l'offre future du secteur. Il faut aussi garder en mémoire que la voiture reste un concurrent très efficace porte à porte pour les OD de ce bassin versant. Les résultats complets sont présentés dans l'annexe A 3.1.

Tableau 17 – Données et hypothèses pour la liaison Bulle – Vevey

Population dans l'aire d'accessibilité (< 1 km)	Déplacements tous modes 2019 – au départ de Bulle	Part modale TC actuelle	Part modale ferroviaire 2050 estimée
334'000	15'586	10,2%	35% (Lausanne) 40% (Montreux, Aigle) 50% (Vevey) 26% (pour le reste, par régression)

Sur la base des résultats ci-dessus, cette nouvelle liaison est jugée comme **pertinente** et est donc **conservée dans la suite de l'étude**.

5.3. Liaison EPFL – Renens – Cheseaux

La liaison repose sur un nouveau tronçon reliant l'EPFL à Cheseaux en passant par Renens et Crissier. Une ligne desservant tous ces arrêts est simulée.

Cette ligne poursuit plusieurs objectifs :

- constituer un réseau ferroviaire maillé d'agglomération et dépasser la logique initiale radioconcentrique exclusivement centrée sur Lausanne ;
- raccourcir significativement le temps de parcours pour les habitants du corridor du LEB qui souhaitent se rendre à Renens ou l'EPFL mais aussi vers d'autres destinations rendues plus proches grâce au maillage du réseau ;
- contribuer à décharger le tronçon central le plus chargé du réseau ferré vaudois (Renens-Lausanne) ;
- renforcer l'accessibilité au pôle de Renens et donc consolider la logique de bi-pôle Lausanne-Renens comme deux gares jumelles à desservir avec des IC afin de mieux diffuser les flux au sein des grandes agglomérations suisses ;
- améliorer l'accessibilité régionale aux Hautes Ecoles.

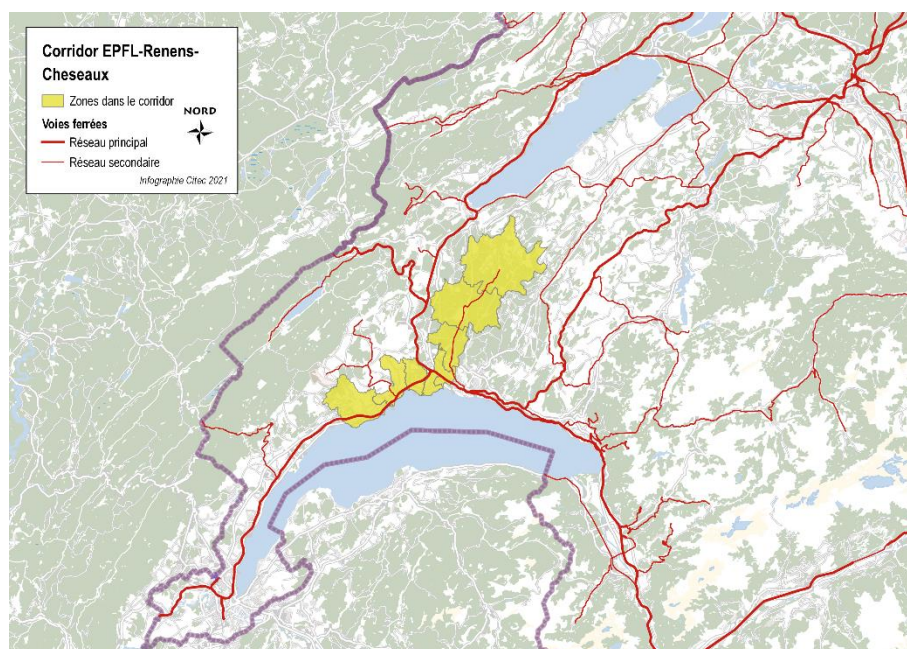


Figure 32 – Zones concernées par la modification d'offre

Cette proposition de nouvelle liaison dispose d'un grand potentiel. D'une part, elle est d'échelle régionale dans une agglomération en fort développement, d'autre part elle crée un maillage de desserte et permet donc une multiplicité de nouvelles relations.

Tableau 18 – Données et hypothèses pour la liaison EPFL – Renens – Cheseaux

Population dans l'aire d'accessibilité (< 1 km)	Déplacements tous modes 2019 – au départ de Cheseaux	Part modale TC actuelle	Part modale ferroviaire 2050 estimée
112'000	12'535	10,3%	35%

Avec la méthode utilisée, le potentiel de voyageur est relativement difficile à estimer : le découpage en zone du modèle n'est pas suffisamment fin pour bien représenter les avantages de cette liaison et l'effet réseau tend à sous-estimer le potentiel de voyageur. Néanmoins, les estimations indiquent un ordre de grandeur de 7'500

nouveaux voyageurs par jour sur cette liaison ce qui est très significatif compte tenu du bassin versant du corridor du LEB. Les résultats complets sont présentés dans l'annexe A 3.2.

*Sur la base des résultats ci-dessus, cette nouvelle liaison est jugée comme **pertinente** et est donc **conservée dans la suite de l'étude**.*

5.4. Liaison Monthey – Villeneuve

La construction d'un tronçon entre Monthey et Villeneuve permet de séparer les flux en provenance du Valais. L'IC 9 est déplacé sur ce nouveau tracé.

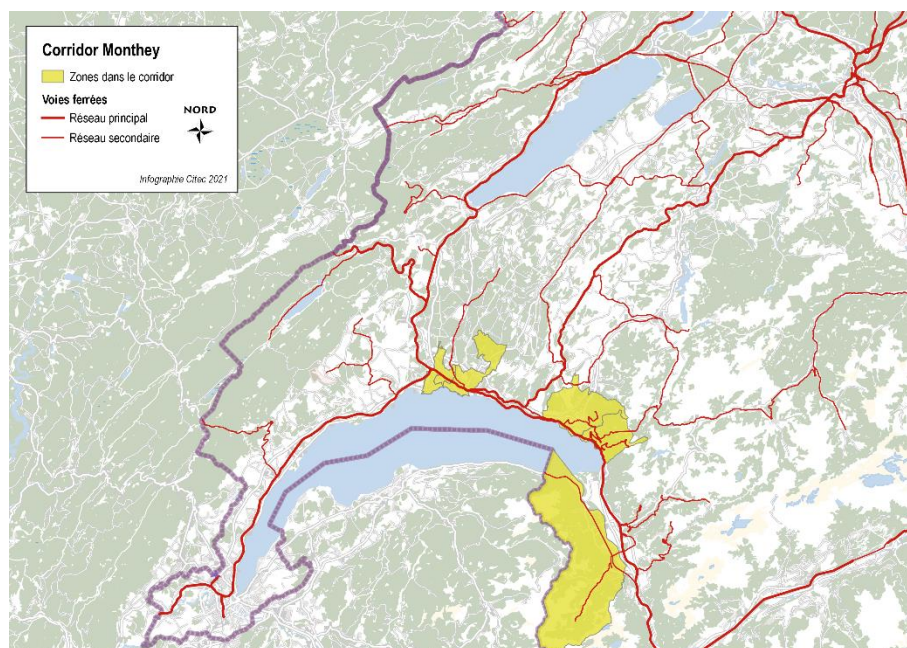


Figure 33 – Zones concernées par la modification d'offre

Cette nouvelle liaison profite surtout aux Valaisans sans nuire à la desserte d'Aigle ou de Bex (environ 20'000 voyageurs par jour basculent d'une ligne sur l'autre). Elle place Monthey qui compte deux fois plus d'habitants+emplois qu'Aigle (29'000 contre 15'000 hab.+empl.) sur le réseau des IC et en lien direct avec la métropole lémanique. La desserte d'Aigle reste suffisante, notamment avec les IR pour ne pas être réellement impactée en termes de nombre de voyageurs (environ 33'000 voyageurs/j)

Tableau 19 – Données et hypothèses pour la liaison Monthey – Villeneuve

Population dans l'aire d'accessibilité (< 1 km)	Déplacements tous modes 2019 – au départ de Monthey	Part modale TC actuelle	Part modale ferroviaire 2050 estimée
343'000	12'281	18,2%	50% (Lausanne, Vevey, Montreux) 35% (Morges, Nyon) 30% (Ecublens)

Avec cette nouvelle liaison les temps de parcours entre Monthey et la riviéra vaudois et l'agglomération lausannoise sont nettement réduits et sont de l'ordre de la demi-heure, respectivement de 45 minutes. Les gains de temps de parcours sont aussi significatifs en direction de Martigny et de Sion. Cette ligne augmente la fréquentation

sur la Riviera (2 à 6'000 voyageurs/j) et à destination de Lausanne (environ 1'000 voyageurs/j). Cette ligne augmente aussi très significativement la fréquentation sur cet axe puisqu'une coupe transversale à la hauteur de St-Triphon totalise 63'000 voyageurs/j alors que sans cette liaison les estimations 2050 sont de 50'000 voyageurs/j. Les résultats complets sont présentés dans l'annexe A 3.3.

*Cette nouvelle liaison doit encore faire l'objet d'une coordination entre les cantons de Vaud et du Valais. Elle n'est **pas conservée dans la suite de l'étude**.*

5.5. Liaison Cossonay – Allaman

Données et hypothèses retenues

Contrairement aux tests précédents, ce test et le suivant identifient le potentiel de fréquentation en prenant comme référence l'offre « V4 » (présentée au début du chapitre 5). Les valeurs du plan de charge sont donc avec un signe inversé : une valeur verte négative indique un potentiel de nouveaux voyageurs pour la liaison testée, une valeur positive rouge indique une diminution de fréquentation.

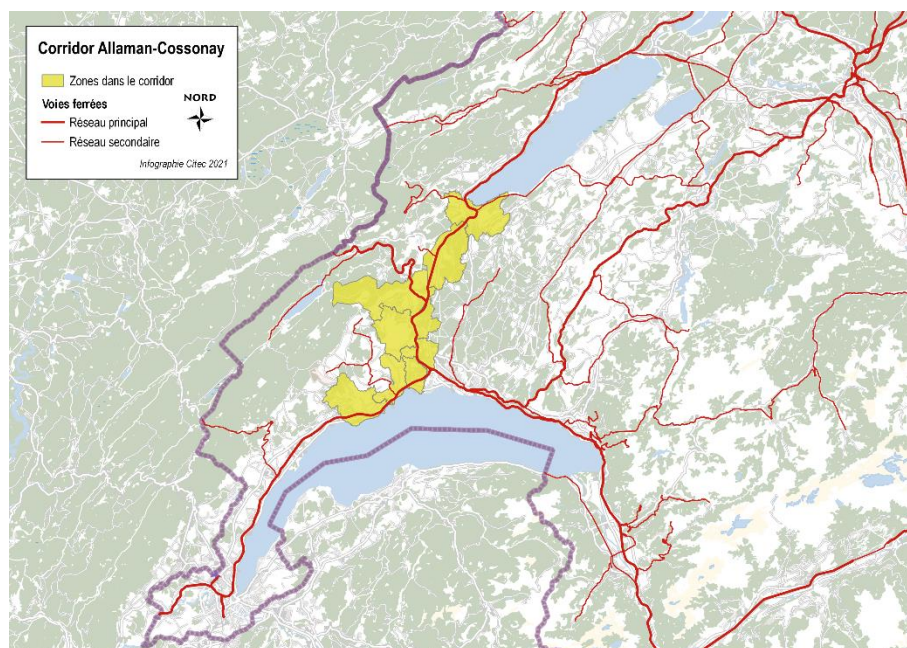


Figure 34 – Zones concernées par la modification d'offre

Actuellement le by-pass entre Morges et Bussigny est partiellement exploité à voie unique pour le trafic voyageurs, cela suffit pour l'IC51 à cadence horaire. La proposition consiste à compléter l'infrastructure du by-pass, ce qui rend possible aussi bien la cadence semi-horaire pour l'IC51 que le passage d'une nouvelle liaison RER Allaman – Cossonay par le tracé le plus court. L'augmentation de fréquentation est significative (entre 1'700 et 2'900 voyageurs/j) sur la branche Bussigny – Allaman et mineure ou marginale sur la branche Bussigny – Cossonay (entre 550 et 200 voyageurs/j).

Vu le coût limité pour compléter l'infrastructure du by-pass, il vaut la peine de retenir cette proposition même si les gains de fréquentation sont modestes. Cette nouvelle offre permet de "déconcentrer" les flux potentiels et d'éviter de tout ramener sur le tronçon Renens – Lausanne déjà fortement chargé. Les résultats complets sont présentés dans l'annexe A 3.4.

Le développement du trafic fret bénéficie aussi de cette infrastructure, dans la mesure où elle permet de dégager de la capacité pour la sortie des trains de fret de Lausanne-triage (plus de conflit avec les trains voyageurs en provenance d'Yverdon).

Tableau 20 – Données et hypothèses pour la liaison Cossonay-Allaman

Population dans l'aire d'accessibilité (< 1 km)	Déplacements tous modes 2019 – au départ d'Allaman	Part modale TC actuelle	Part modale ferroviaire 2050 estimée
95'000	8'513	18,2%	35%

Sur la base des résultats ci-dessus, cette nouvelle liaison est jugée comme **pertinente** et est donc **conservée dans la suite de l'étude**.

5.6. Liaison Yverdon – Vallorbe

Données et hypothèses retenues

L'offre « V4 » inclut un nouveau tronçon reliant Orbe à l'axe La Sarraz – Le Day, sur lequel circule un train Yverdon – Vallorbe. Cette proposition consiste à imaginer un mini RER ayant pour centre Yverdon-les-Bains. Les branches en direction de Ste-Croix, Grandson/Neuchâtel, Estavayer/Payerne et Lausanne existent déjà. Il manque une relation directe qui puisse desservir Orbe, Vallorbe et la vallée de Joux. Simultanément cette nouvelle relation fait d'Orbe un centre local avec des possibilités de desserte pendulaires en lien avec les emplois du secteur pour les habitants de Vallorbe/vallée de Joux. Ce test quantifie la charge estimée sur le réseau en supprimant cette liaison.

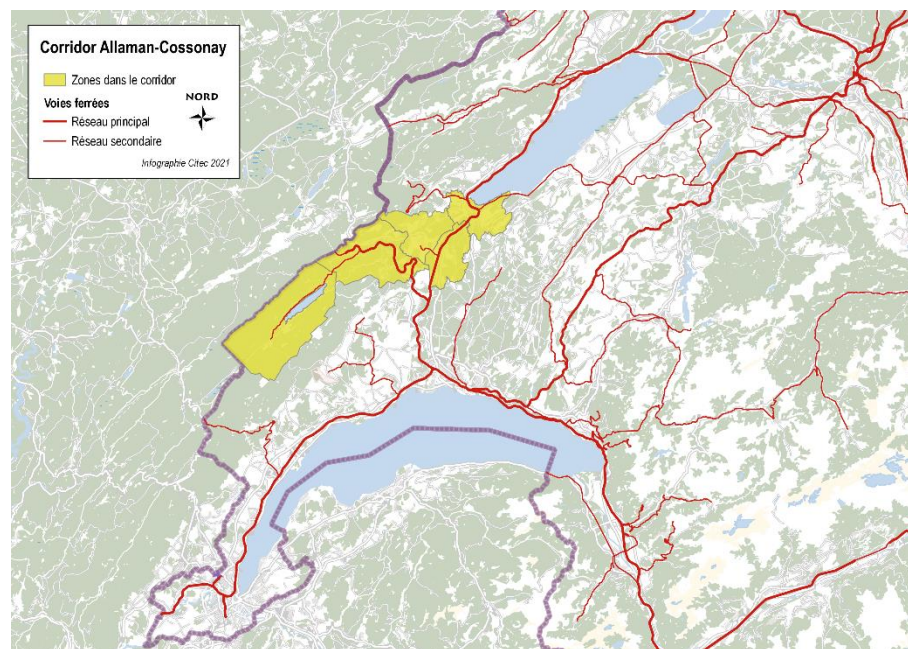


Figure 35 – Zones concernées par la modification d'offre

Quantitativement les résultats sont décevants. L'augmentation de fréquentation est significative entre Yverdon et Chavornay/Orbe (entre 2'100 et 1'800 voyageurs/j). Par contre, elle est marginale au-delà et ne suffit pas à justifier une relation ferroviaire.

Les résultats s'expliquent en partie par le faible bassin de population et la distance jusqu'à Yverdon (la liaison directe met le Pont à 50 min d'Yverdon et le Brassus à 1h15, Seule Vallorbe est à une distance d'agglomération avec 38 min).

Il est aussi possible que le mode d'estimation sous-évalue le potentiel réel mais comme la fréquentation potentielle est très faible et le raccordement ferroviaire entre Arnex et Orbe relativement complexe à réaliser, cette proposition n'est pas prioritaire par rapport à d'autres nouvelles liaisons. Les résultats complets sont présentés dans l'annexe A 3.5.

Tableau 21 – Données et hypothèses pour la liaison Yverdon – Vallorbe

Population dans l'aire d'accessibilité (< 1 km)	Déplacements tous modes 2019 – au départ d'Yverdon	Part modale TC actuelle	Part modale ferroviaire 2050 estimée
64'000	6'798	20,9%	40% (Chavornay) 30% (reste)

*Sur la base des résultats ci-dessus, cette nouvelle liaison est jugée comme **non pertinente** et n'est donc **pas conservée dans la suite de l'étude**.*

6. Bases du concept d'offre 2050

6.1. Les objectifs d'offre, une vision territoriale

Sur la base du diagnostic posé, ainsi que des premiers résultats de la modélisation de la demande future, il est possible de définir trois objectifs d'offre, en lien notamment avec l'aménagement territorial.

Développement de RER d'agglomération

Aujourd'hui, bien que desservant l'ensemble du territoire cantonal, le RER Vaud est centré sur l'agglomération lausannoise. Or le chemin de fer peut, et doit, constituer l'offre structurante en transport public dans les principales agglomérations du canton (figure 36, gauche). Cela concerne :

- la Côte ouest (Nyon et Gland) qui n'est pas desservie par le Léman Express (LEX) ;
- le Nord Vaudois (Yverdon-les-Bains – Orbe) ;
- la Riviera (Vevey – Montreux – Villeneuve).

Lorsque c'est possible, des trains RER cadencés au ¼ h permettraient d'offrir une desserte de qualité. Cette offre peut s'obtenir en superposant à l'offre du RER Vaud (cadence 30 min) une offre locale également cadencée à 30 minutes.

Le Chablais est un cas particulier. Le développement d'une offre RER **Aigle – Monthey – Bex** doit s'envisager sur le réseau à voie métrique des TPC.

Relations avec les régions périurbaines et de montagne

L'amélioration de l'accessibilité (principalement en termes de temps de parcours) des régions périphériques et de montagne doit être pris en compte (figure 36, droite). Cependant, les contraintes de rupture de charge et de performance des lignes secondaires ne peuvent que difficilement être levées. La Région de la Broye est un cas particulier, car c'est le détour de la ligne actuelle via Palézieux, ainsi que ses vitesses limitées, qui pénalisent les temps de parcours ferroviaires. Des aménagements permettraient une diminution significative de ceux-ci.

L'amélioration de certaines relations ne pourra cependant pas se faire via le réseau ferré, mais par le réseau routier. C'est le cas pour répondre à la demande existante entre la Vallée-de-Joux et la Côte ouest (Nyon) et Genève, ainsi qu'entre Le Gros-de-Vaud et Le Nord Vaudois. En effet, les flux ne permettent pas de justifier les investissements nécessaires pour un mode lourd.

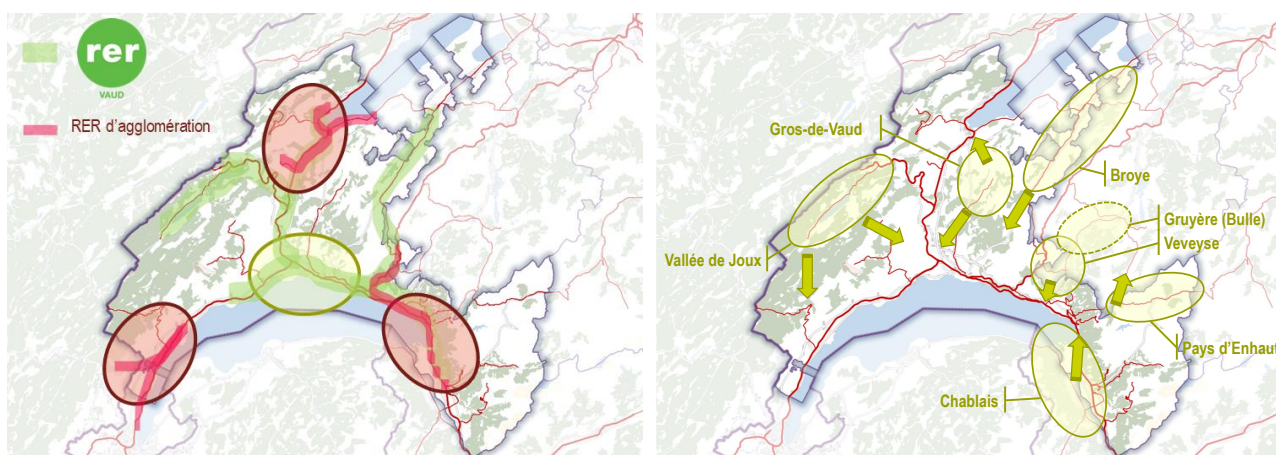


Figure 36 – Vision territoriale des développements de l'offre

Relations tangentielles à créer

Le réseau ferré vaudois, ainsi que l'offre actuelle, est principalement centré sur Lausanne. Or les déplacements ne sont pas tous en lien avec la capitale vaudoise. Des besoins tangentiels existent mais ne sont que difficilement satisfaits par l'offre ferroviaire (rupture de charge et allongement du parcours), contrairement au réseau routier qui permet quasiment toujours d'y répondre.

Or la configuration du réseau ferré permet d'ores et déjà aux trains, marchandises notamment, d'éviter le transit par Lausanne pour certaines relations. Il est donc possible d'envisager la création de nouvelles liaisons RER tangentielles, notamment :

- Cossonay – Allaman via le bypass de Bussigny ;
- Riviera/Chablais – Glâne via la ligne du train des vignes ;
- Riviera – Gruyère via une nouvelle ligne entre Vevey – Châtel-St-Denis – Bulle.

A noter que les relations Riviera/Chablais – Berne via le train des vignes ne sont jamais plus performantes qu'un transit via Lausanne, en raison notamment de la politique de desserte et des contraintes d'insertion de ces trains dans la trame horaire. A terme, l'amélioration des temps de parcours souhaitée entre Lausanne et Berne ne fera que pénaliser encore plus une liaison via la ligne du train des vignes. Une telle liaison n'est donc pas envisagée dans le cadre de la vision 2050 du réseau ferré vaudois.

6.2. Hypothèses structurantes

Tenant compte des éléments présentés ci-avant, des résultats de l'étude préliminaire, ainsi que du contexte et des enjeux nationaux de mobilité, le développement du concept d'offre 2050 se base sur les quatre postulats suivants. Ils conditionnent certains aménagements, présentés à la figure 37, pris en compte comme infrastructure de base :

- Lausanne se rapproche de Berne avec un **temps de parcours système de 45 minutes**, un nouveau **tunnel Lausanne – Romont** voit le jour (étude OFT, EA 2035).
- L'arc lémanique bénéficie d'une liaison ferroviaire plus robuste avec la construction de la **nouvelle ligne Lausanne – Genève** (étude OFT, EA 2035).
 - Nouvelle ligne indépendante de Genève à Morges avec un raccordement à Nyon pour la desserte et la liaison entre les deux lignes.
 - 4 voies entre Morges et Renens avec adaptation de l'infrastructure existante pour les accès à Lausanne-Triage et à la ligne du Pied-du-Jura (bypass).
- Les investissements en direction du Valais se concentrent sur le rail avec la construction d'une nouvelle infrastructure, à priori un **tunnel entre Lausanne et Vevey** (volonté vaudoise).
- Finalement, **la gare de Lausanne s'agrandit en sous-sol** avec la construction de 4 nouvelles voies (volonté vaudoise).
 - L'agrandissement est premièrement justifié du point de vue du nombre de voyageurs attendus. Malgré l'agrandissement en cours, les quais n'auront toujours pas la largeur requise normalement pour des flux de cette ampleur.
 - L'augmentation de capacité offerte par la gare souterraine permet de libérer les contraintes pour la construction des horaires sur toutes les lignes radiant de Lausanne (plus de flexibilité et de robustesse pour l'exploitation).

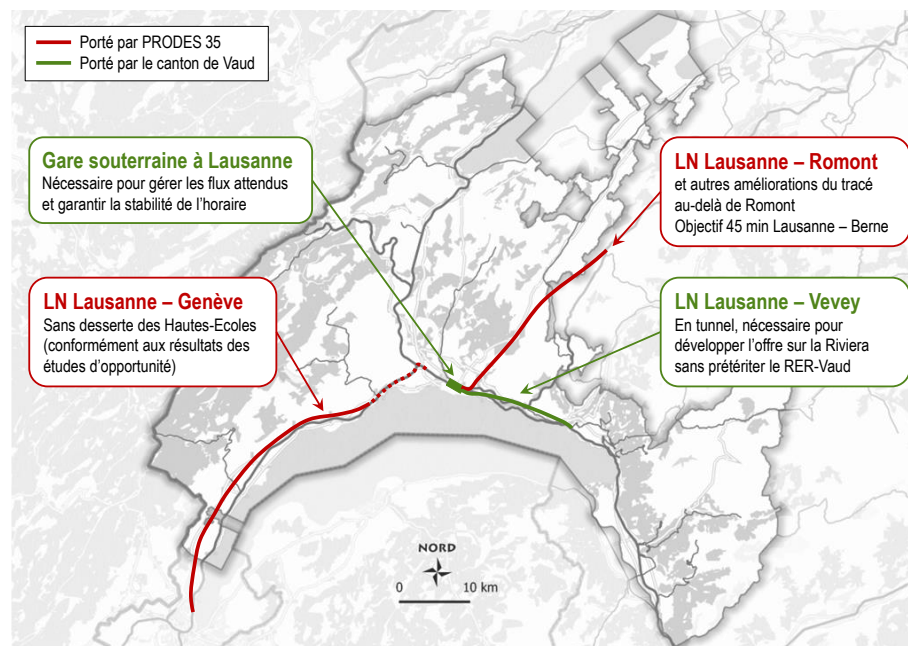


Figure 37 – Hypothèses structurantes pour le développement de l'offre

6.3. Principes de définition du concept d'offre

Le concept d'offre et l'horaire associé ont été développés itérativement, en prenant en compte les éléments suivants :

- L'offre **PRODES 2035**, qui a servi de base de départ et d'offre « minimale », notamment en ce qui concerne le nombre de trains sur chaque axe (et donc la capacité de transport en tenant compte de la capacité de chaque train). En revanche, les liaisons (tracés des lignes) ont été réinterrogées.
- Le diagnostic (chapitre 3) et les tests de potentiel des nouvelles liaisons (chapitre 5) du réseau futur.
- Plusieurs **ateliers de travaux**, réalisés avec les équipes de la DGMR, qui ont permis d'affiner les concepts et d'orienter les choix.
- Pour les lignes secondaires, les **études d'opportunité menées par les exploitants**, sous réserve des décisions prises par la DGMR (guidées par les éléments de diagnostic et une évaluation coût-utilité sommaire).
- Le **modèle d'estimation de la demande**, qui a permis de déterminer le nombre de trains nécessaires sur chaque axe, en confrontant l'offre et la demande future. La demande étant liée par élasticité à l'offre, des itérations et analyses de sensibilité se sont avérées nécessaires.
- Pour le calcul de la capacité de transport (en fonction du nombre et du type de trains), les hypothèses présentées au chapitre 2.2.
- La cadence de base souhaitée, qui est **systématiquement une cadence à la demi-heure** sur l'ensemble des liaisons pour chaque produit. La qualité de l'offre souhaitée par les usagers tend en effet à envisager à terme cette cadence sur toutes les lignes, du moins en heure de pointe. Dans certains cas, la superposition de produits peut permettre de créer une cadence au quart d'heure là où c'est pertinent.

D'un point de vue méthodologique, la définition du concept d'offre s'est déroulée selon les étapes ci-dessous, qui sont détaillées dans les chapitres suivants :

- Calcul de la capacité de transport nécessaire sur chaque axe, et donc du nombre de trains.
- Esquisse du schéma d'offre souhaité en termes de produits et de relations.
- Construction de l'horaire.
- Estimation de la demande et itération sur le nombre de trains, pour ensuite reprendre le schéma d'offre et l'horaire si nécessaire.

6.4. Capacité de transport nécessaire à l'horizon 2050

Méthodologie

La capacité de transport nécessaire sur chaque axe, et donc le nombre de trains nécessaires par heure, peut être calculée à l'aide du modèle développé. Quelques opérations sont toutefois nécessaires :

- Le modèle calcule des valeurs journalières. Il faut donc passer à des valeurs horaires en heures de pointe pour dimensionner le réseau. Pour ceci, des hypothèses de ratio entre le trafic d'heure de pointe et le total journalier ont été fixées sur la base des valeurs réelles mesurées en 2019.
- Le modèle n'étant pas assez fin pour calculer précisément la charge sur les lignes de desserte locale (RER et lignes secondaires), les calculs sont effectués en tenant compte uniquement de l'offre Grandes Lignes.
- Pour tenir compte d'une répartition pas toujours homogène dans les différents trains qui circulent dans une même heure (d'une part à cause d'un phénomène d'hyperpointe, d'autre part car ces trains n'ont pas tous les mêmes origines et destinations), il est admis un certain taux de remplissage. Dans une première itération, il est fixé à 70%, ce qui signifie qu'en moyenne 70% des places assises seront occupées avec le nombre de trains calculés. Ceci permet aussi de tenir compte des périodes de l'année plus chargées.

Remarque importante : le calcul de la demande future étant lié par élasticité à l'offre proposée, il est nécessaire de procéder par itération. En revanche, il faut garder un œil critique vis-à-vis de l'augmentation de la demande. En effet, le modèle prédira toujours une augmentation de celle-ci lorsque l'offre augmente, alors qu'en réalité il y aura une asymptote horizontale sur la courbe de la demande (celle-ci ne peut pas augmenter à l'infini, simplement car le nombre de voyageurs potentiels est une valeur finie).

Valeurs retenues

Sur la base de la méthodologie présentée ci-dessus, plusieurs itérations ont permis de fixer les **valeurs cibles en termes de nombre de trains sur chaque axe**. Le réseau 2050 étant *a priori* inconnu, il a fallu calculer les valeurs de demande 2050 sur la base de l'offre 2035. Celles-ci sont donc inférieures à celle qui prévaudront en 2050, en supposant que l'offre sera plus importante et que la demande augmentera par élasticité. Pour chaque axe principal, le **nombre cible de trains** (Grandes Lignes) peut être fixé comme suit :

- **Lausanne – Genève** : les estimations de demande conduisent à un besoin de 10 trains par heure et par sens. En tenant compte de l'élasticité à l'offre, la valeur cible retenue est de **12 trains**. Ceci permet aussi de tenir compte du fait que certains trains (à priori deux) prennent le bypass direction Yverdon et ne desservent donc pas Lausanne.
- **Lausanne – Cossonay-Penthaz** : si la demande future estimée ne nécessite pas plus de 4 à 6 trains par heure et par sens, il faut ici tenir compte de la multiplicité des destinations (Yverdon et Vallorbe). La valeur cible retenue est de **6 trains**, avec possibilité de monter à 8 pour tenir compte des différents flux.

- La répartition entre la ligne d'Yverdon et celle de Vallorbe sera vraisemblablement de 4/2 trains ou 6/2 trains, en fonction de la desserte RER qui sera choisie.
- **Lausanne – Riviera** : le tronçon critique de cet axe étant au plus proche de Lausanne, il est imaginable d'avoir une offre dégressive le long de l'axe, en fonction des possibilités et opportunités d'avoir des terminus intermédiaires. La valeur cible retenue est de **8 trains** par heure et par sens. Elle correspond aux estimations de demande future.
- **Lausanne – Romont** : de la même manière que sur l'axe Lausanne – Cossonay, c'est ici en grande partie la variété des destinations (Broye, Fribourg/Berne par le tunnel, Palézieux/Romont par la ligne historique) qui dicte le nombre de trains nécessaires. La valeur cible retenue est de **6 trains** par heure et par sens, soit une paire par itinéraire.

6.5. Construction de l'horaire

Le schéma d'offre présenté dans le chapitre suivant reste très général (tracé des lignes, nombre et types de produits), il n'en reste pas moins qu'il a fait l'objet d'une étude poussée de développement de l'horaire. Il n'est en effet pas possible de proposer un schéma d'offre et de lister les aménagements nécessaires sans étudier en détails l'horaire des différentes circulations.

Etant donné la très forte interaction entre les différents axes (le nœud de Lausanne/Renens étant le point de passage de quasiment tous les trains du réseau principal), il a fallu itérer à plusieurs reprises pour obtenir un horaire satisfaisant un maximum d'objectifs d'offre sur chaque ligne.

Quelques éléments liés à la construction des horaires sont donnés, axe par axe, ci-après. Le graphique réticulaire correspondant à l'horaire proposé est donné en annexe 3. Les principales caractéristiques de l'offre sont présentées dans le chapitre suivant.

Ligne du Simplon

Comme expliqué plus haut, le doublement de la ligne entre Lausanne et Vevey est un prérequis au développement de l'offre, notamment pour éviter un découpage des lignes RER. Avec le tunnel Lausanne – Vevey, considéré comme hypothèse de départ, il est possible de maintenir une desserte RER continue entre Lausanne et St-Maurice (sans rupture de charge à Vevey).

L'horaire développé (annexe A 5.1) prévoit un enchaînement quasi continu de trains entre Vevey et Bex/St-Maurice. Bien que des marges soient prises sur les temps de parcours, il n'y a que très peu de souplesse d'exploitation avec un tel horaire. Un tronçon particulièrement tendu est le passage en gare de Montreux, avec une seule voie à quai dans chaque direction et un arrêt de tous les trains voyageurs. Les quais sont donc occupés en quasi-permanence.

Un autre point particulier de cet axe concerne la gare de Vevey, qui voit passer la totalité des trains, mais qui est aussi le point de connexion du tunnel Lausanne – Vevey. Une organisation bien spécifique est nécessaire, notamment quant à l'affectation des voies à chaque train. La figure 38 montre le schéma des infrastructures ferroviaires (SIF⁷) nécessaire pour le fonctionnement de l'horaire.

⁷ Les chiffres mentionnés sur le schéma, à côté des diagonales, indiquent la vitesse minimale nécessaire pour l'utilisation de l'itinéraire correspondant (en déviation).

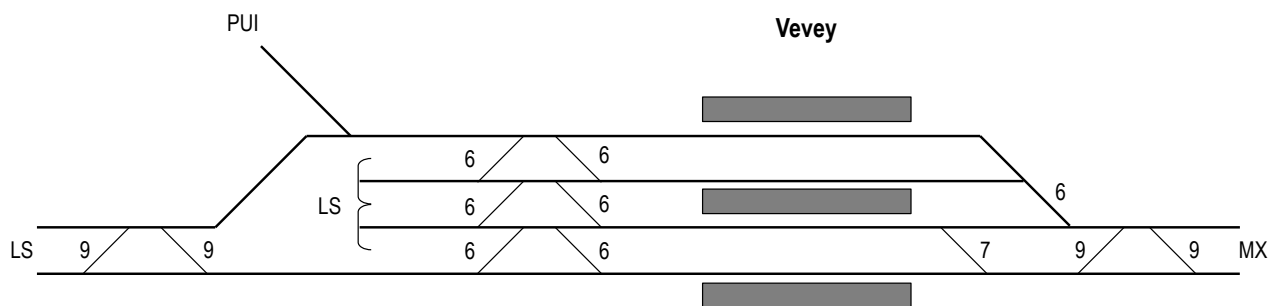


Figure 38 – SIF de la gare de Vevey

Ligne du Pied-du-Jura

Sur la ligne du Pied-du-Jura (annexe A 5.2), l'une des hypothèses de départ dans la construction de l'horaire est la circulation en batterie des deux trains IC de/vers Genève et de/vers Lausanne. Ces trains sont ensuite en correspondance à Bienne, pour continuer vers Delémont – Bâle, respectivement vers Olten – Zürich. Ceci permet de maximiser les fenêtres disponibles pour les trains plus lents.

D'autre part, l'ensemble des sillons marchandises est-ouest nécessaires à l'horizon 2050 ne sont pas tracés via la ligne du Pied-du-Jura. En effet, la capacité nécessaire aurait conduit à un doublement quasi-intégral de la ligne, y compris au-delà des frontières cantonales. Ainsi, près de la moitié de ces sillons sont tracés via la ligne de la Broye aménagée (cf. ci-après).

Malgré ce délestage de la ligne du Pied-du-Jura, la capacité disponible entre Bussigny et la bifurcation de Daillens, ne suffit pas pour densifier l'offre voyageurs. Un doublement de la ligne entre Bussigny et Vufflens-la-Ville (3^e et 4^e voie), ainsi qu'un saut-de-mouton à Daillens ont été retenus (voir chapitre 9 pour la liste des aménagements d'infrastructures). Ces aménagements permettent également l'ajout de sillons marchandises entre Lausanne-Triage et Vufflens-la-Ville.

Du côté d'Yverdon, il est nécessaire de disposer de 5 voies à quai (dont une pour le rebroussement du RER Fribourg – Yverdon), étant donné que les deux trains IC en batterie ne peuvent utiliser la même voie et que les trains RE se croisent à Yverdon presque au même moment que le passage des IC. Pour permettre le prolongement des trains RE jusqu'à Grandson, une 3^e voie centrale est nécessaire entre Yverdon-les-Bains et Grandson (figure 39).

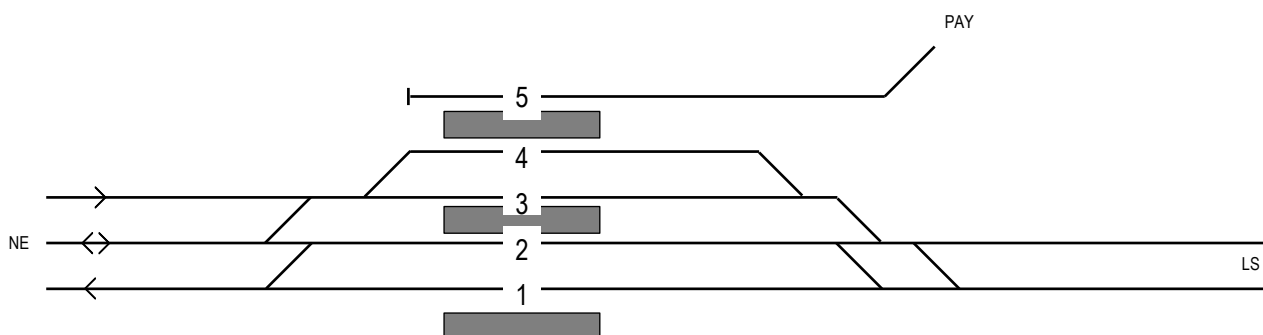


Figure 39 – SIF de la gare d'Yverdon-les-Bains⁸

⁸ Le SIF est simplifié et ne montre que les connexions et diagonales strictement nécessaires pour l'exploitation de l'horaire. La voie 5 sera bien sûr connectée aux autres voies, de même que les voies de service se trouvant au nord de la gare.

La création d'une relation RER directe entre Orbe et Yverdon nécessite de compléter le raccordement prévu dans PRODES 35 au niveau de Chavornay (figure 40). La voie supplémentaire, venant se connecter sur la boucle permettant de relier Orbe à Lausanne, doit être raccordée de façon dénivelée à la ligne du Pied-du-Jura.

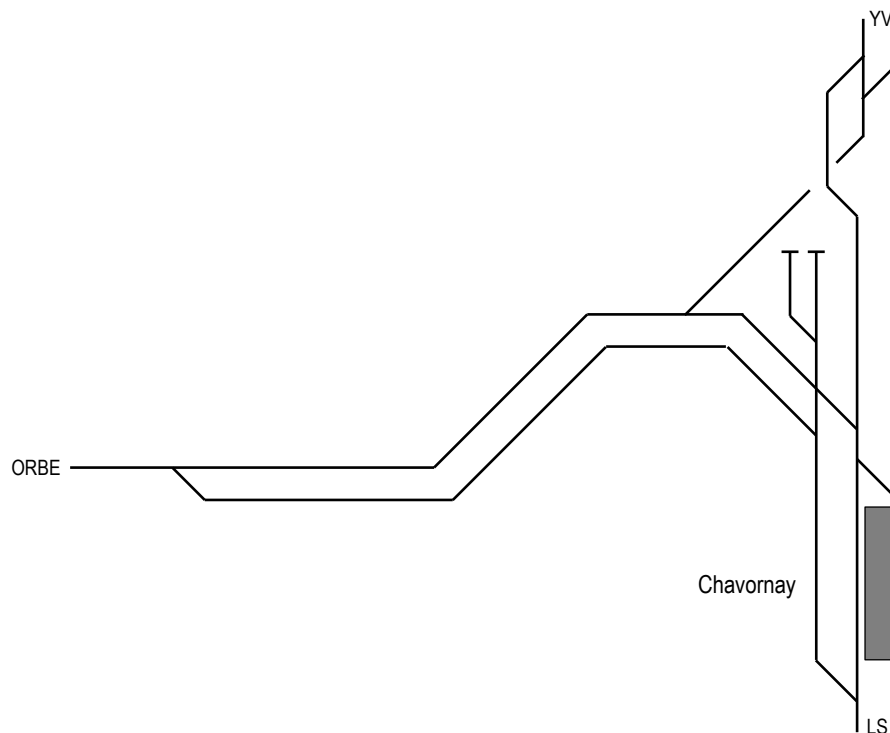


Figure 40 – SIF du raccordement de Chavornay

Lignes de Vallorbe et de la Vallée de Joux

La structure de l'horaire sur la ligne de Vallorbe (annexe A 5.3) est fortement conditionnée par celle de la ligne du Pied-du-Jura. Les sillons sont en effet placés entièrement en fonction de ce qu'il est possible de faire entre Daillens et Lausanne. Les sillons TGV (aussi contraint par l'accroche côté France) et du fret de Vallorbe (ne circule que très rarement) se retrouvent ainsi en partage de capacité avec le RER accéléré Le Brassus – Renens (– Morat), qui ne circule toutefois qu'aux heures de pointe.

Sur la Vallée de Joux, les trains RER sont placés de telle sorte à permettre une coupe-accroche sur le RER Lausanne – Vallorbe, chaque heure. Ces trains se croisent en gare du Pont. Les RER accélérés sont directs depuis Lausanne chaque heure (avec rebroussement au Day) et ne desservent que les principales haltes de la Vallée. Ils se croisent au Sentier-Orient et croisent les RER omnibus au Lieu. Dans l'autre demi-heure, ils continuent jusqu'à Vallorbe.

Ligne Lausanne – Genève

La ligne nouvelle, considérée comme un prérequis, permet de soulager quelque peu la ligne existante et de densifier l'offre régionale et locale. La structure horaire sur la ligne nouvelle (annexe A 5.4) est relativement simple, avec uniquement des trains rapides qui se succèdent. À noter toutefois la desserte de Nyon par les trains IR et IC (du bypass) chaque quart d'heure. Ces trains quittent donc la ligne nouvelle et perdent un peu de temps. Leur réinsertion sur la ligne nouvelle n'est cependant pas

problématique. En revanche, d'un point de vue infrastructurel, des jonctions dénivelées sont nécessaires pour les raccordements de part et d'autre de Nyon.

Le raccordement de la ligne nouvelle au niveau de Morges et la poursuite à quatre voies jusqu'à l'entrée de Lausanne-Triage est imaginé tel que représenté sur la figure 41. L'accès à la ligne nouvelle doit se faire au centre des voies existantes et en dénivelé. L'accès à Lausanne-Triage doit se faire depuis les voies extérieures et aussi en dénivelé. Cette configuration permet le bon fonctionnement de l'horaire mis au point et une exploitation robuste.

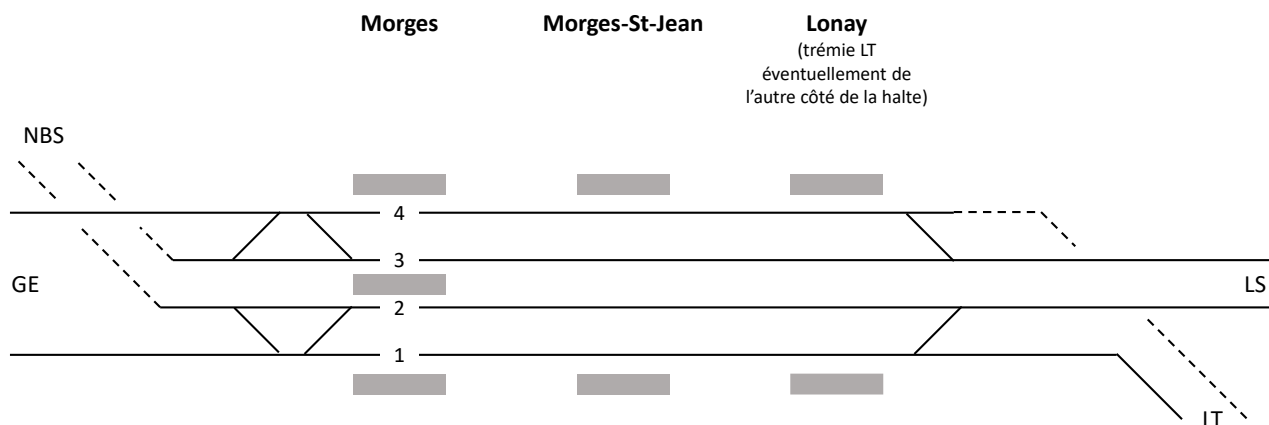


Figure 41 – SIF du tronçon Morges – Lonay-Préverenges

Du côté du Denges-Echandens et du bypass vers Bussigny, un certain nombre d'aménagements sont à prévoir, avec notamment une nouvelle connexion rendant bidirectionnel le bypass pour les trains voyageurs, ainsi qu'une nouvelle connexion entre la voie 500 et la voie 102, permettant de désenchevêtrer le trafic quittant la gare de Renens (Figure 42). Par contre, avec ces aménagements, le tronçon compris entre Denges-Echandens et Archy peut rester avec seulement deux voies principales pour les trains voyageurs en transit.

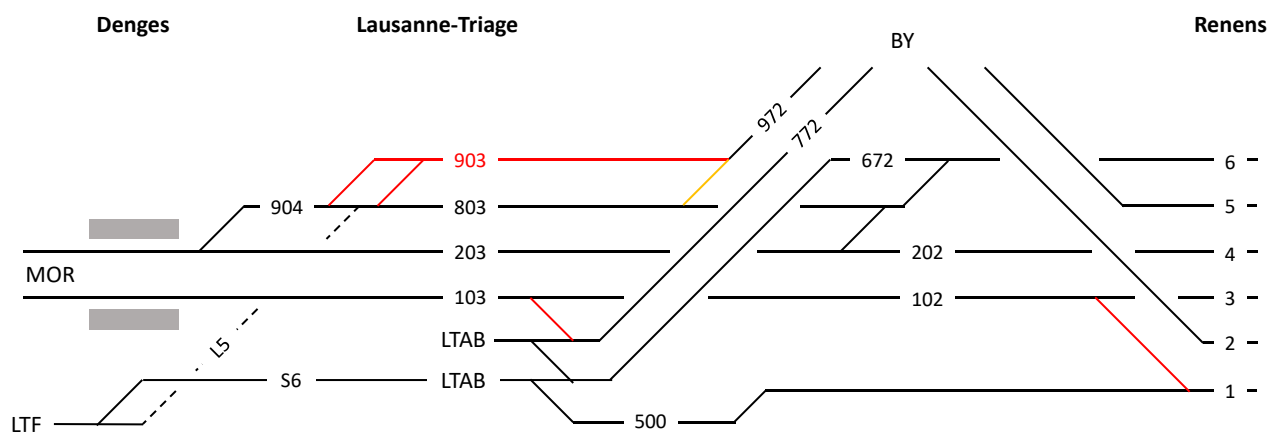


Figure 42 – SIF du tronçon Denges-Echandens – Renens

En gare de Renens, il est nécessaire de disposer de trois voies à quai par direction. D'autre part, la connexion vers la gare souterraine de Lausanne doit se faire depuis les voies centrales (figure 43). Le saut-de-mouton en cours de réalisation permet de trier les trains en provenance de Lausanne sur les bonnes voies à Renens.

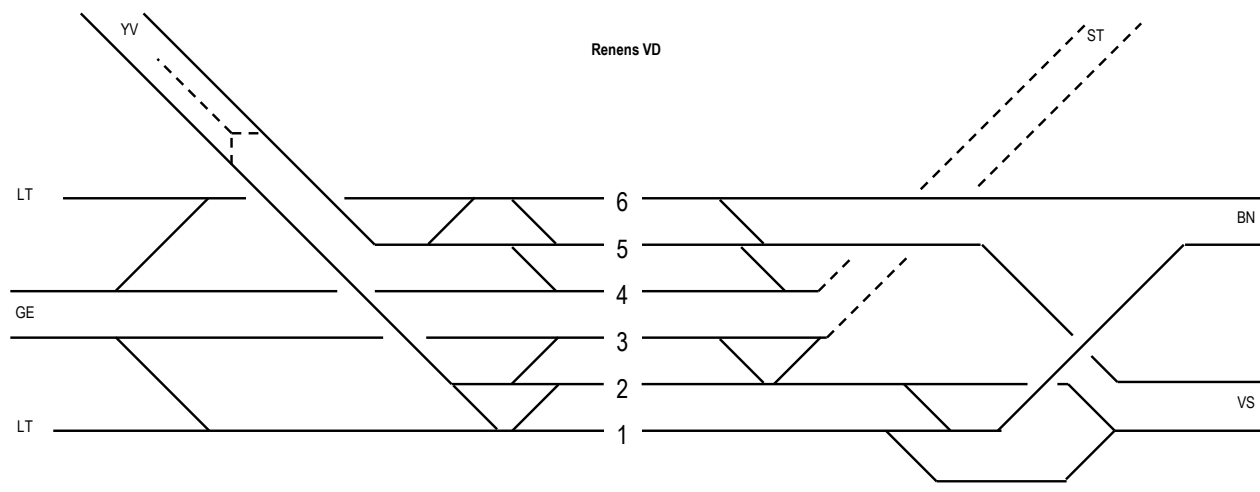


Figure 43 – SIF simplifié de la gare de Renens (sans les voies de service)

Sur la ligne historique, ce sont principalement les trains RE, au quart d'heure, qui structurent l'horaire (annexe A 5.5). Il n'est en effet pas possible par exemple de tracer des sillons fret sans les ralentir pour les caler entre les sillons RE. Ceci n'est toutefois pas trop problématique, car les trains marchandises n'ont pas besoin de s'arrêter pour se faire dépasser. Leur temps de parcours reste donc très performant.

La libération de capacité permise par la ligne nouvelle offre de nouvelles possibilités pour le RER. Il est notamment possible de prolonger le Léman Express jusqu'à Gland, ainsi que de rouvrir certaines haltes fermées à ce jour. Entre Morges et Allaman, la création d'une 3^e voie, tel que prévue dans PRODES 35 est avantageusement remplacé par la ligne nouvelle à double voie (3^e et 4^e voie).

Ligne du Plateau

Entre Lausanne et Romont (annexe A 5.6), et grâce à la création du tunnel Lausanne – Moudon – Romont, considéré comme un prérequis, l'horaire est relativement simple à construire, avec un nombre limité de trains. La seule difficulté réside dans le placement des trains RER, qui sont contraints sur d'autres lignes et dont la diamétralisation impacte la structure de l'horaire sur cette ligne.

A noter que l'étude horaire s'est limitée à Romont. La faisabilité de la structure au-delà de Romont reste donc à démontrer.

Ligne de la Broye longitudinale

Dans la Broye (annexe A 5.7), la structure est conditionnée avant tout par le placement des RER accéléré en provenance de Lausanne via le tunnel Lausanne – Moudon (considéré comme un prérequis). Ces trains se croisent en gare de Payerne et d'Avenches. Si ce sont bien des points de croisement existants sur la ligne à voie unique, l'insertion des sillons fret (permettant de délester la ligne du Pied-du-Jura) nécessite dans tous les cas un doublement de la ligne d'un bout à l'autre.

Le raccordement entre le tunnel Lausanne – Moudon et la ligne de la Broye doit se faire de façon dénivelée, comme représenté sur la Figure 44. En effet, l'horaire mis au point implique un croisement avec peu de marge des trains IC en direction de Fribourg et des trains de fret en provenance de la Broye. Il s'agit aussi de garantir la stabilité de l'exploitation.

A Moudon, le RER Lausanne – Moudon donne correspondance sur le RER accéléré pour continuer en direction de la Broye. Les deux voies existantes peuvent suffire avec l'horaire développé, mais une voie de rebroussement centrale avec quais des deux côtés (pour faciliter les correspondances) serait idéale.

Les sillons des RER de Fribourg et Berne n'ont pas été modifiés et sont repris ici tels quels de PRODES 35.

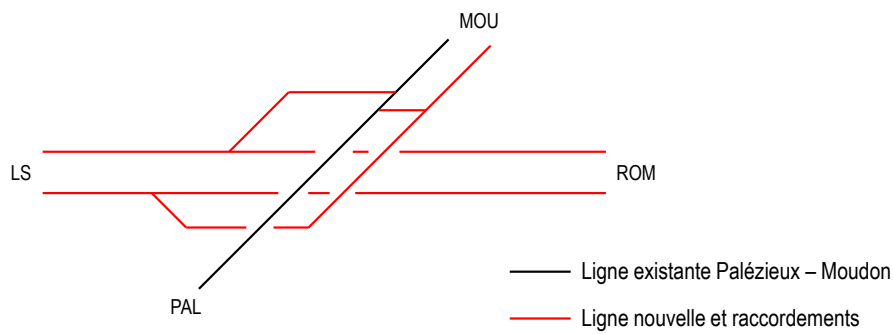


Figure 44 – SIF du raccordement de Moudon

7. Concept d'offre 2050 retenu

7.1. Schéma d'offre – Réseau principal

Rappel du schéma d'offre PRODES 35

Par rapport à la situation actuelle, l'offre PRODES 35 prévoit déjà une évolution de l'offre. Celle-ci est représentée à la figure 45. Chaque trait épais représente une **cadence à 30 minutes** et les cadences horaire sont représentées par des traits fins. D'autre part, les offres d'heures de pointe qui nécessitent une modification des sillons de base ne sont pas représentées.

Les éléments à relever sont :

- ☐ L'offre IC au $\frac{1}{4}$ h entre Lausanne et Genève.
- ☐ L'offre RE au $\frac{1}{4}$ h entre Lausanne et Genève.
- ☐ Le prolongement de l'offre RE à la $\frac{1}{2}$ h jusqu'à St-Maurice.
- ☐ La création du 3^e produit sur la ligne du plateau par le prolongement d'un RE de Genève jusqu'à Berne.
- ☐ La création d'une relation RER directe en heure de pointe entre Orbe et Lausanne.

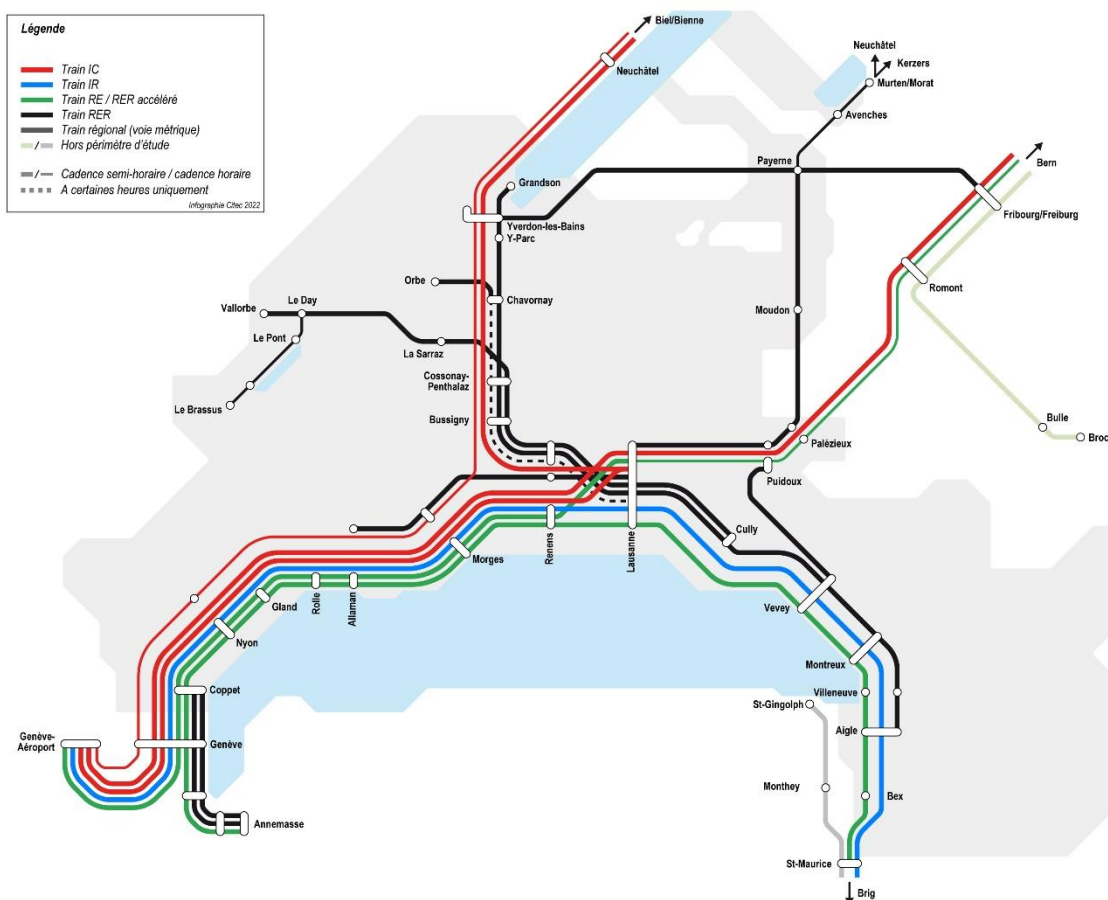


Figure 45 – Schéma d'offre PRODES 35 sur le réseau à voie normale

2050 – Relations grandes lignes (IC et IR)

Bien qu'hors du périmètre de compétence du canton de Vaud, des **hypothèses** ont dû être prises pour les relations grandes lignes, qui sont structurantes pour le reste de l'offre, notamment pour l'offre régionale qu'il est impossible de construire sans définir d'abord une structure d'offre nationale.

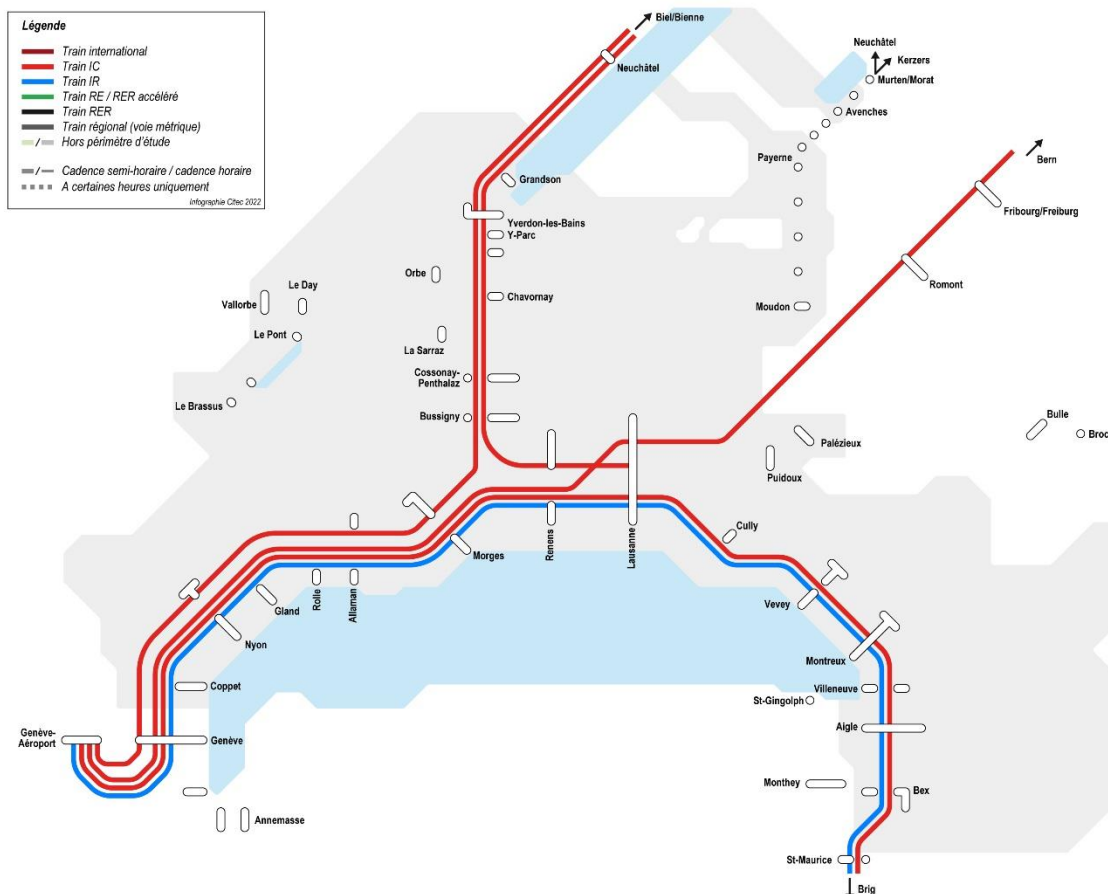


Figure 46 – Schéma d'offre 2050 - Grandes Lignes

Les principaux changements par rapport à l'offre PRODES 35 sont explicités ci-après (figure 46).

■ IC Lausanne – Berne (IC1)

Les trains IC Lausanne – Berne circulent via un nouveau tracé entre Lausanne et Romont (tunnel), ce qui permet de ramener le temps système à **45 minutes**. Ces trains sont ainsi calés dans le nœud 00/30 à Berne.

■ IC Lausanne – Neuchâtel (IC5)

Les trains IC Lausanne – Neuchâtel – Bienne (puis prolongement vers la suisse alémanique) **s'arrêtent à Renens**, ce qui est permis par la structure de l'horaire et la capacité en gare de Lausanne (desserte des Hautes Ecoles et délestage de la gare de Lausanne).

■ IC Genève – Neuchâtel (IC51 via bypass)

Les trains IC Genève – Neuchâtel – Bienne (puis prolongement vers la suisse alémanique) sont cadencés à la demi-heure avec desserte systématique de Morges et Nyon, permettant ainsi d'améliorer l'offre entre la Côte et le Nord Vaudois. Ceci permet de plus d'avoir une offre au ¼ h entre Genève, Nyon et Morges en combinaison avec les trains IR du Valais.

Les trains IC5 et IC51 circulent en batterie sur la ligne du Pied-du-Jura et se donnent correspondance à Bienne. Ceci permet le rétablissement des relations croisées, c'est-à-dire qu'un des trains de chaque branche circule en direction de Bâle et l'autre de Zürich, en reprenant la correspondance de l'autre train (sans que ce choix ne soit forcément arrêté à ce stade, ni même qu'il sera fait dans cette étude). Chaque heure les relations directes Lausanne – Bâle, Lausanne – Zürich, Genève – Bâle et Genève – Zürich sont proposées.

■ IC Genève – Brig (IC9)

Les trains IC Genève – Brig permettent de répondre aux souhaits d'accélération des trains sur la ligne du Simplon. Ces trains ne s'arrêtent pas à Vevey (imposé par les contraintes horaires), mais uniquement à Montreux, Aigle, Martigny, Sion et Viège. Ils sont cadencés au quart d'heure avec les IC1 de manière à conserver l'offre au ¼ h prévue dès 2035 entre Lausanne et Genève. Entre Lausanne et Genève, tous les trains grandes lignes circulent via la nouvelle ligne.

2050 – Relations RE et RER accélérés

Les trains RE et RER accélérés constituent l'ossature du réseau ferré cantonal et doivent donc à terme desservir l'ensemble du canton. Ils doivent notamment relier, dans la mesure du possible, les principaux centres régionaux entre eux. Certaines relations manquantes actuellement sont donc à créer.

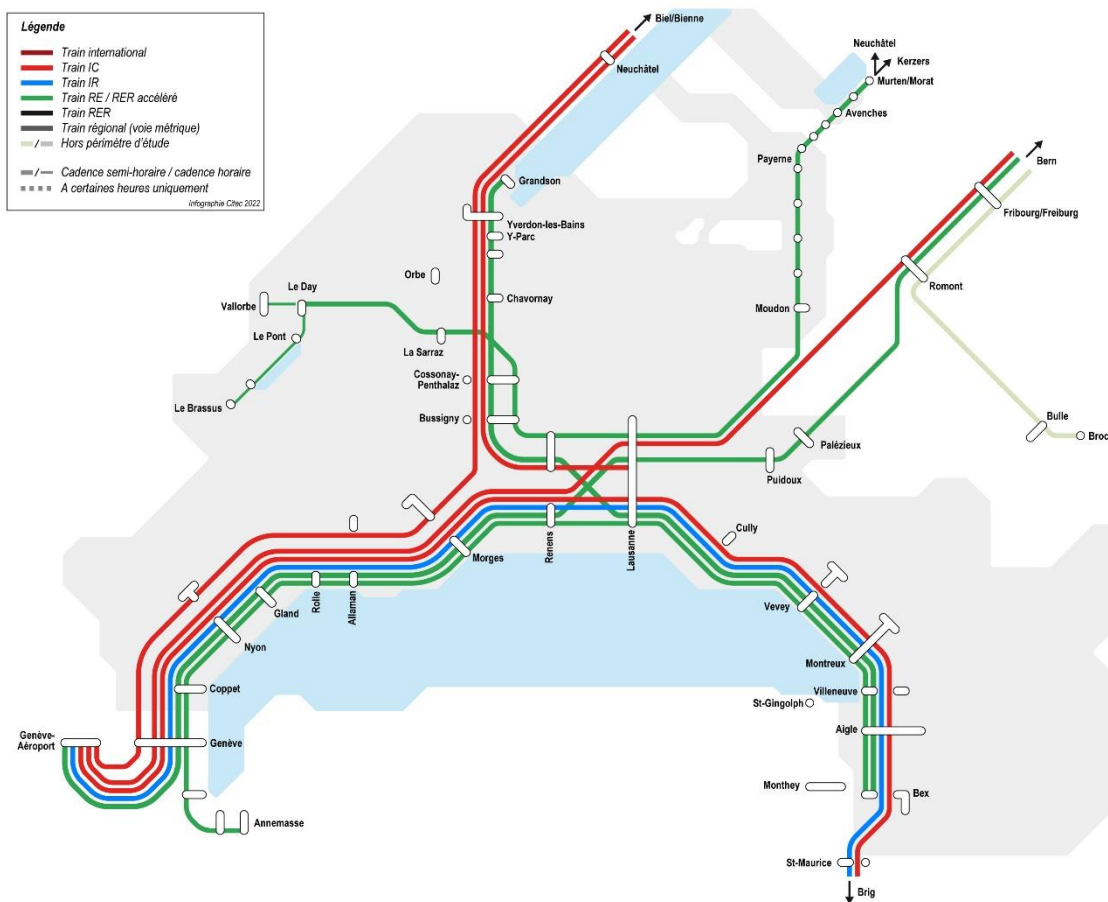


Figure 47 – Schéma d'offre 2050 - RE et RER accélérés (en plus des grandes lignes)

Tenant compte de cet objectif, les principaux changements par rapport à l'offre PRODES 35 sont les suivantes (figure 47) :

■ RE Lausanne – Berne

Le RE Lausanne – Berne passe à la cadence 30 minutes. Afin de conserver une desserte de qualité à Palézieux, ces trains continuent de circuler via la ligne actuelle. En effet, les autres trains Grandes Lignes circulent via le tunnel Lausanne – Romont et ne desservent pas Palézieux.

■ Nouveau RE Grandson – Bex

L'ajout d'un RE Grandson – Bex, cadencé à la demi-heure, permet d'offrir une relation directe (sans changement) entre le Nord Vaudois et la Riviera/Chablais (remarque : une telle relation existait dans les années 80-90). Cette nouvelle offre permet :

- de rétablir la relation rapide entre Yverdon-les-Bains et Lausanne (S5 actuel) qui disparaît dans l'offre PRODES 35 ;
- de créer une offre RE cadencée au 1/4h entre Lausanne et Bex : les trains RE sont limités à Bex pour une question de capacité et de temps de rebroussement en gare de St-Maurice (la relation Bex – St-Maurice est assurée par l'offre RER qui peut être prolongée jusqu'à St-Maurice – cf. ci-après) ;
- d'augmenter la capacité de transport (et ainsi répondre à la demande) et la qualité de la desserte en l'amenant à un niveau équivalent sur l'ensemble de l'arc lémanique.

■ Trains RER accélérés dans la Broye

L'amélioration de la desserte de la Broye est permise par des trains RER accélérés, cadencés à la demi-heure et qui circulent via le nouveau tunnel et mettent ainsi Moudon à seulement 12 minutes de Lausanne (au lieu des 38 minutes actuelles). Au-delà, ces trains desservent toutes les gares de la ligne de la Broye jusqu'à Morat, avec pour chaque gare le gain d'au moins 26 minutes. Ces trains sont diamétralisés jusqu'à Renens, voire jusqu'à Vallorbe (cf. point suivant), ce qui facilite l'accès aux Hautes Ecoles pour les broyards.

■ Trains RER accélérés entre Le Brassus/Vallorbe et Lausanne.

Une nouvelle relation rapide est ajoutée entre Le Brassus/Vallorbe et Lausanne. Ces trains ne s'arrêtent qu'à La Sarraz, Cossonay, Bussigny et Renens. Ils sont dans la continuité de ceux de la Broye, créant *de facto* une relation directe entre le Pied-du-Jura et la Broye. Une fois par heure, le train rebrousse au Day pour desservir la Vallée-de-Joux en créant ainsi chaque heure une deuxième relation dans la Vallée-de-Joux (en plus du train RER) ainsi qu'une seconde relation directe de/pour Lausanne. Au vu de la relativement faible demande, mais également du partage de capacité de ces trains avec le trafic marchandises et TGV, cette offre n'est envisagée qu'aux heures de pointe.

2050 – Relations RER

Les trains RER assurent la desserte fine du territoire cantonal et une desserte urbaine dans les différentes agglomérations. Globalement, l'offre PRODES 35 est reconduite **en systématisant**, sauf exceptions (Territet et Veytaux-Chillon), **la desserte à la demi-heure**. En fonction des modifications d'offre présentées précédemment, les adaptations suivantes sont à mentionner (figure 48, qui est à comparer avec la figure 45 qui montre le schéma d'offre PRODES 35) :

- Prolongement d'Aigle à St-Maurice du RER desservant le Chablais
- Limitation au parcours Lausanne – Moudon du RER desservant la Haute-Broye (Palézieux – Moudon)

Ce dernier train est en correspondance à Moudon avec les RER accélérés pour permettre la continuité jusqu'à Payerne et Avenches. Il reprend la desserte des haltes situées entre Lausanne et Palézieux. Les haltes situées entre Moudon et Palézieux sont donc pénalisées pour les relations vers Lausanne. Cette dégradation de la qualité

de l'offre est cependant largement compensée par l'amélioration offerte à toutes les gares situées au-delà de Moudon (centre régionaux et cantonal) qui bénéficient d'un temps de parcours réduit avec le RER accéléré.

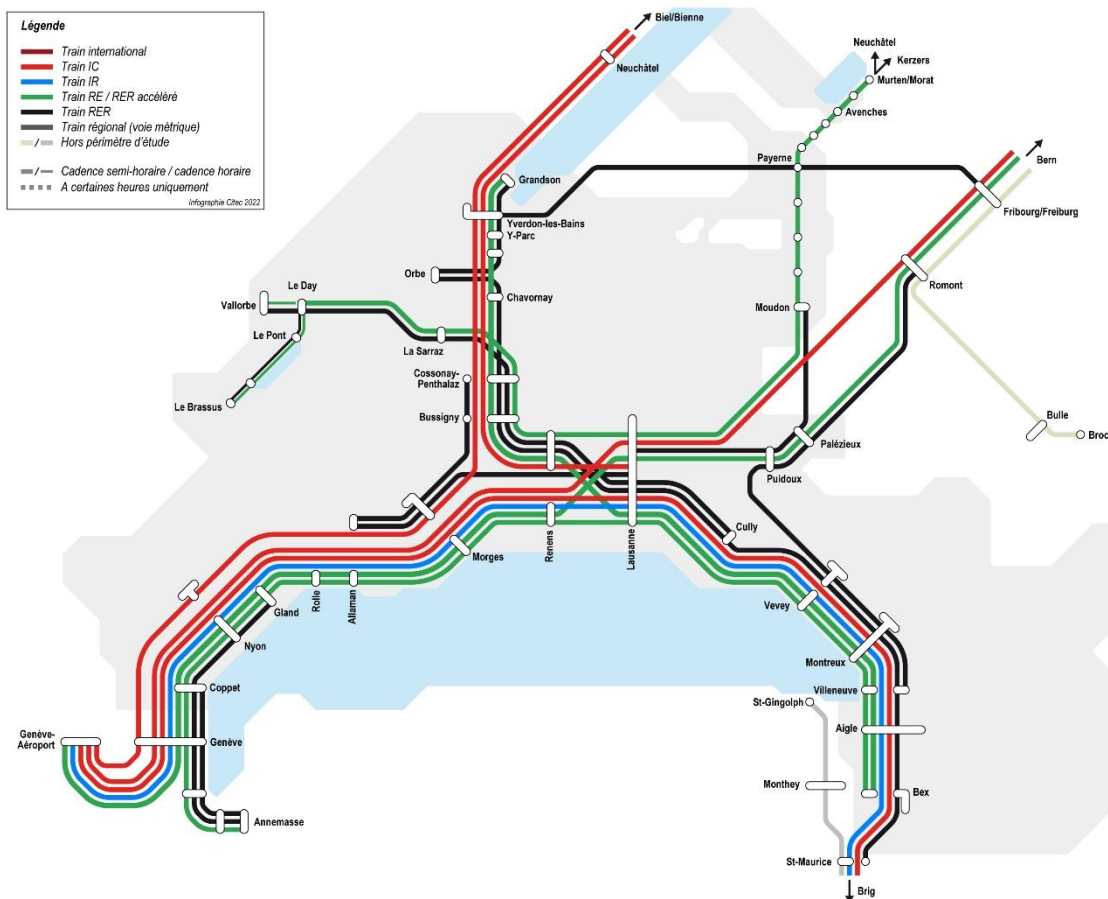


Figure 48 – Schéma d'offre 2050 – RER (en plus des grandes lignes, RE et RER accélérés)

- Report du terminus du RER de Grandson à Orbe, permettant ainsi de systématiser, toutes les 30 minutes, les relations directes

Cette modification est rendue possible par les relations RE reprenant les relations entre Lausanne et le Nord Vaudois.

D'autre part, les principaux changements ou nouveautés par rapport à l'offre PRODES 35 sont les suivantes :

- LEX prolongé jusqu'à Gland

Le Léman Express est prolongé à la demi-heure de Coppet jusqu'à Gland avec réouverture des haltes actuellement non desservies entre Coppet et Nyon (Founex, Céligny, Crans). Cette desserte est rendue possible par l'augmentation de capacité créée par la nouvelle ligne Lausanne – Genève sur laquelle circulent tous les trains grandes lignes.

- Liaison tangentielle Allaman – Cossonay-Penthalaz

L'ajout d'une nouvelle ligne tangentielle entre Allaman et Cossonay-Penthalaz permet de créer une offre cadencée au ¼ h entre Allaman et Denges-Echandens. A Cossonay-Penthalaz, la correspondance avec le RE de/pour Yverdon est assurée. Cette ligne répond à l'objectif de relation tangentielle, en connectant deux bassins importants du Canton. Il n'est pas possible d'aller au-delà de Cossonay-Penthalaz pour des questions de capacité sur la ligne du Pied-du-Jura.

■ Liaison tangentielle Villeneuve – Romont

Le prolongement de la ligne du train des Vignes, au sud jusqu'à Villeneuve et au nord jusqu'à Romont, crée une relation directe entre la Glâne et la Riviera. Le prolongement jusqu'à Villeneuve permet de créer une offre cadencée au ¼ h entre Vevey et Villeneuve.

■ Relation Orbe – Grandson

Une nouvelle ligne est créée entre Orbe et Grandson via un nouveau raccordement à construire à Chavornay. Cette ligne permet de créer un RER Nord-Vaudois liant les deux principales localités et desservant l'Y-Parc. Elle permet de plus de créer une offre cadencée au ¼ h entre Y-Parc et Grandson (avec le RE). Ces trains ne peuvent toutefois pas desservir Chavornay, qui se situe du mauvais côté du raccordement.

Relations internationales

Par sa position au cœur de l'Europe, il est important que le canton soit relié aux différentes capitales européennes. Le schéma d'offre proposé permet de maintenir les relations actuelles, mais également de développer l'offre. Aucune modélisation de la demande n'a été faite pour les relations internationales, mais les propositions sont en cohérence avec l'étude spécifique réalisée par sma⁹ sur le sujet.

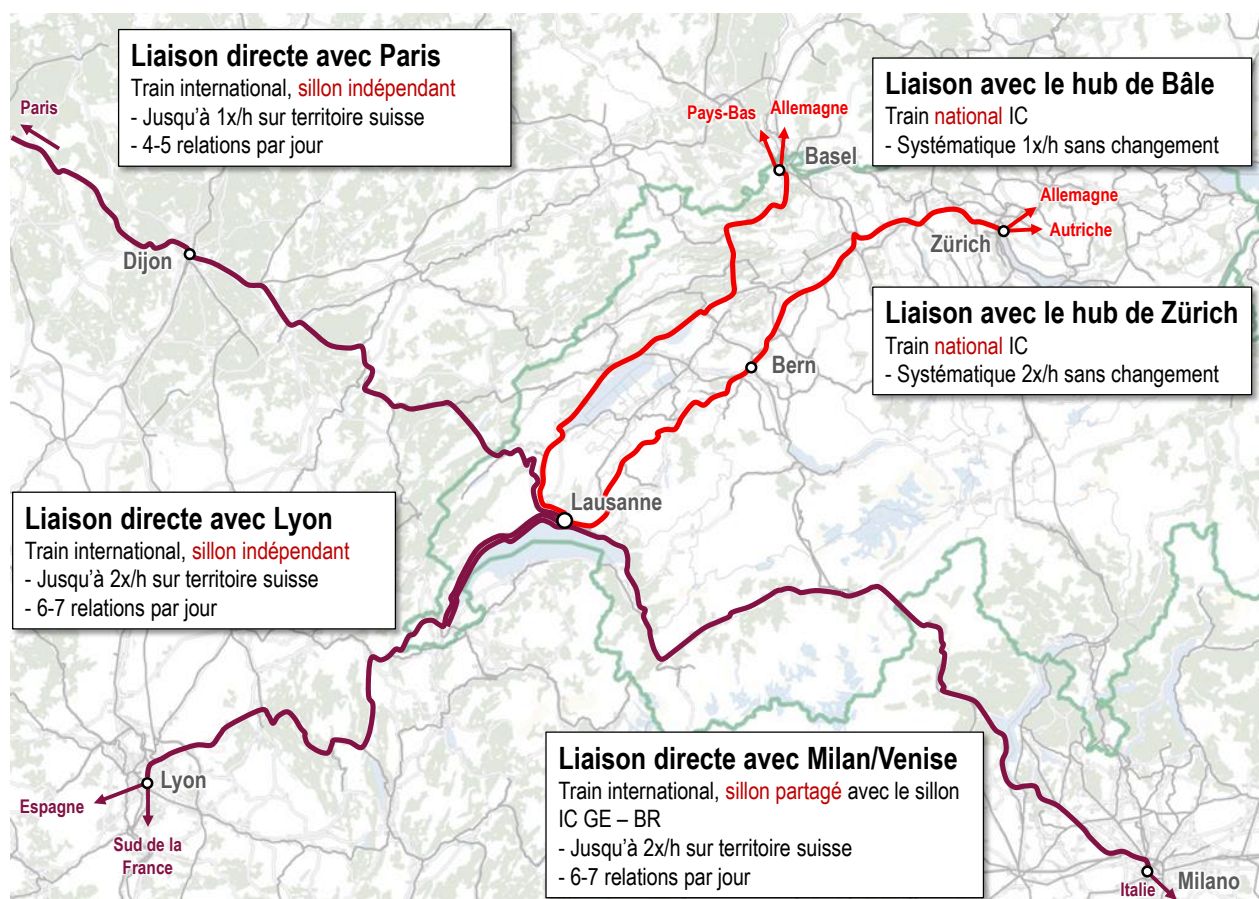


Figure 49 – Schéma d'offre 2050 - Relations internationales

Les relations possibles sont les suivantes (figure 49) :

⁹ Vision 2050 – Relations ferroviaires internationales, sma, 2022

- **Maintien des liaisons directes avec Milan/Venise.**
 - En raison de la capacité qui reste limitée entre Vevey et Villeneuve, le sillon est partagé avec celui du train IC de la ligne du Simplon. Sans partage du sillon, l'insertion du train international nécessiterait une trop grande dégradation de l'offre régionale. L'accroche du sillon côté italien a aussi été vérifié.
- **Maintien du sillon TGV Lausanne – Paris via Vallorbe et Dijon.**
 - Le sillon est indépendant de l'offre systématique, mais en partage de capacité avec le trafic marchandises et le RER accéléré. Cela ne pose pas de problème car le trafic marchandises restera limité sur cette ligne et le RER accéléré n'est prévu qu'aux heures de pointe.
 - Les accroches du sillon côté français sont quasi-identiques aux actuelles et à celles de PRODES 35.
- **Possibilité de créer des relations directes entre Lausanne et Lyon** voir au-delà pour les relations en direction du sud de la France et de l'Espagne.
 - Entre Lausanne et Genève, les sillons sont totalement indépendants des sillons nationaux. Ils viennent en doublure des sillons IC et peuvent donc être tracés tous les ¼ h. La continuité côté français est donc quasiment garantie, puisqu'une légère détente au transit à Genève permet le cas échéant de se raccorder sur le sillon Genève – Lyon.
 - Ces sillons peuvent également être utilisés par les TGV Paris – Lausanne via Genève.
- **Accès au hub de Bâle** permis par le rétablissement de la relation nationale directe sans changement entre Lausanne et Bâle.
 - Des trains directs (par exemple Lausanne – Berlin) ne sont pas proposés ici, car ce type de trains sont généralement déjà en transit à Bâle, mais vers d'autres régions suisses. Il est difficile de multiplier les origines/destinations, c'est pourquoi la solution d'un rabattement sur le hub est préférée.
- **Accès au hub de Zürich 2x/h** via la relation nationale InterCity directe.
 - La même remarque que pour le hub de Bâle s'applique.

7.2. Intégration des besoins du trafic fret

Le trafic marchandises est essentiel pour le développement économique du Canton. De plus, la position du réseau ferré vaudois au cœur de la Suisse romande nécessite de garantir des capacités pour répondre notamment aux besoins des cantons de Genève et du Valais.

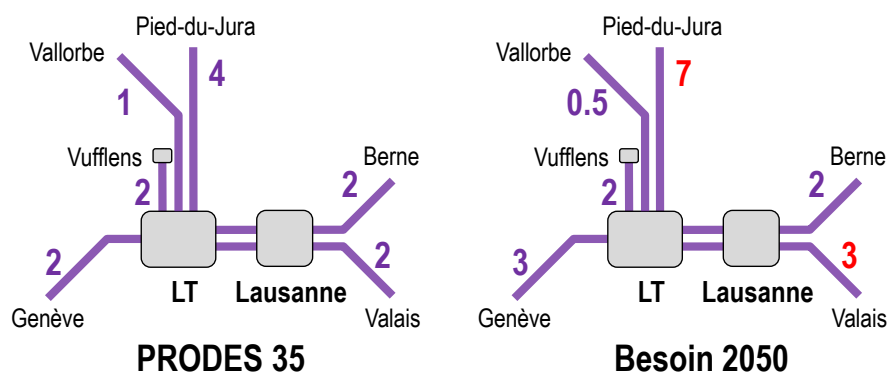


Figure 50 – Sillons fret prévus dans PRODES 35 et besoins 2050 (sans distinction du type de train)

Les besoins à l'horizon 2050 ont été déterminés dans une étude parallèle confiée à Infras et sma. Les hypothèses d'évolution du trafic, couplées avec le calcul d'un tonnage moyen par train (y compris amélioration de la productivité avec augmentation du tonnage moyen lorsque c'est pertinent et possible), ont permis de calculer ces besoins.

Les schémas présentés à la figure 50 permettent de comparer les sillons prévus dans PRODES 35 et ceux nécessaires à l'horizon 2050. Il s'agit de valeurs regroupant les sillons express et standard, sans distinction.

Les infrastructures existantes, ainsi que les aménagements d'ores et déjà prévus pour les besoins de l'offre voyageurs permettent de répondre au besoin sur trois des axes à savoir :

- Ligne Lausanne – Genève : la nouvelle ligne permet de dégager 4 sillons/h qui sont ainsi disponibles sur la ligne actuelle délestée des trains grandes lignes. Les sillons sont tous tracés à la même vitesse (pas de sillons express), car les sillons RE contraignent l'insertion, mais aucun arrêt pour dépassement n'est nécessaire, ce qui confère un temps de parcours inférieur à l'actuel.
- Ligne du Plateau : le besoin en nombre de sillons n'évolue pas et les aménagements existants sont suffisant pour garantir la capacité nécessaire.
- Ligne de Vallorbe : la demande est très faible et les perspectives d'évolution sont quasiment inexistantes. Bien que le sillon marchandises soit en partage de capacité avec le sillon TGV, respectivement le sillon RER accéléré, le nombre de sillons offerts est largement suffisant pour répondre à la demande, même à l'horizon 2050.

En revanche, **deux axes ne permettent pas de répondre tels quels à la demande** :

- Ligne du Simplon : en raison de la capacité limitée entre Vevey et Villeneuve, l'offre est limitée à 2 sillons par heure et par sens.
 - La capacité ainsi offerte est cependant suffisante à condition d'augmenter la productivité des trains ainsi qu'en les répartissant de manière plus homogène tout au long de la journée.
 - L'augmentation de productivité est possible et se concrétise par l'augmentation du tonnage des trains.
- Ligne du Pied-du-Jura : la capacité de la ligne est totalement **insuffisante**.
 - Le quasiment doublement du besoin en sillons ne peut pas être satisfait sans **de très importants investissements** (doublement de la ligne) tant sur le canton de Vaud qu'au-delà dans les cantons de Neuchâtel et de Berne.
 - Une **solution envisageable** consiste à utiliser la ligne de la Broye longitudinale jusqu'à Soleure pour le transit des sillons marchandises est-ouest. Selon Infras, la moitié des sillons nécessaires ne font que transiter entre Lausanne-Triage et Soleure et peuvent donc être déviés par un autre itinéraire que celui du Pied-du-Jura. Les autres desservent les sites industrielles et logistiques implantés sur la ligne du Pied-du-Jura (Poste à Daillens et Eclépens notamment) et doivent donc être maintenu via l'itinéraire actuel.
 - Cette solution permet des **synergies intéressantes avec les besoins exprimés pour le trafic grandes lignes ainsi que pour le RER**. Les déclivités entre Lausanne et Moudon via l'itinéraire actuel ne sont pas compatibles avec la productivité du trafic marchandises, le transit des trains de marchandises doit donc se faire via le nouveau tunnel Lausanne – Romont. Le tunnel trouve ainsi sa justification par l'accélération des relations IC Lausanne – Berne, le désenclavement de la Broye (accélération du RER) ainsi que par le transit d'une partie des sillons marchandises est-ouest via la ligne de la Broye

- En plus du nouveau tunnel, cette solution nécessite des aménagements complémentaires mais **évite des ouvrages très lourds et coûteux pour augmenter la capacité, notamment en traversée d'Yverdon-les-Bains, Neuchâtel et Bienne**. Les aménagements concernent :
 - le doublement de la ligne de la Broye longitudinale ;
 - la suppression de certains conflits, notamment à Kerzers au croisement avec la ligne Berne – Neuchâtel ;
 - la création d'un raccordement à Lyss en direction de la ligne de Soleure avec croisement dénivelé de la ligne Berne – Bienne ;
 - la réouverture et la réhabilitation de la ligne, actuellement fermée entre Büren-an-der-Aare et Soleure.
- Cependant, cette solution offre plusieurs avantages :
 - une ligne de plaine (déclivités limitées à 12 ‰) de Lausanne à Soleure ;
 - un itinéraire alternatif totalement indépendant de l'axe Nord-Sud du Lötschberg ;
 - permet toujours la desserte des centres logistiques situés entre Soleure et Olten (Egerkingen / Härkingen / Hägendorf).

Remarque sur le projet Cargo sous terrain (CST)

Les premières études menées sur l'analyse des besoins ont démontré un taux de cannibalisation d'environ 10% du trafic fret par le rail vers le nouveau système de transport CST. En l'état, l'hypothèse a été prise de considérer le projet CST comme peu impactant sur le dimensionnement des besoins en transport par le rail pour l'horizon 2050. Ce nouveau mode de transport serait surtout complémentaire au développement du rail pour assurer un report modal du transport marchandises sur les modes respectueux du climat.

7.3. Schéma d'offre – Réseau à voie métrique

Les différentes lignes à voie métrique irriguent les régions périphériques et touristiques. Des développements d'offre sont prévus dans le cadre de PRODES 35. Les changements proposés pour 2050 (figure 51) par rapport à l'offre PRODES 35 nécessitent la création de nouvelles infrastructures, qui ont été étudiées par les entreprises dans le cadre des études d'opportunité et qui figurent pour la plupart dans les planifications de développement des lignes. Les principaux changements sont décrits ci-après :

MBC

La création d'un raccordement à Apples permet des **relations directes entre Morges et L'Isle**. Les trains L'Isle – Morges créent avec les trains de Bière une offre cadencée au ¼ h entre Apples et Morges.

LEB

La création d'une **nouvelle ligne LEB Cheseaux – Renens** facilite les relations entre le Gros-de-Vaud et l'Ouest lausannois. Les prévisions de la demande permettent d'envisager une cadence aux 10 minutes, tant sur la branche de Lausanne que sur celle de Renens. La desserte envisagée prévoit des relations directes équitablement réparties entre Echallens et respectivement Renens et Lausanne. Un prolongement ultérieur jusqu'aux Hautes-Ecoles a également été envisagé, mais non retenu à ce stade car une étude portant sur le m1 est en cours. Cette nouvelle infrastructure ainsi que l'offre associée permettent également :

- de décharger la ligne actuelle entre Cheseaux et Lausanne et donc de limiter les investissements qui seraient nécessaires pour augmenter l'offre à l'horizon 2050 ;
- de décharger le nœud de Lausanne et le métro entre les gares lausannoises ;
- d'améliorer les relations entre le Gros-de-Vaud et quasiment toutes les autres régions vaudoises, y compris la Riviera car cela permet de supprimer la double rupture de charge actuelle induite par la configuration des infrastructures à Lausanne (nécessité d'utiliser le métro pour aller du Flon à la gare CFF, alors que la liaison avec Renens permet une correspondance directe sur le réseau principal).

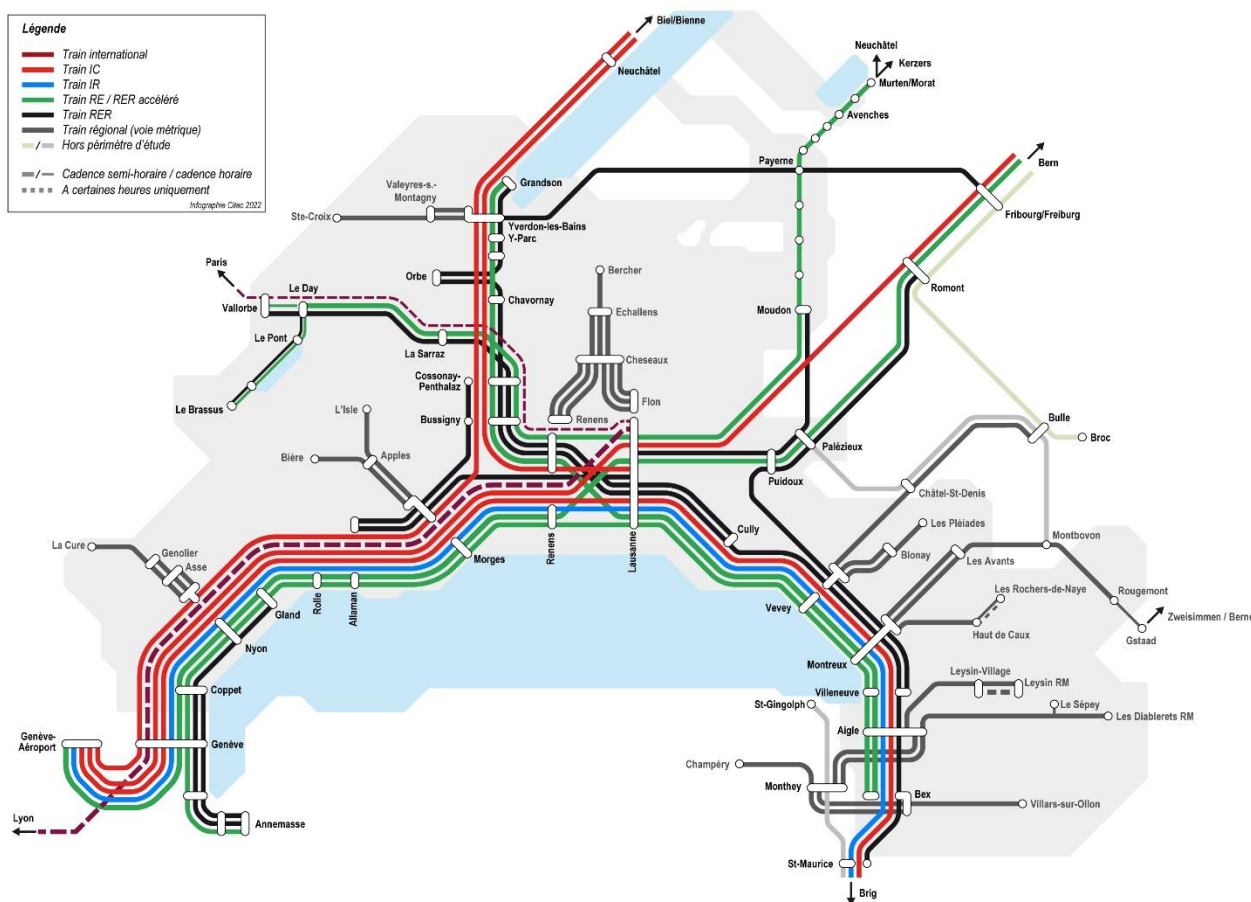


Figure 51 – Schéma d'offre 2050 - Réseau à voie métrique (en plus du réseau principal)

TPC

La création d'une **nouvelle ligne TPC entre Bex et Monthey** permet de relier ces deux villes de l'agglomération Chablais, mais également de raccorder la ligne BVB au reste du réseau TPC, renforçant ainsi son unité. La desserte envisagée est une cadence au $\frac{1}{4}$ h (superposition des lignes Champéry – Bex et Monthey – Villars) créant ainsi une offre de type RER au même titre que l'offre d'ores et déjà prévue entre Aigle et Monthey. Cette nouvelle infrastructure ainsi que l'offre associée permettent également d'améliorer le raccordement de Monthey sur la ligne du Simplon car le temps de parcours de/ pour la Riviera et Lausanne via Bex sera autant voire plus concurrentiel que via Aigle.

MVR

La reconstruction d'une **ligne entre Vevey et Châtel-St-Denis** permet de créer des relations directes entre Bulle et Vevey, et ainsi relier la Riviera et la Gruyère. Entre Bulle et Châtel-St-Denis, ces relations sont accélérées et se superposent à l'offre régionale existante.

8. Adéquation de l'offre à la demande 2050

Une fois le schéma d'offre 2050 défini, il est nécessaire de vérifier qu'il permet de répondre à la demande et qu'il est robuste vis-à-vis des évolutions possibles de la demande liées à la mise en œuvre ces 30 prochaines années du plan climat ainsi qu'aux évolutions des comportements sociétaux.

Cette vérification permet ainsi de « reboucler » avec les premières estimations du nombre de trains nécessaires sur chaque axe (chapitre 6.4) qui, pour rappel, se basaient sur le schéma d'offre 2035.

8.1. Scénarios d'évolution de la demande

L'étude devait tout d'abord se concentrer sur un scénario dit « de base » puis prendre en compte des scénarios alternatifs issus d'une étude parallèle réalisée par EBP¹⁰. Le scénario de base est le scénario dimensionnant qui a été utilisé pour définir l'offre cible 2050. Les deux autres scénarios ont permis de réaliser des « stress-tests » afin de déterminer si les offres prévues ainsi que les aménagements associés étaient toujours nécessaires et suffisants dans le cas où les comportements de mobilités évoluaient différemment.

En plus du scénario de base, deux scénarios d'évolution des comportements tirés de l'étude parallèle sont considérés (figure 52). Le scénario « **efficience** » considère une prise de conscience collective que l'intervention de l'Etat est nécessaire pour atteindre les objectifs de neutralité carbone. La population accepte de telles interventions étatiques sans limiter ses déplacements. L'autre scénario alternatif, « **sobriété** », hypothétise qu'une partie conséquente de la population exige une intervention de l'Etat. Les déplacements en TIM sont fortement taxés et restreints. La population réduit ces déplacements.

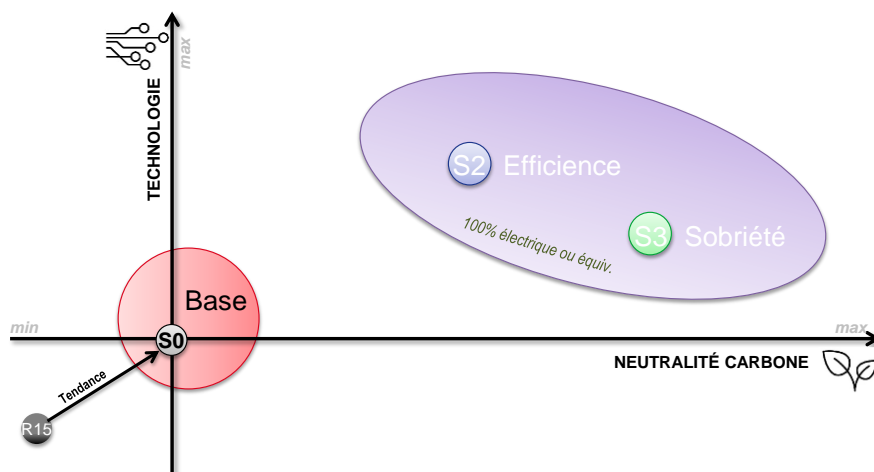


Figure 52 – Scénarios d'évolution de la demande¹⁰

Pour rappel, les paramètres qui ont été pris en compte dans le scénario de base, pour l'horizon 2050, sont décrits ci-après.

¹⁰ Perspectives mobilité 2050 pour le canton de Vaud, EBP, 2021-2022

Population

Selon les prévisions de Stat-VD, la population vaudoise en 2050 atteindra **1.045 millions d'habitants**. Les données prises en compte tiennent compte de l'évolution dans chaque zone définie pour le modèle de demande et donnent la répartition par tranche d'âge car les besoins en mobilité évoluent avec l'âge

Ainsi, l'augmentation de la demande n'est pas totalement proportionnelle à l'augmentation de la population et doit être modulée en fonction des tranches d'âges. Une population vieillissante se déplace moins qu'une population jeune et active.

Télétravail

Depuis la crise sanitaire, le télétravail est mieux accepté dans les entreprises et une évolution positive du taux de télétravail devrait se poursuivre.

Tous les emplois ne se prêtent toutefois pas au télétravail. Ainsi seuls les emplois du tertiaire sont pris en compte avec une hypothèse que seuls 50 % des personnes concernées feront 2 jours de télétravail par semaine.

Cette hypothèse conduit à une **réduction de seulement 5%** du total des déplacements des actifs.

Transition générationnelle

L'analyse de l'évolution des comportements sur ces 20 dernières années montre que les personnes gardent en partie les habitudes de déplacement prises dans leur jeunesse. Or, les jeunes d'aujourd'hui qui seront les actifs de 2050 utilisent proportionnellement plus les transports publics que leurs aînés et sont moins dépendants de la voiture.

L'hypothèse est donc faite d'une conservation des habitudes et donc d'une augmentation de la part modale TC dans les déplacements des actifs à l'horizon 2050.

Impact de l'amélioration de l'offre

L'amélioration des cadences et des temps de parcours sont pris en compte sur la base des élasticités usuellement prises en compte dans ce type d'étude.

8.2. Plan de charges 2050 (scénario de base)

Les paramètres présentés ci-avant ont chacun leur impact sur l'évolution de la demande (nombre de déplacements) :

- | | |
|---|-------|
| — Croissance de population | +26% |
| — Evolution des comportements de mobilité | +19% |
| — Amélioration des fréquences | +17%. |
| — Amélioration des temps de parcours | +20% |

Ces quatre facteurs cumulés entraînent une **multiplication du nombre de déplacements en train en lien avec le canton de Vaud par 2.08**, ce qui donne le plan de charge présenté en figure 53 pour 2050.

A noter que dans le calcul du scénario tendanciel, seule la méthode des élasticités est utilisée dans la prise en compte de l'offre actualisée, même pour les nouvelles liaisons. Ainsi, il se peut que la charge sur certaines nouvelles liaisons (Renens – Cheseaux par exemple) soit sous-estimée.

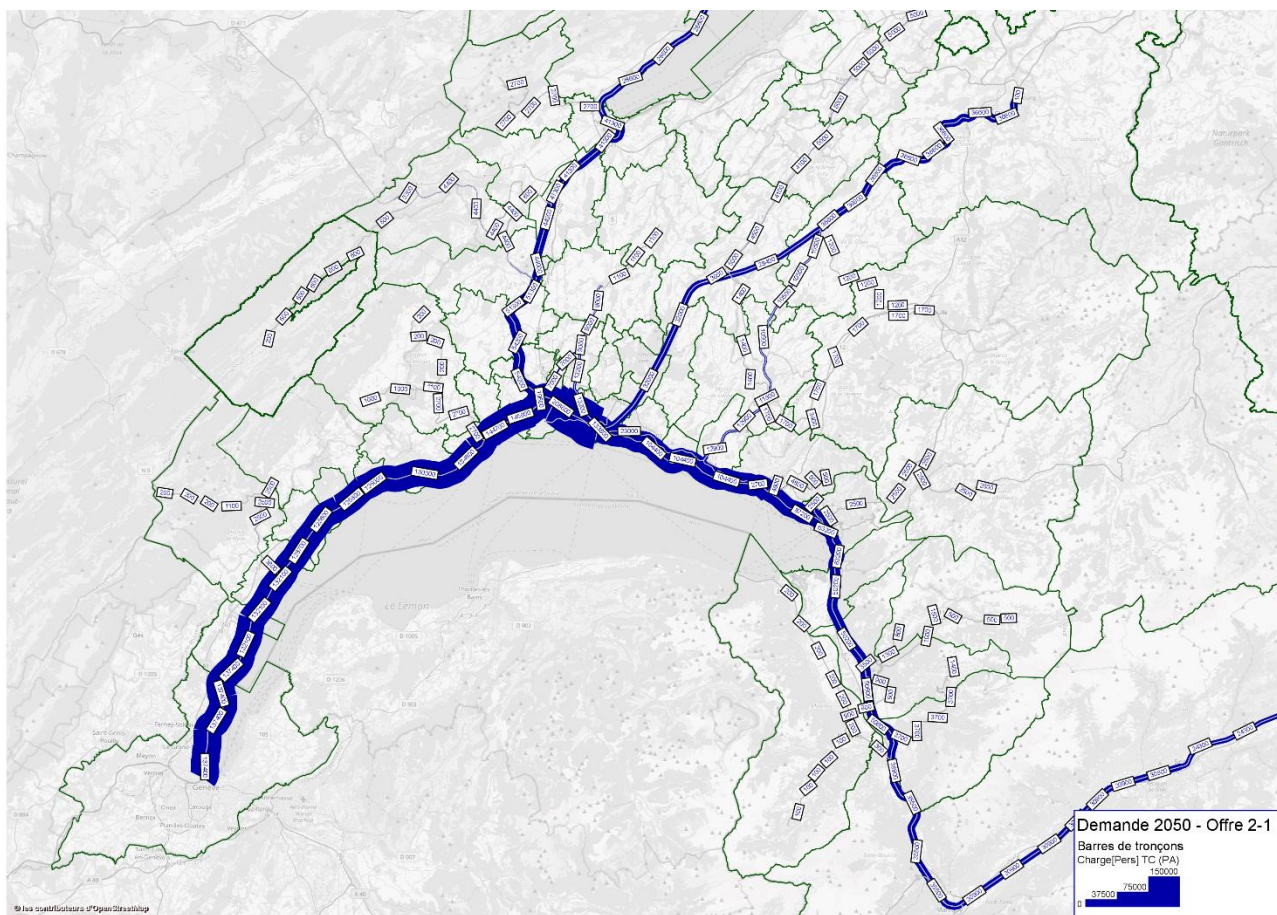


Figure 53 – Plan de charge 2050, JOM – scénario tendanciel

8.3. Comparaison offre/demande

Avec l'offre PRODES 2035

La figure 54 présente l'adéquation entre la demande et l'offre exprimée en nombre de places offertes dans les trains planifiés dans l'horaire 2035.

Les histogrammes présentent pour cinq écrans, placés sur les principales lignes, la demande 2019 (gris), la demande 2050 calculée selon le modèle national ARE (rouge) et la demande 2050 calculée pour le scénario de base de l'étude vaudoise, mais sur la base de l'offre 2035 (vert).

Les traits horizontaux indiquent la capacité maximum en places assises offertes dans les trains (trait plein) et pour un taux de remplissage de 70 % (traitillé). Cette valeur est la **valeur de dimensionnement**. Un dimensionnement à 70 % permet de tenir compte des fluctuations journalières et saisonnières car les valeurs de la demande sont des moyennes annuelles.

Le dimensionnement tient compte de la capacité maximum offerte par les trains les plus longs possible pour chaque catégorie de trains, selon les hypothèses du chapitre 2.2. La valeur ainsi calculée est une valeur maximale qui peut être supérieure à l'offre qui sera réellement mise en place à l'horizon 2050.

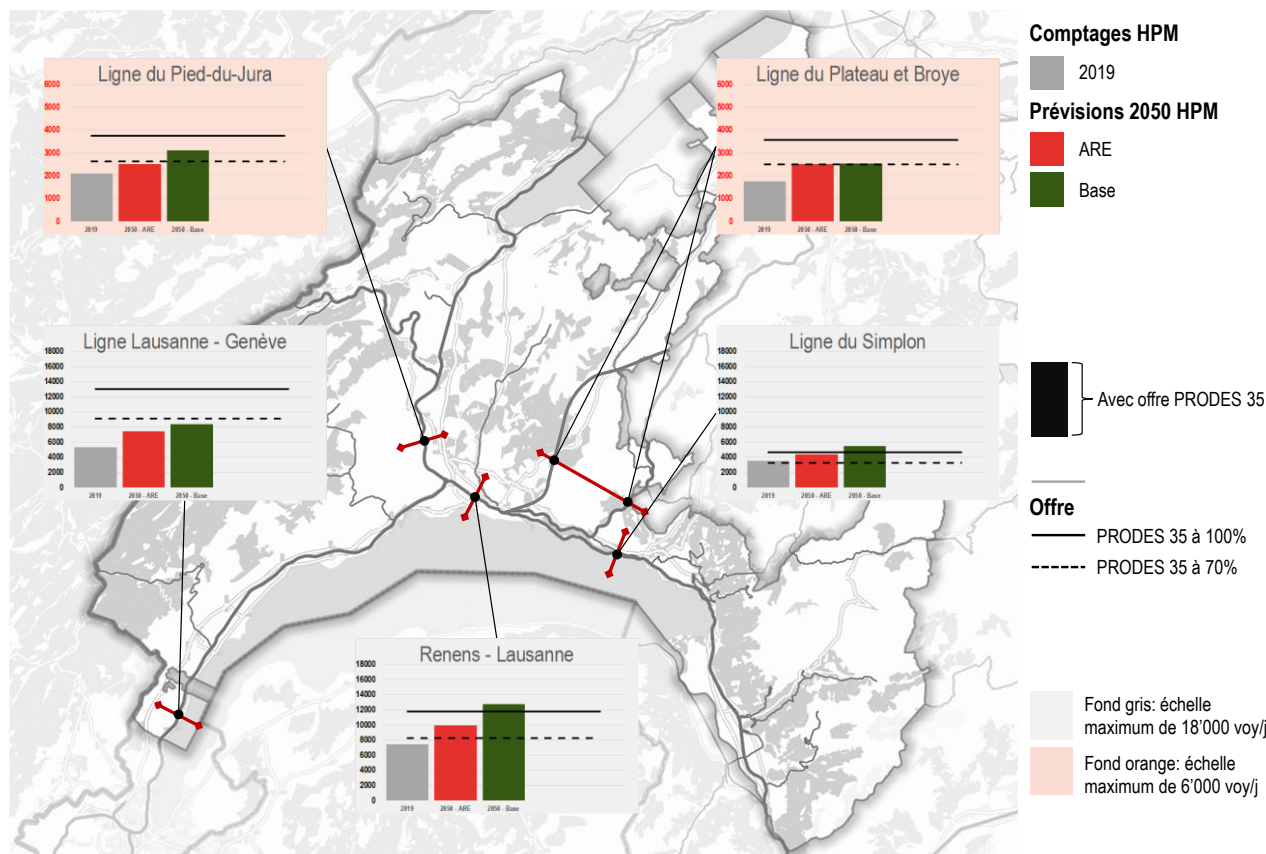


Figure 54 – Comparaison entre la demande 2050 et l'offre PRODES 2035

La capacité de l'offre PRODES 35 sera ainsi totalement dépassée (au-delà de 100 %) sur la ligne du Simplon ainsi qu'au cœur de l'agglomération lausannoise entre Lausanne et Renens.

Hormis sur la ligne Lausanne – Genève, la demande dépasse partout les 70 % de capacité offerte.

Ainsi globalement l'offre PRODES 35 n'est pas suffisante, l'évolution de l'offre présentée précédemment est donc justifiée.

Avec le concept d'offre 2050

La figure 55 reprend les éléments de la figure précédente avec les ajouts et modifications suivantes :

- Les traits horizontaux présentent maintenant la capacité offerte en places assises calculée sur la base de l'offre 2050 proposée. Comme précédemment, les valeurs 100 et 70 % sont indiquées.
 - Le dimensionnement à 70 % est conservé comme **valeur cible**, mais tenant compte de l'augmentation de l'offre, une meilleure répartition des voyageurs dans les trains permet d'envisager un taux de remplissage un peu plus important.
 - Le dimensionnement de la capacité tient, ici aussi, compte de la capacité maximale offerte par les trains les plus long possible pour chaque catégorie de trains.

- En dessus de l'histogramme vert foncé, une partie vert clair est ajoutée. Elle correspond à l'augmentation de la demande induite par l'amélioration de l'offre (élasticité à la cadence et au temps de parcours).
- La demande induite pour les deux scénarios alternatifs « Sobriété » et « Efficience » est représentée par les deux histogrammes bleus.

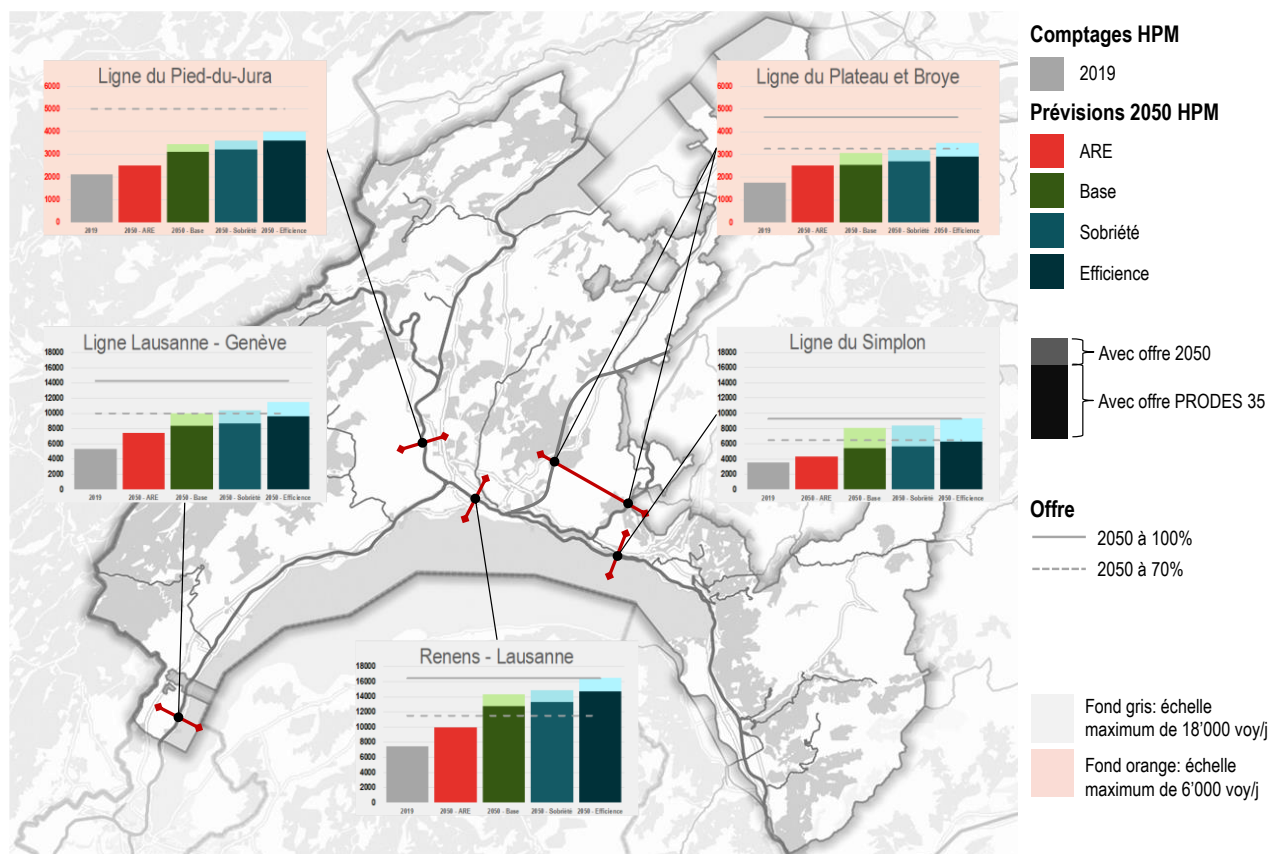


Figure 55 – Comparaison entre la demande 2050 et le schéma d'offre 2050 proposé

La capacité du schéma d'offre 2050 permet ainsi de résoudre les déficits précédemment constatés. La situation s'améliore sur la ligne du Simplon, mais le taux de remplissage dépasse quand même les 70 %.

Cette valeur est également dépassée entre Lausanne et Renens, mais s'agissant en partie de demande locale, il est possible d'admettre que des personnes voyagent debout.

La ligne du Pied-du-Jura montre une surcapacité. Il n'est cependant pas possible de réduire l'offre sur cette ligne car la plupart des trains circulent également sur d'autres lignes où leur capacité est nécessaire pour répondre à la demande. D'autre part, ces trains diamétralisés permettent d'améliorer la qualité de l'offre en évitant aux voyageurs de changer de train en gare de Lausanne. Cette surcapacité n'est donc pas problématique.

Les scénarios alternatifs conduisent tous à une augmentation de la demande ferroviaire par rapport au scénario de base. L'offre 2050 n'est donc jamais surdimensionnée et constitue donc un socle nécessaire d'offre, de même que les aménagements d'infrastructure liés.

Ainsi, l'offre 2050 telle que proposée permet globalement de répondre aux besoins en mobilité futurs, ainsi qu'aux enjeux climatiques.

9. Mesures d'aménagement et priorisation

L'offre telle que proposée ne peut pas être mise en place avec l'infrastructure actuelle. En plus des nouvelles infrastructures prises en compte comme hypothèses (chapitre 6.2), d'autres aménagements sont nécessaires. Les coûts des différents aménagements ont été estimés à +/- 50 %. Pour les lignes à voie métrique, l'estimation est issue des études d'opportunité réalisées par les différentes entreprises de transport du canton.

Le rapport détaillé des études de génie civil est fourni en Annexe 5. Il contient une description précise des projets d'aménagements et des estimations de coûts.

9.1. Mesures d'aménagement sur le réseau principal

Les mesures d'aménagement pour le réseau principal à voie normale (CFF et Travys) sont présentées à la figure 56.

La carte montre la localisation des aménagements, sous forme de trait pour les nouvelles lignes et sous forme de point pour les aménagements ponctuels ou situés dans les gares. Les couleurs correspondent aux trois groupes d'aménagements repris dans le tableau des coûts. Les deux montants indiqués (« de/à ») correspondent d'une part à l'espérance mathématique (E), et d'autre part au coût maximal avec prise en compte de la marge de variation (O).

Le détail des coûts des projets n'est donné que pour les 4 projets structurants, soit ceux qui ont été pris en compte comme **hypothèses pour la conception du schéma d'offre 2050** (chapitre 6.2).

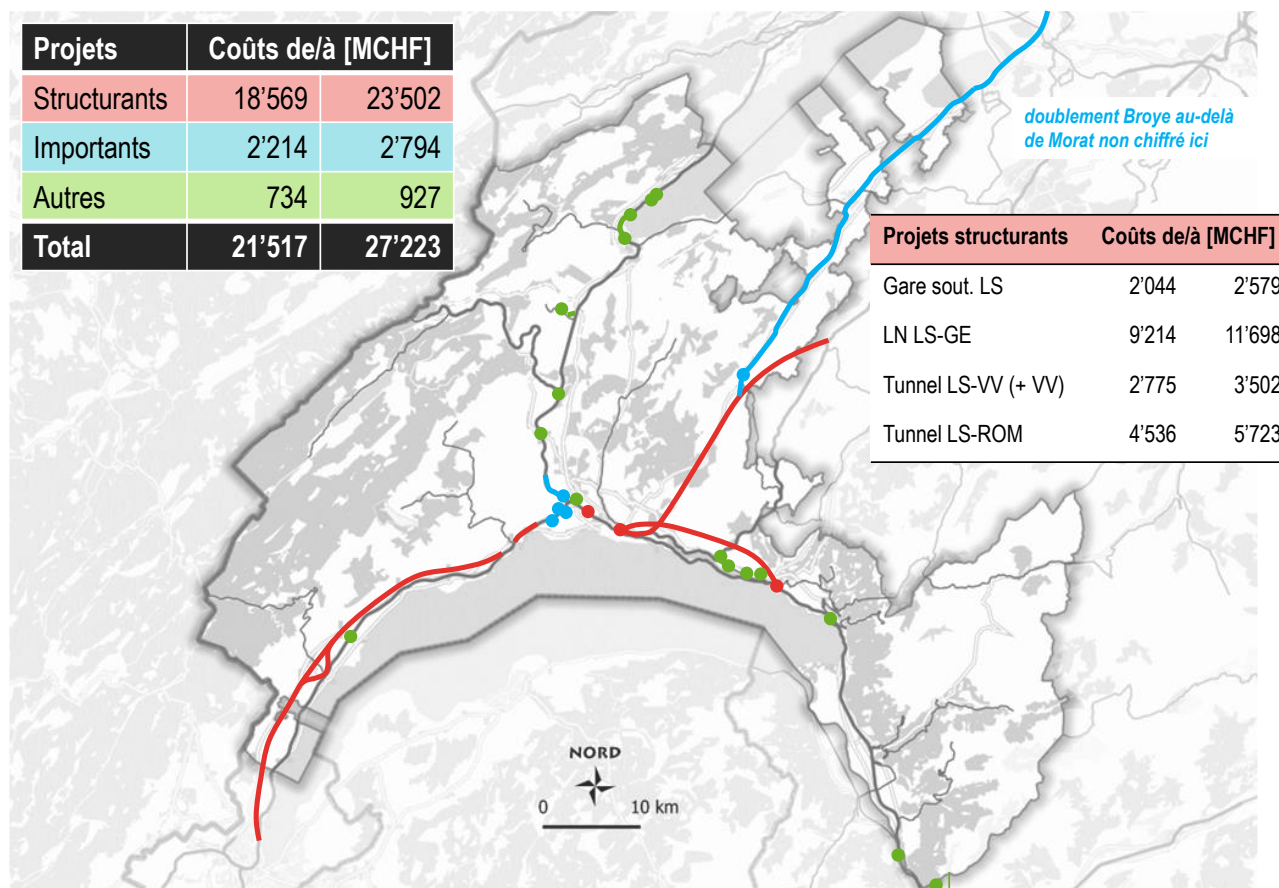


Figure 56 – Mesures d'aménagement sur le réseau principal

Projets structurants

Les projets structurants, considérés comme hypothèses de départ, sont les suivants :

- **Gare souterraine de Lausanne**, y compris raccordement en gare de Renens.
- **Ligne nouvelle entre Genève et Lausanne** y compris 4e voie entre Morges et Renens et aménagement de la tête ouest de la gare de Renens.
- **Nouvelle ligne en tunnel entre Lausanne et Vevey**, raccordée à la gare souterraine, y compris le réaménagement de la gare de Vevey.
- **Tunnel Lausanne – Romont** (sans le raccordement vers Moudon).

Projets importants

- **Doublément de la ligne du Pied du Jura** entre Bussigny et Vufflens-la-Ville y compris un saut de mouton au nord de Vufflens.
- **Aménagement du bypass** pour permettre l'augmentation du trafic voyageurs sur ce tronçon, y compris raccordements et nouveau quai en gare de Bussigny pour les trains RER empruntant le bypass.
- **Raccordement de Moudon** depuis le tunnel Lausanne – Romont (nécessaire pour les RER accélérés de la Broye).
- **Doublément de la ligne de la Broye** pour le transit d'une partie des trains marchandises est-ouest. Le chiffrage ne tient toutefois compte que de la partie vaudoise de la ligne, soit jusqu'à Morat.

Autres projets

Sans être exhaustifs, il faut mentionner ici les « autres projets » (en vert sur la carte) suivants :

- Saut de mouton à Daillens.
- Raccordement nord de Chavornay pour permettre les relations directes Orbe – Yverdon-les-Bains.
- 3ème voie entre Yverdon et Grandson et réaménagement de la voie terminus à Grandson et d'une autre voie terminus à Onens-Bonvillars pour permettre l'offre RE + RER au quart d'heure à Grandson.

*L'estimation des coûts pour les projets d'aménagement sur le réseau principal conduit à un **montant total de 21'517 Mio CHF** (espérance mathématique), dont 18'569 Mio CHF pour les projets structurants considérés comme hypothèses de départ. Le détail de ces montants est disponible en annexe 3.*

9.2. Mesures d'aménagements sur le réseau secondaire

Les mesures d'aménagement pour le réseau à voie métrique (NStCM, MBC, LEB, MVR, MOB, TPC, Travys et tpf (en lien avec une mesure MVR)) sont présentées à la figure 57. Les mesures d'aménagement sur le réseau à voie normale sont rappelées en grisé ainsi que dans le tableau de chiffrage, permettant ainsi d'avoir les montants totaux nécessaires sur l'ensemble du réseau ferré vaudois.

Parmi ces mesures, trois nécessitent la construction de nouvelles lignes et impliquent donc des investissements plus importants. Elles sont détaillées dans le tableau de droite et listées ci-dessous :

- Nouvelle ligne LEB Cheseaux – Renens.
- Nouvelle ligne MVR Vevey – Châtel-St-Denis et création d'un nouveau point de croisement sur la ligne tpf Châtel-St-Denis – Bulle pour permettre la circulation de trains rapides en complément de la desserte régionale existante.

— Nouvelle ligne TPC Bex – Monthey.

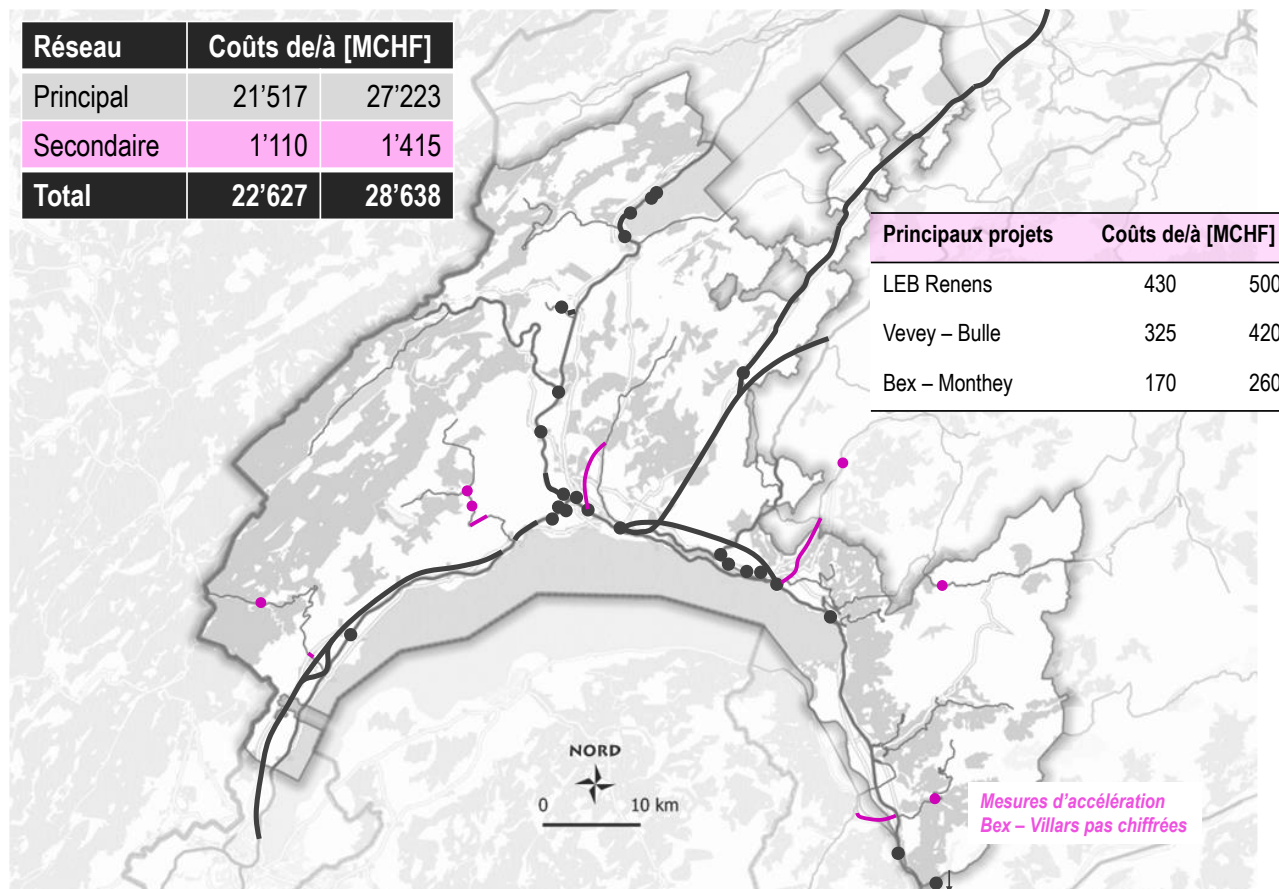


Figure 57 – Mesures d'aménagements sur le réseau secondaire

L'estimation des coûts pour les projets d'aménagement sur le réseau secondaire (fournie par les exploitants dans leurs études d'opportunité) conduit à un montant total de 1'110 Mio CHF (espérance mathématique), portant ainsi le **total général du montant des investissements à 22'627 Mio CHF**.

10. Conclusions et recommandations

10.1. Principaux enseignements

La réalisation de cette étude a permis de dresser un portrait fidèle du réseau ferroviaire vaudois actuel, ainsi que de mettre en évidence ses potentiels de développements futurs, tout en tenant compte des enjeux climatiques et de mobilité, plus que jamais d'actualité.

Les estimations de demande future, réalisées à l'aide d'un modèle simplifié, restent très sensibles aux différentes hypothèses considérées, ainsi qu'à la méthodologie employée. Des prévisions plus détaillées à l'échelle du canton de Vaud auraient été plus précises si elles avaient été réalisées à l'aide d'un modèle multimodal cantonal. Cependant un tel outil n'existait pas et il n'était pas possible d'en réaliser un dans le temps et avec les moyens impartis. Toutefois le modèle utilisé dans le cadre de ce mandat est suffisamment précis et robuste pour garantir les ordres de grandeur de dimensionnement de l'offre ferroviaire. Il n'est pas nécessaire d'avoir une nuance fine le long du parcours de chaque ligne. Pouvoir, grâce au modèle, bien définir la valeur de dimensionnement et sa plage d'incertitude est largement suffisant pour les besoins de planification. De plus, cet outil a l'avantage d'être très interactif et de pouvoir facilement conduire des analyses de sensibilité.

D'un point de vue du développement ferroviaire, les aménagements planifiés dans PRODES 35 sont exploités au maximum à leur horizon de réalisation, du moins en suisse romande. Par effet boule de neige, c'est l'ensemble du réseau qui arrive à saturation à cet horizon. Un saut important, voire très important, dans les investissements est ainsi rendu nécessaire pour continuer le développement de l'offre. Ceci est d'autant plus pertinent que le canton de Vaud et plus particulièrement Lausanne sont au cœur du réseau romand.

Le schéma d'offre proposé pour 2050 est une vision à long terme et va bien au-delà des réflexions engagées jusqu'à présent, avec des investissements très conséquents que les plans de financements actuels ne permettront pas de réaliser. Ces investissements sont un prérequis crucial pour le développement économique du canton, étant entendu que la mobilité des travailleurs en est la racine. L'absence de réalisation de tout ou partie de ces investissements constitue ainsi un frein au développement de la société, à l'économie et à un report modal massif vers les transports publics en lien avec les enjeux climatiques.

Finalement, le schéma d'offre et la liste des aménagements qui en découle peut constituer la feuille de route pour l'évolution future du réseau ferré vaudois.

10.2. Les investissements clés pour le développement de l'offre

Parmi l'ensemble des projets d'aménagement de l'infrastructure nécessaires, certains d'entre eux jouent un rôle clé dans le développement futur de l'offre et sont repris plus en détails ci-après. Les deux premiers sont déjà en cours d'étude (à des degrés divers et uniquement au stade d'études sommaires ou préliminaires), tandis que les suivants doivent voir leur étude promue dès que possible.

Nouvelle ligne Lausanne – Genève (4 voies continues)

Une nouvelle ligne entre Lausanne et Genève permet d'assurer la redondance et la stabilité de l'exploitation. Elle est nécessaire pour augmenter la capacité de l'axe, aujourd'hui saturé, tant pour le trafic voyageurs que pour le trafic marchandises.

Elle permet une desserte systématique des haltes RER entre Renens et Morges et une offre RER au 1/4h entre Allaman et Denges-Echandens (le trafic Grandes Lignes étant reporté sur la nouvelle ligne, libérant ainsi de la capacité).

De plus, la nouvelle ligne garantit la disponibilité des sillons internationaux sans partage de capacité avec les trains nationaux.

Nouvelle ligne Lausanne – Romont (tunnel, avec raccordement vers la Broye à Moudon)

La nouvelle ligne en tunnel entre Lausanne et Romont est un prérequis pour l'amélioration du temps de parcours vers l'est de la Suisse, à savoir un temps système de 45 minutes entre Lausanne et Berne.

Elle permet aussi de désenclaver la Broye et d'ainsi assurer la cohérence cantonale en rapprochant Moudon, Payerne et les autres localités desservies par la ligne longitudinale de Lausanne.

Enfin, ce tunnel est une opportunité pour envisager un itinéraire alternatif pour le trafic marchandises est-ouest, en totale indépendance avec l'axe nord-sud du Lötschberg et via un itinéraire de plaine (déclivités ne dépassant pas les 12 ‰). Ceci nécessite toutefois un dédoublement de la voie et la réactivation de la ligne entre Büren an der Aare et Soleure.

Doublement de la ligne Lausanne – Vevey (tunnel)

La forte augmentation de la demande le long de l'arc lémanique et les contraintes fortes pesant sur la ligne actuelle nécessite une augmentation de la capacité de la ligne du Simplon. Un tunnel reliant Lausanne à Vevey permet de développer une offre RER de qualité sur la Riviera, avec une desserte au 1/4h entre Vevey et Villeneuve et des relations diamétralisées à Vevey (y compris vers Puidoux et Palézieux).

Cette infrastructure est une alternative forte au développement du réseau des routes nationales.

Nouvelle gare souterraine à Lausanne

La gare prévue à l'horizon 2035 ne suffira pas pour garantir la capacité et la stabilité de l'exploitation, ainsi que la sécurité des passagers à l'horizon 2050. Une gare souterraine est ainsi nécessaire pour désengorger les quais de la gare de surface.

Le développement des infrastructures du nœud de Lausanne permet également de relâcher les contraintes pour l'élaboration des horaires sur toutes les lignes du réseau principal.

Doublement de la ligne Bussigny – Vufflens-la-Ville et adaptation du bypass

Ce projet permet d'augmenter la capacité pour le trafic marchandises et d'offrir une cadence à la demi-heure pour le train IC Genève – Yverdon et au-delà (longtemps limité à une cadence horaire à cause des contraintes du bypass).

Il permet de plus de créer une desserte RER tangentielle entre Allaman et Cossonay-Penthalaz, venant ainsi densifier l'offre au ¼ h entre Allaman et Denges-Echandens et multiplier les liaisons directes au cœur de la zone dense du canton.

10.3. Priorisation des développements de l'offre régionale

Si les aménagements en infrastructures doivent permettre l'amélioration de l'offre, ce sont les objectifs d'offre qui doivent dicter le calendrier et les priorités. Ainsi ce sous-chapitre présente une **proposition** de priorisation qui doit être revue et amendée en fonction d'objectifs qui ne peuvent pas être que techniques.

Les besoins en termes de mobilité sur **l'arc lémanique** conduisent à mettre en première priorité les développements d'offre régionale, RER, RER accélérés et RE, sur les axes correspondant. Les offres ainsi concernées sont listées ci-après.

La **nouvelle branche du LEB** permettant de diriger une partie de la demande via la gare de Renens au lieu de celle de Lausanne et des métros m2/m3 est placée en deuxième priorité car les études ont montré que le besoin est avéré et que les gains attendus sont importants. Cette nouvelle infrastructure renforce le bi-pôle Lausanne/Renens et place l'ouest lausannois au cœur du réseau ferré.

La suite est un peu moins évidente, mais il paraît important d'accorder à **la Broye** une priorité relativement élevée car ce territoire souffre d'un déficit d'accessibilité par rapport à d'autres régions vaudoises d'importance démographique et économique équivalente.

Ainsi, la proposition de priorisation est la suivante :

1. Arc lémanique

- a. Offre RegioExpress 15' sur la Riviera (y compris liaison à 30' Yverdon – Bex)
 - b. Offre RER 15' sur la Riviera ainsi qu'entre Allaman et Denges-Echandens
 - c. Offres RER tangentielles 30' entre Allaman – Cossonay et Villeneuve – Romont
 - d. Prolongement du Léman Express jusqu'à Gland
2. **LEB – Branche Renens** : décharge entrée de Lausanne (reporte le besoin d'une cadence à 5 minutes sur la ligne existante) et soulagement du nœud de Lausanne
 3. **Broye** : accélération desserte (pas d'augmentation de l'offre)
 4. **RER Chablais** : nouvelle liaison Bex – Monthey
 5. **RER Nord Vaudois** : liaisons directes Orbe – Yverdon
 6. **MVR – Relation directe Riviera – Gruyère** : liaison rapide Vevey – Bulle via Châtel-St-Denis