

## Rapport technique



|                             |                                                                                                              |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Candidat :</b>           | <b>Dimitri Burnier</b>                                                                                       |
| <b>Direction :</b>          | <b>Panagiotis Tzieropoulos</b><br><b>Jean-Daniel Buri</b><br><b>David Tron</b><br><b>Anastasia Stergidou</b> |
| <b>Consultant externe :</b> | <b>Aymeric Sevestre (BG)</b>                                                                                 |



## TABLE DES MATIERES

|      |                                                  |    |
|------|--------------------------------------------------|----|
| 1.   | PREAMBULE.....                                   | 6  |
| 1.1. | Avant-propos.....                                | 6  |
| 1.2. | Remerciements .....                              | 6  |
| 1.3. | Introduction .....                               | 6  |
| 1.4. | Objectifs du travail .....                       | 7  |
| 1.5. | Démarche .....                                   | 9  |
| 1.6. | Périmètres géographiques .....                   | 11 |
| 1.7. | Horizons temporels .....                         | 15 |
| 1.8. | Etude comparative.....                           | 15 |
| 2.   | INFRASTRUCTURES .....                            | 16 |
| 2.1. | Infrastructures en 2030.....                     | 16 |
| 2.2. | Conclusion de l'analyse de l'infrastructure..... | 21 |
| 3.   | ETUDE DE DEMANDE .....                           | 22 |
| 3.1. | Population du périmètre .....                    | 22 |
| 4.   | OFFRE .....                                      | 31 |
| 4.1. | Matériel roulant :.....                          | 31 |
| 4.2. | Capacité d'accueil des gares : .....             | 31 |
| 4.3. | Offre actuelle.....                              | 33 |
| 4.4. | Niveau d'offre nécessaire.....                   | 35 |
| 4.5. | Offre 2030 .....                                 | 35 |
| 4.6. | Offre 2050 .....                                 | 37 |
| 4.7. | Bilan de l'offre longue et moyenne distance..... | 38 |
| 4.8. | Offre régionale .....                            | 38 |
| 4.9. | Conclusion de l'étude de l'offre.....            | 39 |
| 5.   | DIAGNOSTIC 2030 .....                            | 41 |
| 5.1. | Organisation du diagnostic.....                  | 41 |
| 5.2. | Comparaison des gares suisses.....               | 41 |
| 5.3. | Analyse de la gare .....                         | 42 |
| 5.5. | Analyse du périmètre élargi .....                | 48 |
| 5.6. | Conclusion du diagnostic 2030 .....              | 51 |

|       |                                                                                    |    |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.    | DIAGNOSTIC INTERMEDIAIRE .....                                                     | 52 |
| 6.1.  | Recherche de la première augmentation d'offre faisant dysfonctionner la gare. .... | 52 |
| 6.2.  | Autres scénarios de desserte.....                                                  | 53 |
| 6.3.  | Conclusion du diagnostic intermédiaire .....                                       | 54 |
| 7.    | DIAGNOSTIC 2050 .....                                                              | 55 |
| 7.1.  | Fonctionnement en 2050 .....                                                       | 55 |
| 7.2.  | Besoins en gare.....                                                               | 57 |
| 7.3.  | Analyse du nœud.....                                                               | 60 |
| 7.4.  | Analyse du périmètre élargi .....                                                  | 61 |
| 7.5.  | Conclusion du diagnostic 2050 .....                                                | 62 |
| 8.    | CONTRAINTES GENIE CIVIL .....                                                      | 63 |
| 8.1.  | En surface ou en souterrain ? .....                                                | 63 |
| 8.2.  | Estimation de la profondeur de la gare.....                                        | 65 |
| 8.3.  | Rampes.....                                                                        | 67 |
| 8.4.  | Points de sorties.....                                                             | 69 |
| 8.5.  | Rampes nécessaires, trémies. ....                                                  | 71 |
| 8.6.  | Conclusion de l'étude des contraintes. ....                                        | 71 |
| 9.    | CONCEPTS .....                                                                     | 72 |
| 9.1.  | Première génération de concepts.....                                               | 72 |
| 9.2.  | Deuxième génération de concepts.....                                               | 72 |
| 10.   | EVALUATION ET CHOIX DES CONCEPTS .....                                             | 75 |
| 10.1. | Evaluation des infrastructures .....                                               | 75 |
| 10.2. | Evaluation de l'offre.....                                                         | 75 |
| 10.3. | Critères pratiques.....                                                            | 76 |
| 10.4. | Synthèse de l'évaluation.....                                                      | 79 |
| 11.   | INFRASTRUCTURES 2050 .....                                                         | 80 |
| 11.1. | Raccord ouest .....                                                                | 80 |
| 11.2. | Raccord Est. ....                                                                  | 81 |
| 12.   | VARIANTES D'HORAIRES .....                                                         | 82 |
| 12.1. | Considérations pour la réalisation des variantes .....                             | 82 |
| 12.2. | Variante « 7.5 » .....                                                             | 85 |

---

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 12.3. Variante « Bouquet ».....                               | 86  |
| 12.4. Variantes intermédiaires.....                           | 86  |
| 13. RETOUR AUX CONCEPTS.....                                  | 89  |
| 14. RETOUR A L'INFRASTRUCTURE.....                            | 90  |
| 14.1. raccord ouest .....                                     | 90  |
| 14.2. Variantes du raccord ouest .....                        | 90  |
| 14.3. Choix de la variante d'infrastructure.....              | 92  |
| 14.4. Raccord à quatre ou six voies ? .....                   | 93  |
| 14.5. Dimension de la gare souterraine .....                  | 94  |
| 14.6. Aménagement de la gare en surface.....                  | 94  |
| 14.7. Conséquence pour le développement au-delà de 2050. .... | 94  |
| 14.8. Infrastructures sur le reste du réseau .....            | 97  |
| 15. EVALUATION DES VARIANTES D'HORAIRES .....                 | 98  |
| 15.1. Critères d'évaluation .....                             | 98  |
| 15.2. Bilan de l'évaluation .....                             | 100 |
| 16. REFLEXION SUR LA SUITE .....                              | 101 |
| 17. COMPLEMENTS DE L'ETUDE.....                               | 103 |
| 18. CONCLUSION GENERALE .....                                 | 104 |
| 19. SOURCES.....                                              | 106 |
| TABLES DES FIGURES.....                                       | 107 |
| ANNEXES .....                                                 | 108 |

## **1. PREAMBULE**

---

### **1.1. Avant-propos**

Ce projet est réalisé dans le cadre d'un projet de fin d'étude du Master en Génie Civil de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Le temps à disposition pour un tel projet est d'environ quatre mois. Il s'agit d'un travail conceptuel, ne visant pas un résultat applicable demain, mais une réflexion intégrant un maximum de paramètres conduisant aux meilleures décisions.

### **1.2. Remerciements**

Ce projet a été réalisé avec l'aide et l'encadrement du Dr Panagiotis Tzieropoulos et de ses assistants, Jean-Daniel Buri, David Tron et Anastasia Stergidou. Ces derniers ont toujours été disponibles pour toutes questions et reçoivent mes sincères remerciements.

Je remercie également mon consultant externe, Aymeric Sevestre, de l'entreprise BG, pour ses informations liées à la réalisation des infrastructures, ainsi que Julien Niquille, du canton de Vaud, pour ses renseignements sur la demande et l'offre future.

Enfin, je remercie mes collègues Mathilde et Benoît également toujours disponibles pour un bon conseil.

### **1.3. Introduction**

La gare de Lausanne fait partie du principal nœud ferroviaire romand. Le nœud lausannois est d'importance nationale – voire internationale – puisqu'il agit comme croisement des lignes du plateau Genève-Berne-St-Gall et Lausanne-Bienne-Bale/St-Gall avec les lignes transversales du Simplon en direction de l'Italie et de Vallorbe en direction de la France. La gare de Lausanne est donc primordiale dans le développement de l'offre longue distance au niveau Suisse et international. La région de Lausanne et plus généralement de l'arc lémanique connaît actuellement une forte croissance démographique et économique. Cette région connaîtra certainement un développement similaire lors des années à suivre. Le contexte économique – raréfaction du pétrole, augmentation globale du coût du transport, etc. – alliée à une forte volonté politique de développement des transports publics conduiront à une forte augmentation de la demande en transport ferroviaire. Les régions romandes accusent un retard conséquent en matière d'infrastructures et d'offre en transports publics par rapport aux régions alémaniques. Ce retard se traduit – ou est la conséquence – d'une part modale en transport public relativement faible par rapport aux voisins alémaniques. Pourtant, ces dernières années, un engouement général pour les transports en commun en Romandie se dessine, grâce à des projets novateurs. Le succès de la deuxième ligne de métro lausannoise en est un des meilleurs exemples. De fortes augmentations de demande sont donc prévues sur

le réseau longue distance et particulièrement sur le réseau régional et cantonal (RER et RE). Le même développement est observable dans d'autres régions romandes telles que Genève avec le projet CEVA, Neuchâtel avec le projet TransRUN ou encore Fribourg avec la mise en place d'un RER cantonal performant.

De lourds travaux sont prévus sur le nœud lausannois ainsi que sur la ligne Lausanne-Genève pour répondre à cette augmentation d'offre et tenter de combler le retard pris par rapport aux suisses alémaniques. Ces aménagements se feront à un prix conséquent qui sera en partie assumé par la confédération mais également par les cantons. Au-delà de 2030, aucun projet n'est pour l'instant officiellement planifié. Cependant, pour qu'un développement de l'offre ferroviaire se poursuive, d'autres projets d'infrastructures devront voir le jour.

Ce projet se penche sur la question de la gare de Lausanne en 2050. Il ne s'agit donc que d'une maille du réseau suisse. Cependant, il apparaît primordial de réaliser cette étude avant la construction des infrastructures prévues à l'horizon 2030. D'une part pour déterminer la compatibilité des infrastructures prévues pour demain avec celles prévues pour après-demain et se donner le temps de pousser une réflexion globale et structurée dans le temps et dans l'espace. Mais également, pour prévoir suffisamment à l'avance les futurs développements, puisqu'une réalisation de cette envergure nécessite un temps conséquent pour sa phase d'étude et de réalisation.

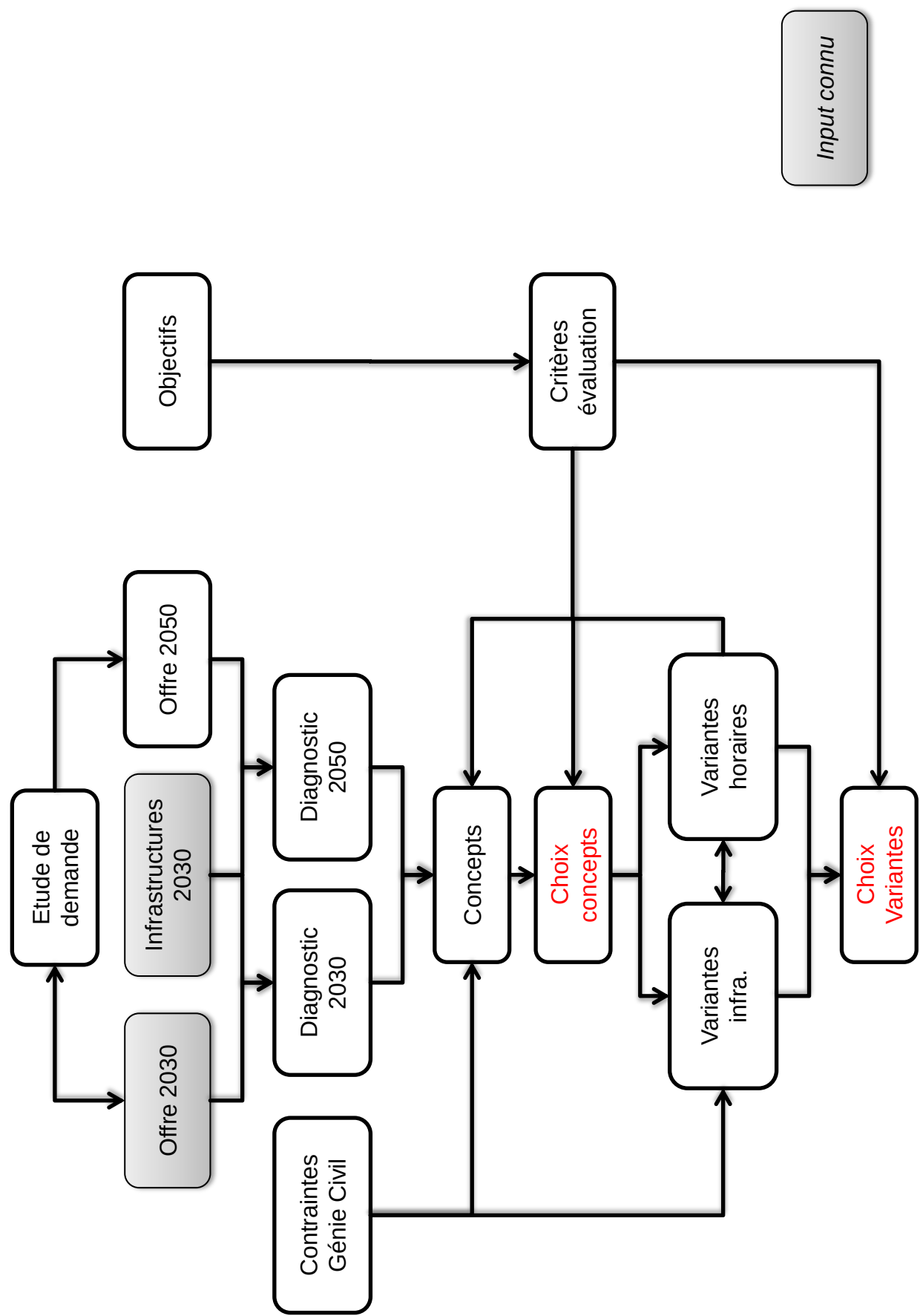
Ce projet s'appuie donc sur les infrastructures et l'offre planifiée à l'horizon 2030 et se projette au-delà.

## **1.4. Objectifs du travail**

Les objectifs du projet sont les suivants ; ils sont définis à l'avance et permettent d'évaluer les résultats obtenus par la suite.

- Permettre le développement de l'offre ferroviaire autour du nœud lausannois, à l'horizon 2050, en agissant sur le nœud et la gare.
- Garantir l'offre longue distance aussi bien que l'offre régionale.
- Limiter l'impact financier du projet.
- Permettre un éventuel développement futur.
- Optimiser les interfaces avec le reste du réseau ferroviaire et les autres moyens de transports.

Figure 1: Démarche du projet

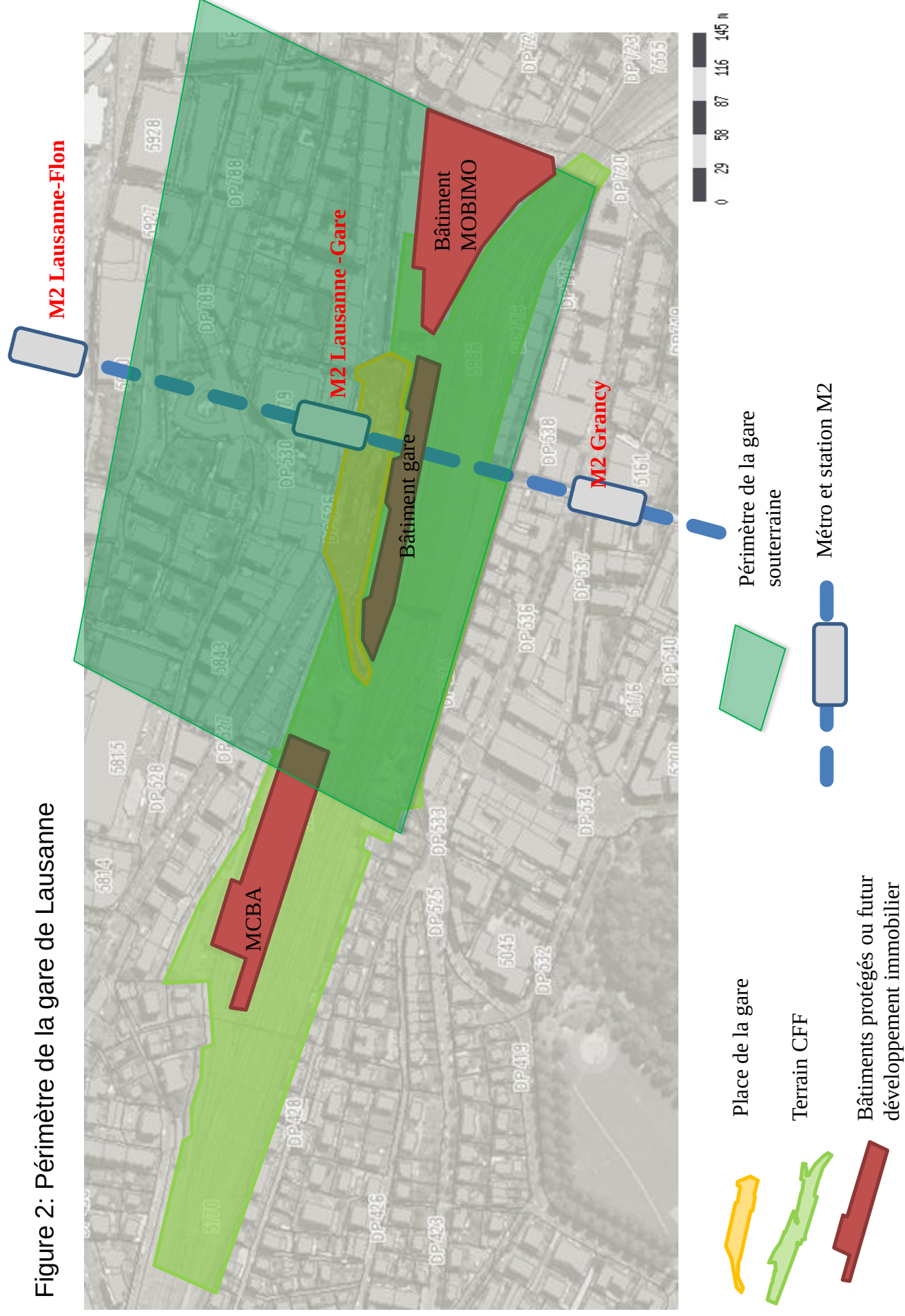




## **1.5. Démarche**

La démarche du projet est représentée dans le diagramme ci-contre. Ce projet commencera par une étude de l'infrastructure et de l'offre à l'horizon 2030, deux bases de travail relativement bien connues aujourd'hui. Ensuite, une étude sommaire de demande à l'horizon 2050 sera effectuée, dans le but de déterminer les besoins en offre au même horizon. Ensuite un diagnostic de la situation en 2030 puis un diagnostic de la situation en 2050 seront effectués afin de comprendre le fonctionnement et de déterminer les points faibles et les futurs besoins du nœud lausannois. La démarche du diagnostic sera détaillée par la suite. En parallèle, les contraintes autour de la construction de la gare seront étudiées. Grâce aux deux diagnostics et aux contraintes de constructions, plusieurs concepts seront générés. Ces concepts seront évalués par rapport aux critères d'évaluations issus des objectifs du travail. Seul quelques-uns seront gardés et aboutiront à quelques variantes d'offres et d'infrastructures. Ces variantes seront également évaluées selon la pertinence de leur réponse aux objectifs.

Figure 2: Périmètre de la gare de Lausanne



## **1.6. Périmètres géographiques**

Trois périmètres géographiques distincts sont nécessaires à la structure du travail. Ils permettent de distinguer les actions à effectuer selon les périmètres. Ils permettent aussi de focaliser le cadre de l'étude à plusieurs niveaux différents. Ces périmètres seront utilisés tout au long du projet.

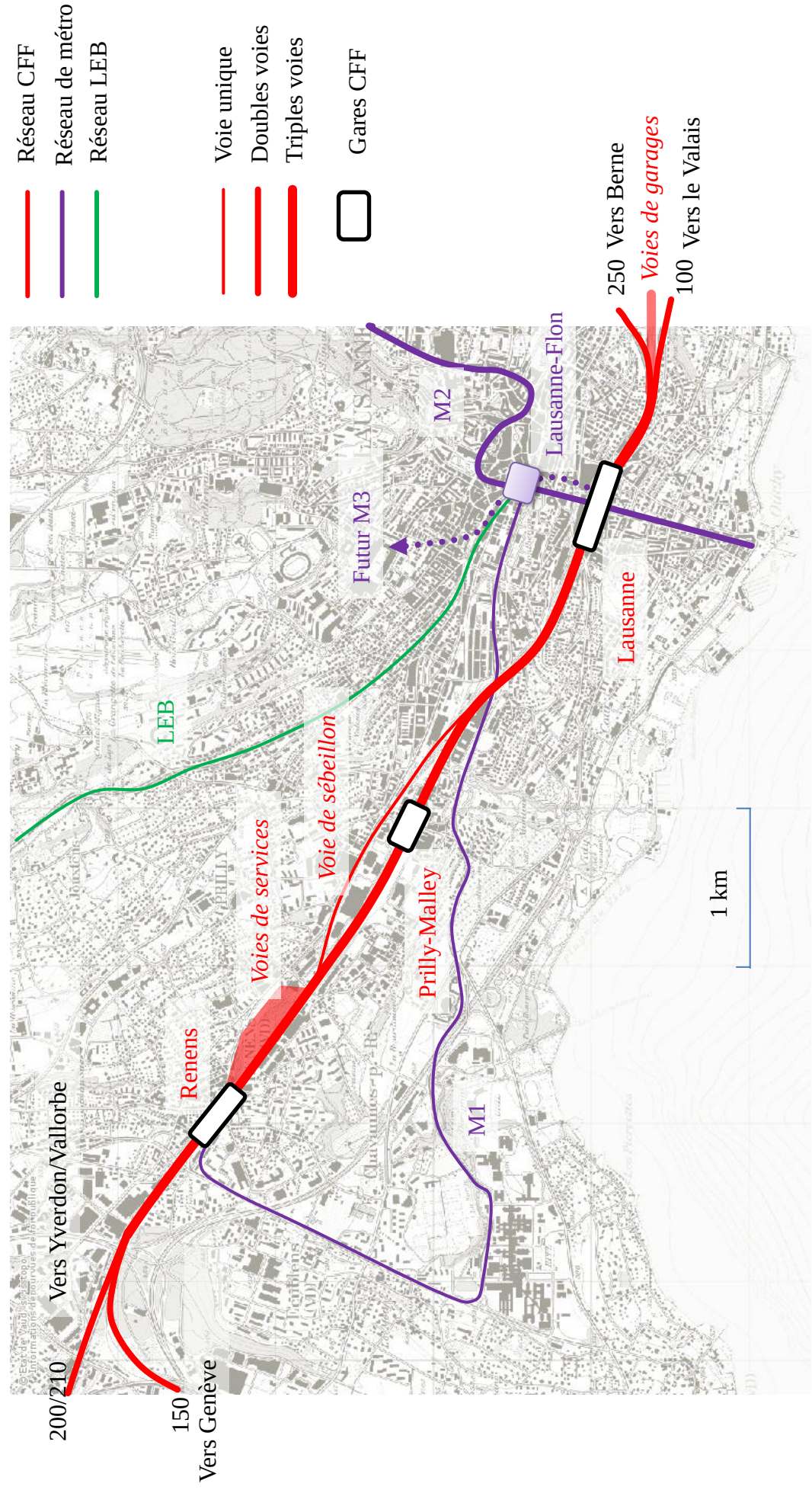
### **1.6.1. Périmètre de la gare de Lausanne (P1)**

Le premier périmètre définit la zone dans laquelle la gare en elle-même sera modifiée et où une éventuelle nouvelle gare souterraine sera construite. Ce périmètre est en surface relativement restreint ; il correspond au terrain des CFF retranché des bâtiments des CFF et des halles CFF. Ce terrain deviendra dans un futur proche un lieu culturel accueillant notamment le musée cantonal des beaux arts (MCBA). En conséquence il ne sera pas possible d'agrandir considérablement la capacité de la gare en surface.

Le périmètre en souterrain est quant-à-lui plus large. Il est situé sous la gare ou au nord de la gare pour des raisons topographiques. La ville étant en pente nord-sud, une gare au sud engendrerait à priori une rampe plus importante pour atteindre la gare depuis les lignes. Le périmètre s'étend jusqu'aux abords de la gare du Flon, qui est l'actuel centre névralgique du réseau de transport public lausannois (TL). En outre, la ligne de métro M2 traversant le sous-sol de la gare à quelques mètres de profondeur est une contrainte directe. Une gare souterraine devra éviter cet obstacle.

Il est considéré dans ce travail que la gare reste à proximité du reste des principaux autres transports publics et reste au centre de l'agglomération. Par conséquent, la possibilité d'établir une future gare dans un autre secteur de la ville, où la place serait plus facile à trouver, ne sera pas étudiée. Le futur développement immobilier de la ville autour de la gare, avec le futur musée cantonal des beaux-arts à l'ouest et le projet de réaffectation de l'ancien bâtiment de la poste à l'est, et le développement des infrastructures de transport autour de la gare (M3) conforte ce choix.

Figure 3: Périmètre du nœud et intégration dans le réseau de transport lausannois





### **1.6.2. Périmètre du nœud Lausannois (P2)**

Le deuxième périmètre comprend ce qui est couramment appelé le nœud lausannois. Il s'agit de l'ensemble des infrastructures ferroviaires entre la séparation pour les lignes du Simplon et de Berne à l'est et la séparation pour le pied du Jura et Genève à l'ouest. Ce périmètre contient les gares de Lausanne et Renens ainsi que la future halte de Prilly-Malley. Il comprend également la voie unique de Sébeillon (au nord de la gare de Prilly-Malley).

La figure montre aussi l'intégration du réseau CFF avec le réseau de transport urbain lausannois. Le premier constat est l'importance de la gare de Lausanne-Flon, quelques centaines de mètres au-dessus de la gare CFF de Lausanne.

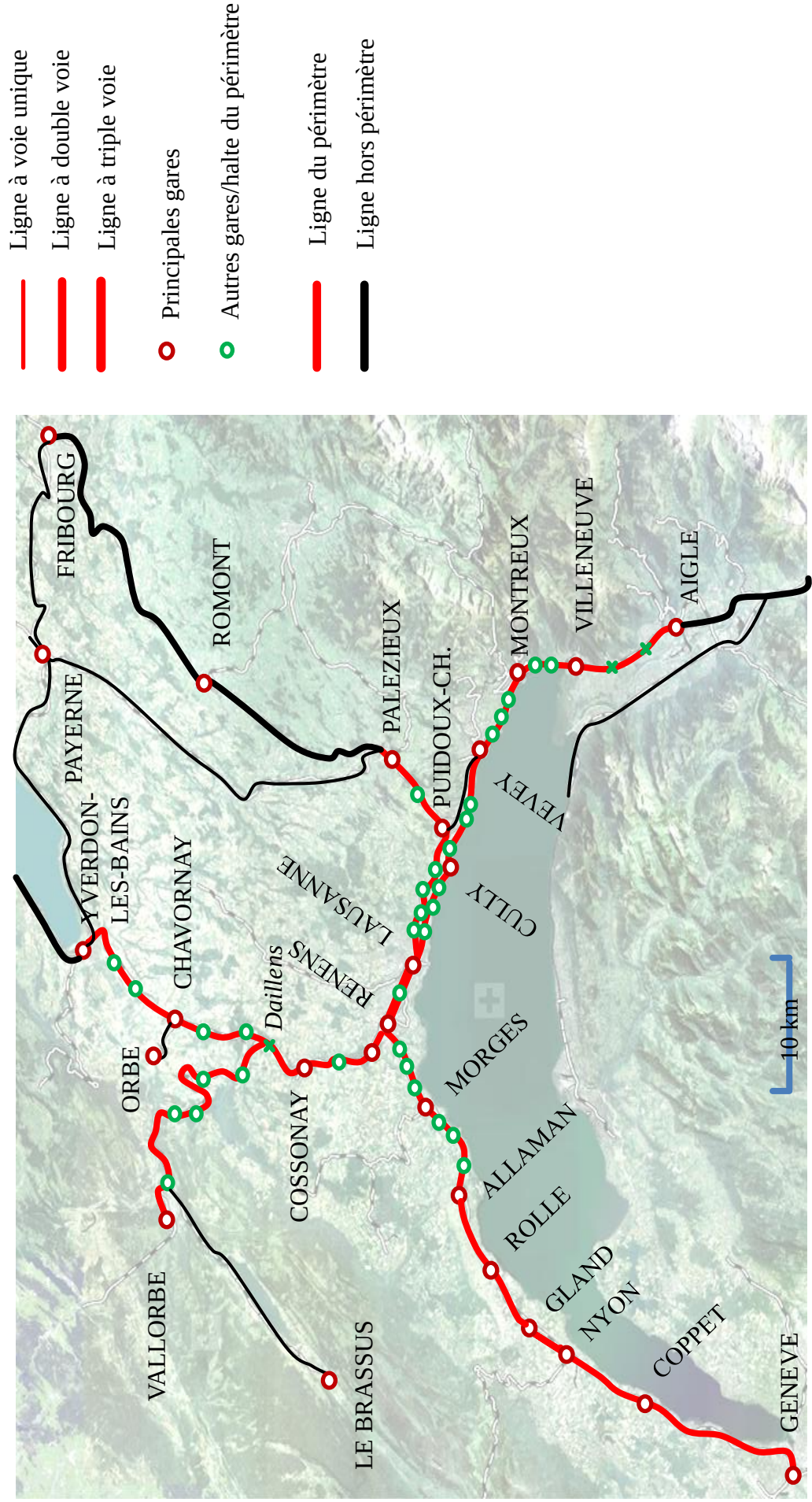
Dans ce périmètre seront définies les infrastructures nécessaires au passage des trains. Les solutions proposées devront permettre le fonctionnement de l'entier du nœud.

### **1.6.3. Périmètre élargi (P3)**

Le périmètre élargi comprend l'ensemble des lignes traversant le nœud lausannois jusqu'à une distance raisonnable. Elle correspond approximativement au périmètre desservi par le RER vaudois. La ligne Lausanne-Genève sera étudiée jusqu'à Genève, sans la gare de Genève et sans la troisième voie Coppet-Genève.

Ce périmètre est considéré comme le périmètre d'influence. Il permet de contrôler l'influence des mesures prise à Lausanne sur les lignes alentours, et inversement. Dans ce périmètre des variantes d'horaires seront définies et d'éventuels complément d'infrastructures identifiés et évoqués sans être étudiés avec précision.

Figure 4: Périmètre élargi



## 1.7. Horizons temporels

La situation de base pour ce projet est la situation actuelle de l'infrastructure et de l'horaire 2011. Ensuite, l'horizon 2030 correspond à la mise en application des projets liés au ZEB et à Rail 2030. Il n'est pas encore certain que tous ces projets aboutiront bel et bien en 2030 et ne seront pas retardés de quelques années, mais cet horizon correspond à un niveau d'offre et d'infrastructure relativement bien connu et planifié aujourd'hui.

Pour le deuxième horizon temporel, 2050, voire même au-delà, tout reste à imaginer. À cet horizon, l'offre subira une augmentation conséquente par rapport à 2030. Cette augmentation sera définie par la suite. L'infrastructure nécessaire au droit de la gare est du nœud lausannois sera imaginé dans ce travail.

## 1.8. Etude comparative

Une étude comparative a été menée dans la pré-étude de ce projet de master. Ses principales conclusions sont résumées dans ce paragraphe.

- Il existe plusieurs cas de figures nécessitant le recours au souterrain pour les infrastructures ferroviaires. À Lausanne, la raison est la saturation de la gare en surface.
- Un projet de gare n'arrive jamais seul. Il est souvent accompagné d'une restructuration du nœud et même des lignes alentours, et très souvent également d'un large réaménagement urbain autour de la nouvelle infrastructure.
- Peu de cas similaires à Lausanne existent. La plupart des recours au souterrain jusqu'à présent sont des cas de gares en surface en cul-de-sac. La gare souterraine, traversante, permet de créer une diamétralisation du réseau.
- Le projet de gare souterraine de Berne, actuellement à l'étude, est probablement le cas le plus similaire à celui de Lausanne, car il s'agit également d'une gare traversante. Plusieurs concepts existent avec différents types de trains en souterrain, favorisant tantôt un axe, tantôt l'autre.
- Les trains sont généralement séparés par flux ou/et par produits. C'est-à-dire seuls les trains allant dans une direction précise utilisent les infrastructures souterraines. Une logique claire est toujours appliquée. Souvent, une séparation par type de produit est aussi effectuée, et ce sont le plus souvent les trains RER qui sont déplacés en souterrain alors que les trains grandes lignes restent en surface.

## 2. INFRASTRUCTURES

Plusieurs projets d'infrastructures sont planifiés d'ici 2030. A la faveur des projets ferroviaires ZEB et Rail 2030, les infrastructures de la gare de Lausanne, son nœud et ses alentours subiront plusieurs améliorations. Le réseau actuel est composé de double voie sur le périmètre élargi de l'étude. Seul le tronçon Lausanne-Renens est équipé de trois voies.

La gare de Lausanne est composée de dix voies. La voie 70, au nord, est en cul-de-sac orienté en direction de Berne. Toutes les autres sont traversantes. La voie 2, n'a pas de quai, alors que le quai de la voie 9 est plus court que les autres. Cette dernière est utilisée uniquement pour le trafic régional. La gare de Renens possède cinq voies à quai. Au nord de la gare, trois voies sans quais sont présentes.

### 2.1. Infrastructures en 2030

#### 2.1.1. Infrastructures en gare de Lausanne

➤ Redistribution des aiguillages : Horizon 2020-2030

Les aiguillages à la sortie ouest seront redistribués de façon à ce que les voies 1, 3 et 4 soient orientées sur la ligne de Berne. Les voies 6, 7, 8 et 9 seront orientées sur la ligne du Valais. La voie 5 servira aux deux destinations. Ainsi la gare de Lausanne fonctionnera comme deux demi-gares pratiquement indépendantes.

➤ Aménagement de Lausanne-Paleyres : Horizon 2015

La capacité des voies de garages de Lausanne-Paleyres sera augmentée. Ces voies permettent d'accueillir des trains rebroussant chemin à Lausanne, libérant ainsi de la place en quai. Elles sont situées à l'est de la gare de Lausanne, entre la ligne pour le Valais et la ligne de Berne. Par exemple, actuellement l'ICN pour Bâle/St-Gall bloque une voie entre les minutes 15 et 45. L'allongement de ces voies permettra de stationner de longs trains tels que l'ICN.

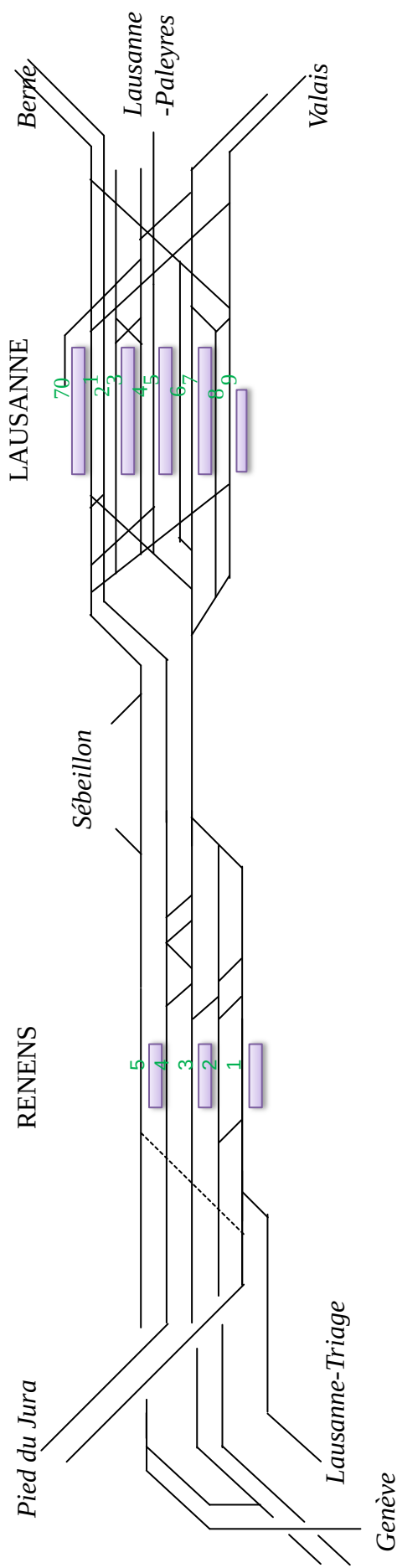
➤ Prolongation des quais et nouveau sous-voie : Horizon 2020-2030

L'ensemble des quais lausannois, y compris la voie neuf, feront 420 mètres de long, afin d'accueillir des trains de 400 mètres sur toutes les voies (sauf voie 70). Afin d'accéder aux voies, un troisième passage sous-voie et planifié tout à l'ouest de la gare. Le prolongement de ces voies sera accompagné d'une restructuration des aiguilles dans les deux sorties de la gare. La construction de la quatrième voie et du saut-de-mouton (ci-après) sont intimement liés à cette restructuration. Les voies 70, 1, 2, 3 et 4 seront reliées à la ligne de Berne à l'est, alors que les voies 6, 7, 8 et 9 seront reliées à la ligne du Valais. La voie 5 servira aux deux destinations.



Figure 5: Infrastructures de la gare et du nœud en 2010 et 2030 (plan des voies)

Infrastructure 2010:



Infrastructure 2030:

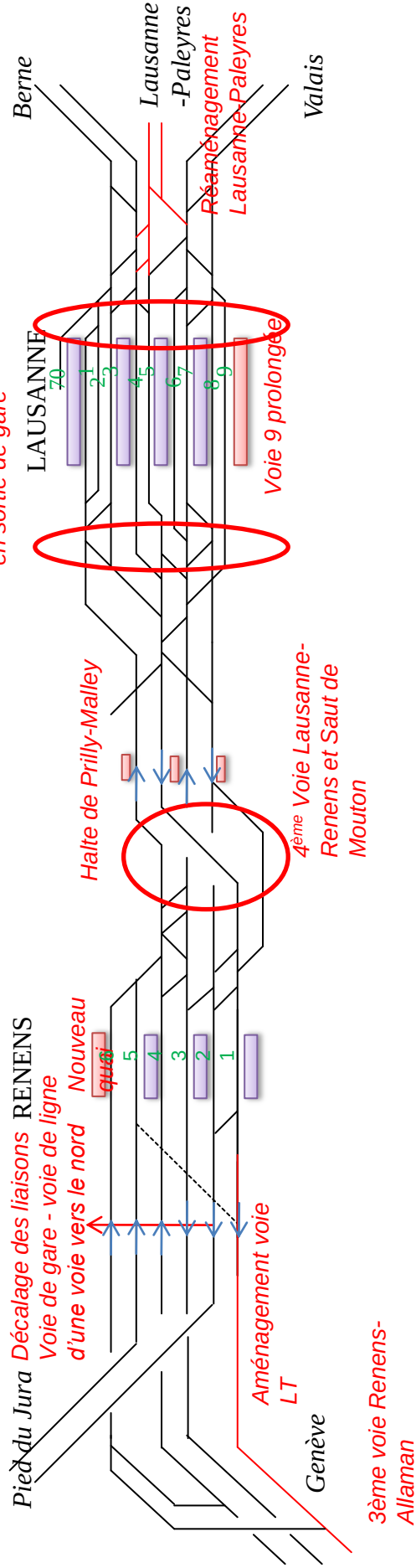
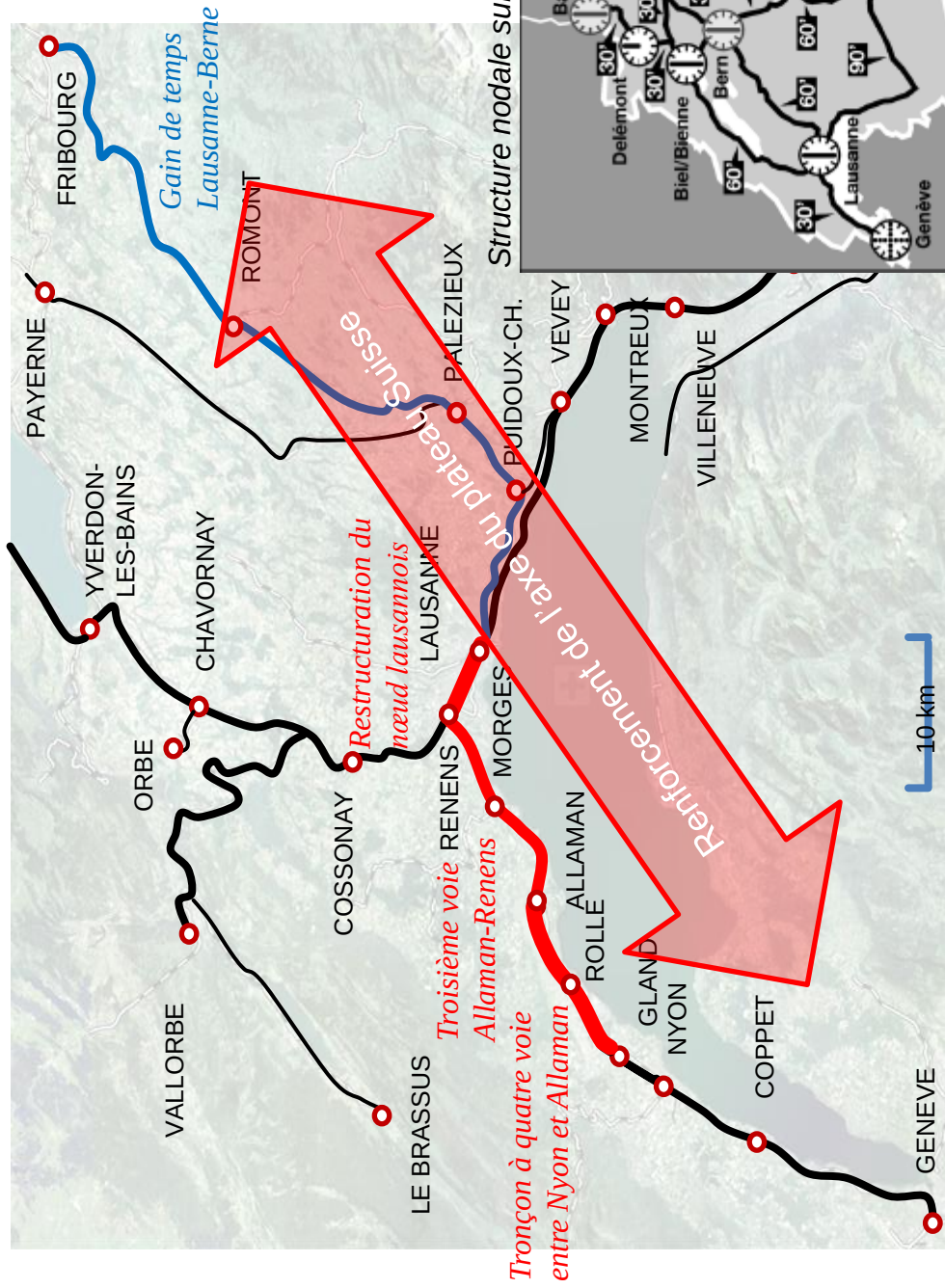
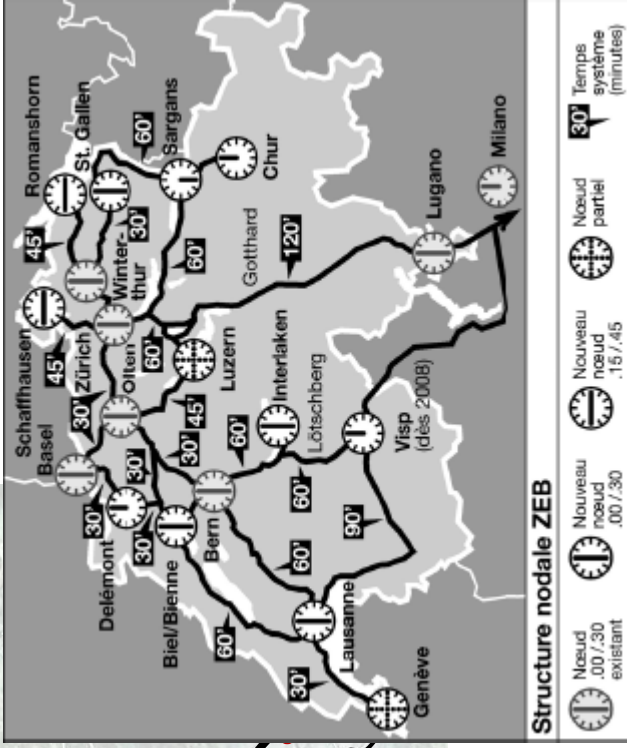


Figure 6: Infrastructures sur le périmètre élargi en 2030



Structure nodale suisse (Projet ZEB)



Fond de carte: [www.geo.admin.ch](http://www.geo.admin.ch).

### **2.1.2. Infrastructures sur le nœud lausannois**

➤ Gare de Prilly-Malley : 2012

Elle aura pour but de desservir le quartier se développant autour de Malley. Les trains RER s'y arrêteront. Elle n'aura que peu d'influence sur l'horaire. La minute perdue pour cet arrêt sera compensée sur le reste des tronçons RER grâce aux nouvelles rames FLIRT.

➤ Quatrième voie entre Lausanne et Renens et saut de mouton : Horizon 2018

La quatrième voie permettra d'avoir deux voies dans chaque sens entre Lausanne et Renens. La deuxième voie à partir du nord à Lausanne se retrouvera tout au sud à Renens, à l'aide d'un saut de mouton. Il permettra de réorienter le trafic. A l'est du saut de mouton, les trains seront organisés selon leurs directions futures (ligne de Berne ou ligne du Simplon). A l'ouest, les trains seront organisés par sens de marche.

➤ Gare de Renens : Horizon 2020

Le passage du tramway Bussigny-Renens-Lausanne au nord de la gare de Renens sera certainement accompagné d'une restructuration de la gare de Renens. Un nouveau passage sous-voie à l'ouest, un allongement et un élargissement des quais est aussi prévu. Mais surtout, au nord de la gare, une sixième voie CFF à quai devrait être construite. Ce quai servirait également au tramway, du côté nord.

### **2.1.3. Infrastructures sur le périmètre élargi**

➤ Troisième voie Renens-Allaman : Horizon 2030

La troisième voie entre Renens et Allaman sera dédiée au trafic régional. Des trains circuleront dans les deux sens, et se croiseront à quelques points de croisement. Il s'agira vraisemblablement de croisements passifs, en gare. La situation de cette voie reste encore une question ouverte. Cependant, son emplacement conditionne fortement le fonctionnement du nœud.

Elle se situera soit au nord des deux voies actuelles, soit au sud. La présence de l'autoroute, au nord, sur le tronçon Echandens-Morges paraît comme une contrainte forte. A moins d'une réaffectation totale de l'autoroute. Ce travail part du principe qu'elle sera au sud, bien que la vraie question se situe dans son raccord au nœud Lausannois.

La solution la plus rationnelle serait d'utiliser sur quelques centaines de mètres la voie de Lausanne-Triage, située au sud du nœud, entre Renens et Denges. Cette solution permettrait de « sortir » du nœud lausannois avec deux voies différentes en direction de Genève. A noter

que deux voies « entrent » dans le nœud lausannois depuis Genève. De ce fait, le flux Genève-Valais pourrait être complètement séparé du flux Genève-Berne. Toutefois les trains directs pour Berne ne pourront vraisemblablement pas utiliser cette voie à pleine vitesse, puisque elle est prévue à la base pour du trafic fret. Le RER venant d'Allaman se greffera sur les voies pour Berne. Cette solution a la qualité de séparer les flux, et d'offrir trois voies dans chaque sens à Renens et à l'ouest de Renens. La gare de Renens devra également être modifiée, la voie 3 changeant de sens.

➤ Troisième et quatrième voie entre Nyon et Allaman : Horizon 2030

Entre Nyon et Allaman (pas forcément sur toute la longueur), il est prévu de construire un tronçon de troisième et de quatrième voie, permettant aux RE de se sortir des voies principales le temps que les IC les dépassent. Cela permettra d'instaurer le RE au quart d'heure sur le tronçon Annemasse – Genève – Lausanne. Selon le nombre d'IC projetés ; un seul IC ou deux IC se suivant en batterie, la longueur de ces voies varie.

➤ Amélioration des temps de parcours : Horizon 2030

Il est prévu, à l'aide de réaménagements d'infrastructures et d'achat de matériel roulant de diminuer le temps de parcours entre Lausanne et Berne en-dessous de 60 minutes (actuellement 66 minutes). Le trajet Lausanne-Viège devrait passer sous les 90 minutes peut-être même sous les 75 voire 60 minutes (actuellement 92 minutes avec l'IR). Il est aussi prévu de réduire le temps de parcours Lausanne-Bienne-Zurich à 120 minutes. Ces diminutions seront surtout effectuées sur le tronçon Bienne-Zurich. Le tronçon Genève-Lausanne ne devrait pas connaître d'accélération majeure.

## **2.2. Conclusion de l'analyse de l'infrastructure.**

L'ensemble de ces infrastructures permettent un renforcement de l'axe longitudinal du plateau Suisses, et également du nœud lausannois. Elles permettront, le développement de l'offre jusqu'en 2030. La suite du développement n'est pas encore prévue. Quelques inconnues subsistent tout de même dans ces réalisations, et le financement pose quelques problèmes si bien que ce niveau d'infrastructure ne sera pas forcément atteint exactement en 2030, mais peut-être quelques années après.

La capacité en ligne et la capacité du nœud lausannois sera bien augmentée, par contre, la gare de Lausanne ne subira pratiquement aucune augmentation de capacité ferroviaire, à proprement parler, d'ici 2030.

### 3. ETUDE DE DEMANDE

---

Une rapide étude de demande est effectuée dans ce travail. Vu la distance des horizons temporels, cette étude comporte beaucoup d'inconnues et d'hypothèses. Cette étude sert d'une part à confirmer l'augmentation de l'offre prévue pour 2030 mais également à établir un niveau d'offre pour 2050.

La demande en transport ferroviaire dépend de trois facteurs :

- La démographie : le nombre de personnes susceptibles de prendre le train, dans le périmètre étudié.
- La mobilité : le nombre de kilomètres parcourus par ces personnes. Et dans un cadre plus large, le type de déplacements avec leurs variations dans le temps et dans l'espace.
- La part modale du transport ferroviaire : il s'agit du pourcentage de kilomètres parcourus en train parmi l'ensemble des kilomètres parcourus avec tous les moyens de transports.

$$\text{Demande} = \text{part modale} * \text{population} * \text{kilomètres parcourus}$$

#### 3.1. Population du périmètre

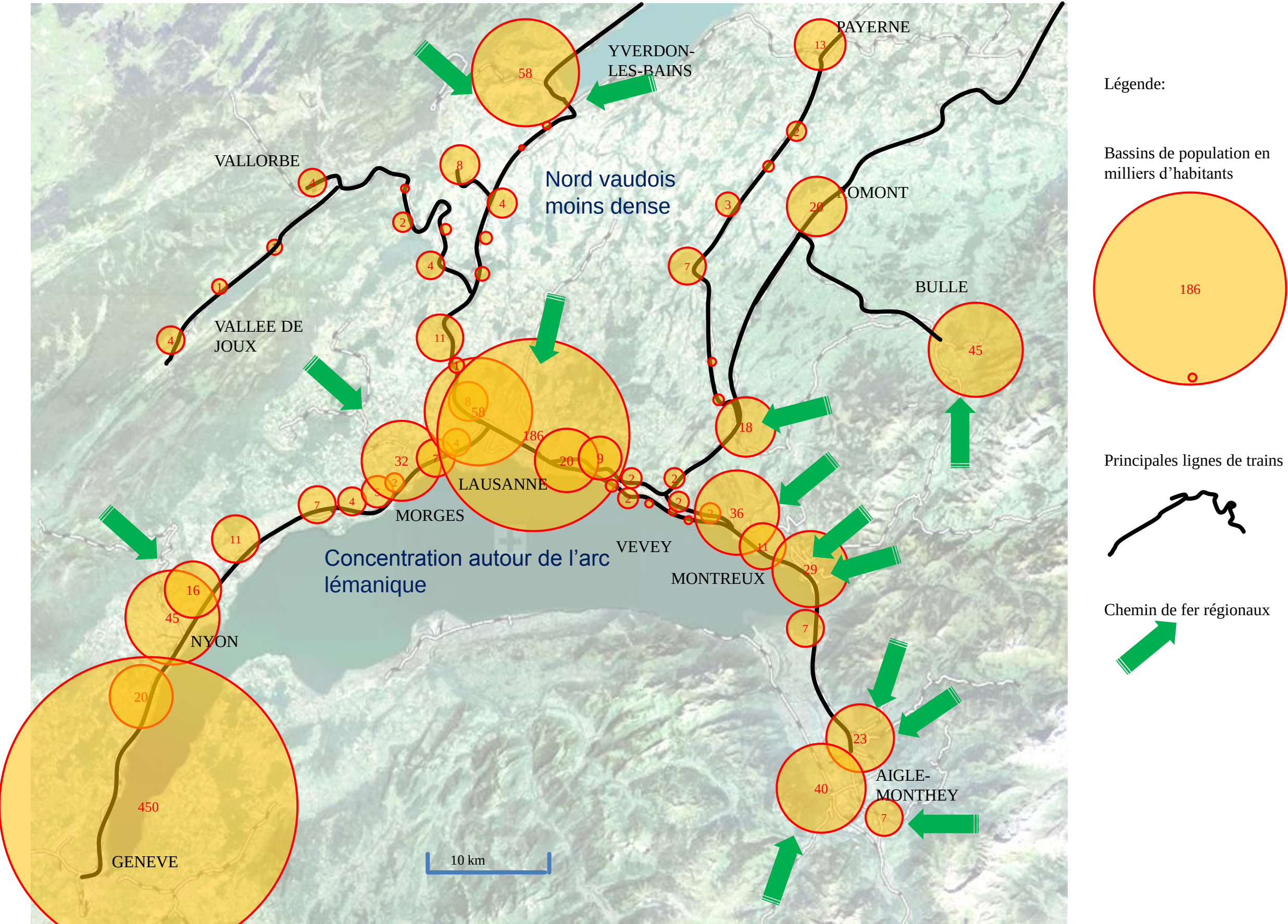
Le périmètre élargi du projet est principalement situé à l'intérieur du canton de Vaud. Ce dernier est habité par plus de 700'000 personnes en 2010. La plupart sont concentrées autour du bassin lémanique. L'agglomération lausannoise (330'000), la région de la Côte (100'000) ou encore la riviéra et l'est vaudois (100'000) représentent les trois quarts du canton de Vaud. Les régions du Nord Vaudois et de la Broye sont plus marginales, malgré Yverdon-les-Bains qui est tout de même la deuxième commune du canton de Vaud, en matière de population. Au-delà des frontières du cantonales, l'agglomération genevoise représente un énorme pôle avec près de 450'000 habitants pour le canton de Genève. Ainsi que plusieurs centaines de milliers d'habitants en France voisine. Les régions limitrophes de la Veveyse (FR) et de Monthey (VS) sont également à considérer.

Au niveau des lignes de trains du périmètre, la ligne Lausanne-Genève est sans conteste celle qui dessert le plus d'habitants. C'est aussi celle qui accueille le plus de trains. On observe non seulement une forte demande entre les pôles genevois et lausannois, mais également aux arrêts intermédiaires, avec Renens, Morges, Gland, Nyon, etc...

Même constat sur la ligne du Valais, où les pôles sont multiples (Vevey, Montreux, Aigle-Monthey, etc...). Au contraire, sur les lignes du Pied du Jura, et de Berne, les pôles sont moins nombreux avec seulement Yverdon respectivement Fribourg. La densité est bien plus faible sur les lignes au nord de Lausanne.



Figure 7: Bassins versant de population sur les lignes convergeant à Lausanne.



### 3.1.1. Evolution de la population.

La population Suisse va croître fortement ces prochaines années. Des 7.8 millions d'habitants actuels sont prévus, selon les scénarios, jusqu'à près de 10 millions à l'horizon 2035, selon l'office fédéral de la population. Au niveau cantonal, selon le scénario moyen, le canton de Vaud connaîtra la plus forte augmentation avec près de 23.8 % suivi de près par Fribourg (20.9%), Argovie (19.2 %) et Genève (18.2 %). A contrario, les populations des cantons de Berne du Jura et de Neuchâtel, évolueront peu (entre 2 et 5%).

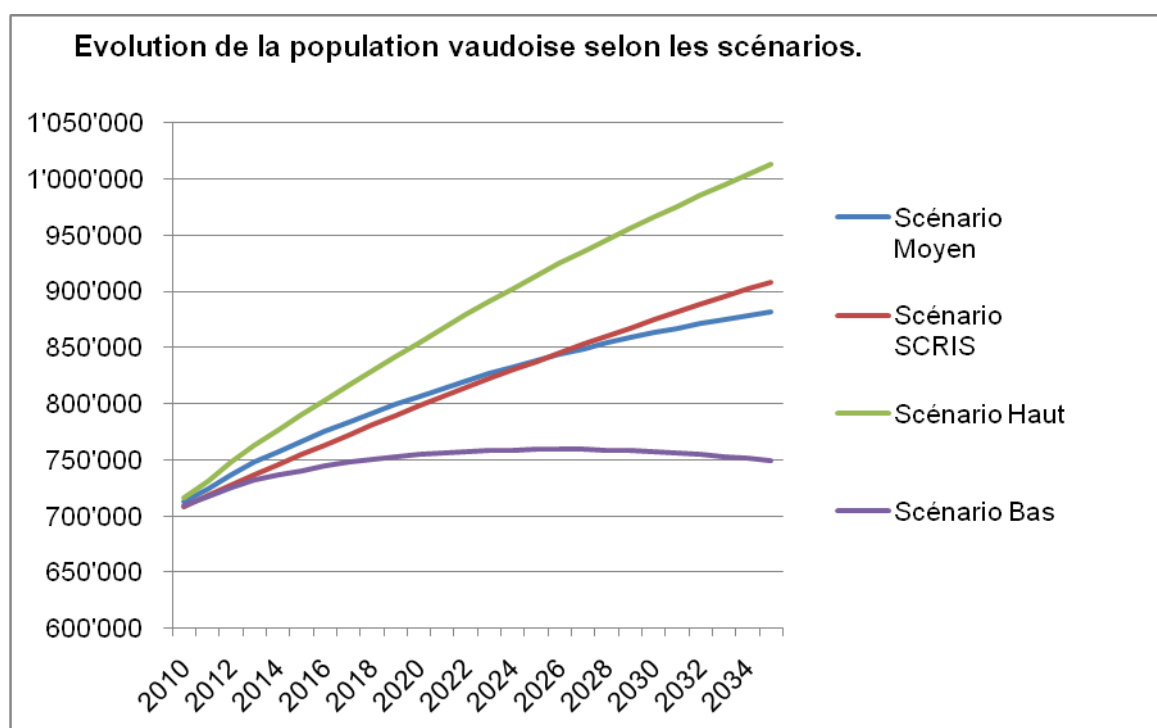
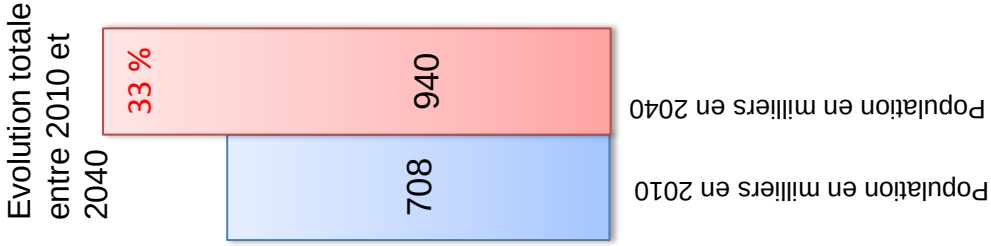
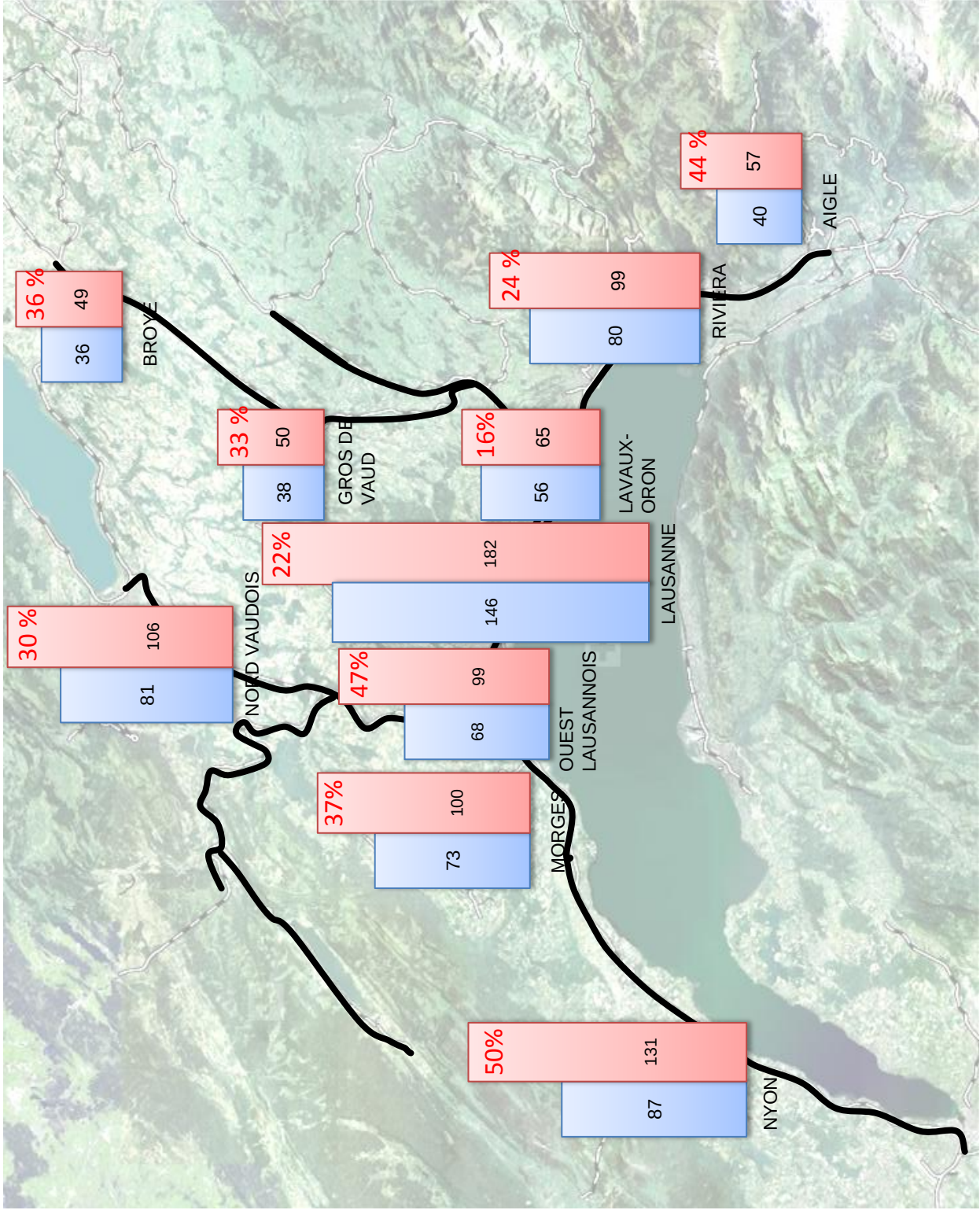


Figure 8: Evolution de la population d'ici 2035 dans le canton de Vaud, selon les scénarios.

Le canton de Vaud devrait atteindre 940'000 habitants d'ici 2040, soit une augmentation d'environ 33 %. Cette augmentation sera plus faible (environ 25%) sur les zones déjà fortement urbanisées (Grand Lausanne, Riviera). Au contraire les régions périphériques telles qu'Aigle, Morges, le Gros-de-Vaud, le Nord Vaudois et la Broye seront plus concernées (environ 35%). Le district de Nyon, à considérer comme faisant partie de l'agglomération franco-valdo-genevoise connaîtra la plus grosse augmentation avec 50% d'augmentation de population en trente ans. Les scénarios prévoient un fléchissement de la courbe, c'est-à-dire une diminution de l'augmentation annuelle. Cependant, il est envisageable d'imaginer que la population vaudoise atteigne le chiffre symbolique du million d'habitants aux environs de 2050.



Figure 9: Evolution probable de la population vaudoise par district entre 2010 et 2040.



A noter qu'il existe plusieurs scénarios, au jour d'aujourd'hui. Trois scénarios ont été émis par la confédération, un scénario bas, un scénario moyen et un scénario haut. Le canton a également publié ses projections, qui sont légèrement supérieures à celles du scénario fédéral moyen.

Les zones limitrophes au canton de Vaud, comme la région genevoise, les régions fribourgeoises de la Broye et de la Veveyse ainsi que le district valaisan de Monthey connaîtront des évolutions diverses. Le canton de Fribourg prévoit une forte expansion démographique probablement comparable à celle du canton de Vaud. Egalement d'environ 20% d'ici à 2030 et probablement 35-40% d'ici à 2050. Le canton du Valais prévoit une augmentation moindre de sa population, mais la région de Monthey pourrait connaître une évolution démographique similaire que la région d'Aigle, sa voisine. Du côté de Genève, le développement prévu est de l'ordre de 15% d'ici à 2030 et probablement d'environ 25% d'ici 2050. Par contre, l'agglomération genevoise déborde sur la France voisine, où plus d'espaces pour de nouvelles constructions sont disponibles.

Ces dix dernières années, la population a connu une augmentation annuelle supérieure à un pourcent dans le Canton de Vaud. Les districts de Nyon (2.1%), du Gros-de-Vaud (2,0 %) Morges (1.5%) et Aigle (1.5%) sont les plus dynamiques. Les prévisions cantonales par district existent pour les vingt prochaines années. La figure ci-contre montre la variation dans les deux prochaines décennies sur les régions vaudoises.

### **3.1.2. Hypothèses et conséquences sur les lignes de trains :**

L'augmentation de la population sera relativement homogène sur le périmètre du projet. De ce fait, le trafic régional (RER) et moyenne distance (RE) devrait subir une forte augmentation de fréquentation, et cela sur toutes les lignes. Par ailleurs, le trafic longue distance ne connaîtra pas la même augmentation de fréquentation selon les directions. En direction de Genève et du Valais, les chiffres montrent une forte augmentation de population. Par contre, en direction de Berne et du pied du Jura, l'augmentation du trafic longue distance sera très vraisemblablement moins importante. Ces hypothèses seront prises en compte lors de l'estimation du niveau d'offre nécessaire.

### 3.1.3. Evolution de la mobilité.

Les Suisses parcourent toujours plus de kilomètres quotidiennement. Chaque recensement depuis 1984 vérifie cette constatation. Cependant entre 2000 et 2005 cette augmentation était bien moindre et la distance parcourue quotidiennement par personne semble se stabiliser juste au-dessous des 40 km. Cependant, il est trop tôt pour déterminer s'il s'agit d'une réelle inflexion.

Le graphique ci-dessous montre l'évolution de la mobilité en Suisse entre 1984 et 2005. Une évolution linéaire (en rouge) conduirait à une très forte augmentation du nombre de kilomètres parcourus. Une approximation au deuxième degré (en vert) conduit à une inflexion à moyen-long terme. Une diminution de la mobilité dans le futur n'est également pas à exclure. L'évolution de ces valeurs dépendra de plusieurs variables sociales et économiques, comme le coût du transport, la situation de l'immobilier, le monde du travail ou la qualité des moyens de communication. Trop de variables qui ne peuvent pas faire sujet d'une étude détaillée dans ce travail.

Les hypothèses choisies dans ce travail font état d'une augmentation de 15 % de la mobilité par tranche d'ici 2030 et de 25% d'ici 2050. Ces chiffres se situent entre les deux approximations du graphique ci-dessous.

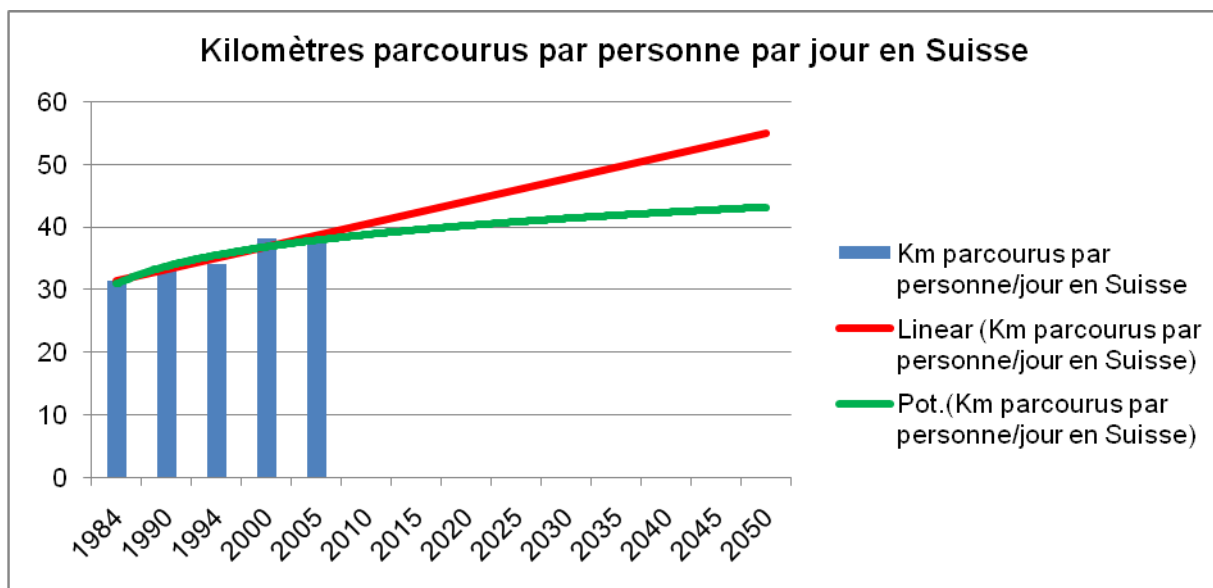


Figure 10: Evolution de la distance parcourue par personne chaque jour en Suisse.

### 3.1.4. Evolution des parts modales du transport ferroviaires :

Les chiffres issus des statistiques suisses fournissent la part modale de l'ensemble des transports publics et pas seulement des transports ferroviaires. Il est approximé ici que le développement des transports publics et du train sont équivalents, et seule l'augmentation relative est pertinente. Le tableau suivant montre la part modale des transports publics.

| Années                             | 1984 | 1989   | 1994  | 2000   | 2005   |
|------------------------------------|------|--------|-------|--------|--------|
| Part modale des transports publics | 15 % | 19.5 % | 18.6% | 17.9 % | 20.7 % |

Tableau 1 : Part modale des TP en Suisse, au nombre de kilomètres parcouru.

Seulement, les habitants des régions et des villes suisses ne se déplacent pas tous de la même manière. Les chiffres du micro-recensement 2005 montrent une différence notoire entre la Suisse alémanique et la Suisse romande. La part modale des transports publics est nettement plus faible autour du Léman que dans le nord et l'est du pays. Cette constatation est confortée par la qualité des réseaux de trains et de transports publics en général, mieux développés en Suisse alémanique. Il est à présent convenu d'essayer de « rattraper » le retard en matière de transports publics dans les cantons romands. Un réel engouement est en train de naître autour de Lausanne, notamment depuis la mise en service du métro M2.

|                 | Suisse | Grandes régions  |                   |                      |        |                  |                 |        |
|-----------------|--------|------------------|-------------------|----------------------|--------|------------------|-----------------|--------|
|                 |        | Région lémanique | Espace Mittelland | Suisse du Nord-Ouest | Zurich | Suisse orientale | Suisse centrale | Tessin |
| PART MODALE TP: | 20.42  | 17.68            | 18.52             | 22.11                | 29.20  | 19.82            | 16.11           | 8.99   |

Tableau 2: Part modale des transports publics en kilomètres parcourus, selon les régions. 2005.

L'objectif du département des infrastructures du canton de Vaud est de réduire massivement la part modale des transports individuels motorisés (TIM). De 75 % en 2005 à 70% en 2012, 65 % en 2020 et 50 % en 2050. L'objectif de 2012 reste possible en constatant la baisse amorcée depuis 2005. Elle se situe, selon le service de la mobilité du canton de Vaud aux environs de 72% en 2010. Le report modal des TIM se fera en grande partie sur les transports publics et également sur les mobilités douces. Pour atteindre ces objectifs, les transports publics devront atteindre une part modale de 35-40 % à l'horizon 2050. La part modale de la mobilité douce, devrait elle-aussi être amenée à augmenter, selon les volontés politiques.

Les aménagements et les améliorations sur les réseaux prévus pour 2030 devraient permettre de rattraper le retard concédé sur le reste de la Suisse. La politique en transport conjuguée à la probable augmentation du prix du pétrole amène à croire à un transfert modal important sur les transports publics. De ce fait, la part modale des transports publics devrait rejoindre d'ici

2030 les valeurs observées actuellement en région zurichoise, bâloise ou bernoise avec près de 25 à 30%.

Dans ce projet une évolution linéaire de la part modale des transports publics est prévue. Elle est estimée à 20 % en 2010 et atteindra 28 % en 2030 et 36 % en 2050.

| Année | Part modale | Augmentation par rapport à 2010 |
|-------|-------------|---------------------------------|
| 2010  | ~ 20 %      | -                               |
| 2030  | ~ 28 %      | + 40 %                          |
| 2050  | ~ 36 %      | + 80 %                          |

Tableau 3: Estimation de part modale en transport publics (en kilomètres parcourus).

### 3.1.5. Synthèse des hypothèses :

Le produit des facteurs d'augmentation des trois variables conduisent à une augmentation proche de 100 % d'ici à 2030 et de 200 % d'ici à 2050.

|                                       | 2010-2030   | 2010-2050   |
|---------------------------------------|-------------|-------------|
| Population                            | 1.22        | 1.38        |
| Mobilité                              | 1.15        | 1.25        |
| Part Modale                           | 1.40        | 1.80        |
| <b>Demande en transports publics.</b> | <b>1.96</b> | <b>3.10</b> |

Tableau 4: Facteurs d'augmentation des variables de la demande en transports publics.

En conséquence l'offre en place assises de 2010 sur le réseau ferroviaire devra être doublée en 2030 et triplée en 2050 pour répondre à la demande. Ce développement sera particulièrement marqué sur l'arc lémanique en direction de Genève. Il sera également marqué dans l'ensemble du canton de Vaud, donc pour les distances courtes à moyenne (RE, RER). Par contre, il sera moins développé sur les grandes lignes en direction de Bienne et Berne (Ligne de Berne et du pied du Jura). Premièrement car le développement de la population sera plus faible dans ces régions, et deuxièmement parce que la part modale en TP est plus importante dans ces régions, et par conséquent la marge d'amélioration moindre.

Les CFF tablent sur une augmentation de fréquentation d'environ 100 % entre Lausanne et Genève, ainsi qu'en gare de Lausanne. Les chiffres ci-dessus sont donc confirmés par les chiffres des CFF.

## 4. OFFRE

La réponse à l'augmentation de la demande se fait grâce à une augmentation du nombre de trains et également une augmentation du nombre de places assises dans les trains.

L'étude de l'offre porte sur trois horizons temporels. Premièrement, l'offre actuelle 2011, puis l'offre 2030, relativement bien connue, et le niveau d'offre en 2050, établie dans ce travail. L'offre est décrite à l'aide d'un horaire graphique réticulaire et également au nombre de places assises offertes.

### 4.1. Matériel roulant :

Les trains utilisés actuellement par les CFF feront place petit à petit à des trains plus modernes sur le réseau romand. Les trains type « Flirt » sur le trafic régional, les trains « Kiss » sur le trafic moyenne-distance, et les trains « twindexx » sur le trafic longue distance. Ces trains permettront de gagner à la fois en temps de parcours, mais également en capacité, avec une généralisation des trains à deux étages pour les trains RE, IR et IC.

| Trains      | Etages | Places assises/éléments | Nb voitures | Longueur (m) | Capacité maximale appox. |
|-------------|--------|-------------------------|-------------|--------------|--------------------------|
| Flirt       | 1      | 173                     | 4           | 74           | 700                      |
| Domino      | 1      | 170                     | 3           | 75           | 700                      |
| Kiss RE     | 2      | 337                     | 4           | 100          | 1350                     |
| Kiss        | 2      | 535                     | 6           | 150          | 1070                     |
| ICN         | 1      | 457                     | 7           | 188          | 900                      |
| IC 2000     | 2      | 96                      | 1           | ~30          | 1200                     |
| Twindexx IC | 2      | 621                     | 7           | 200          | 1240                     |
| Twindexx IR | 2      | 696                     | 7           | 200          | 1400                     |

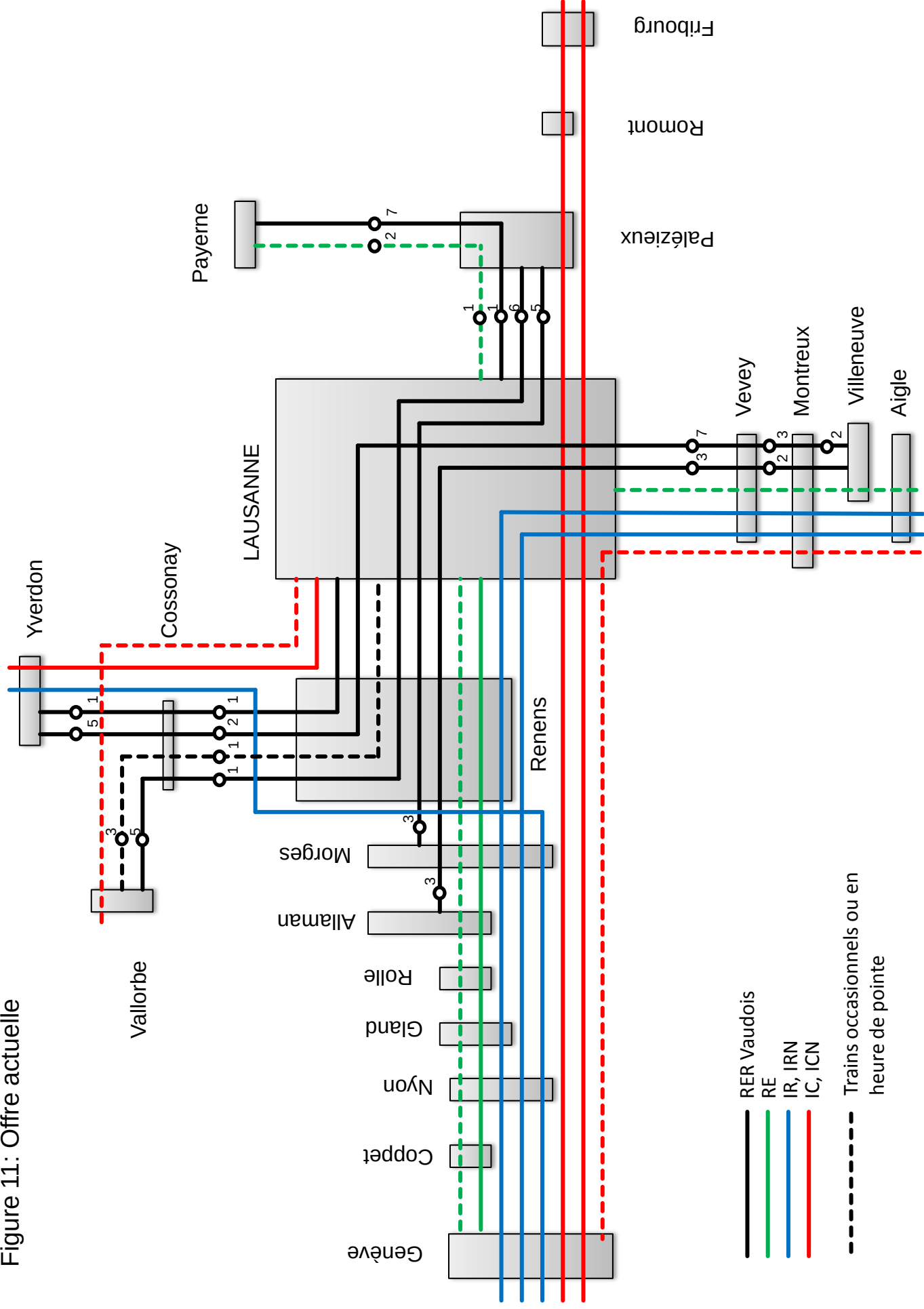
Tableau 5: Propriétés des différentes rames, en circulation ou bientôt en circulation.

### 4.2. Capacité d'accueil des gares :

La longueur des voies en gare et le facteur limitant pour le passage des trains. Les IC nécessite une longueur supérieure à 400 m. C'est le cas notamment à Lausanne, Genève, Montreux, Yverdon, Fribourg, etc... Les gares de Nyon, Morges sont également partiellement équipées de voies de cette longueur. Les quais des gares desservies par les IR et les RE sont de dimensions intermédiaires (entre 250 et 350 mètres). Par contre, les quais des gares régionales peuvent être relativement petites, jusqu'à seulement 100 mètres de longueur. Le rallongement des quais est une solution économique pour augmenter la capacité, et les quais de plusieurs gares seront probablement rallongés d'ici 2050.



Figure 11: Offre actuelle



### 4.3. Offre actuelle

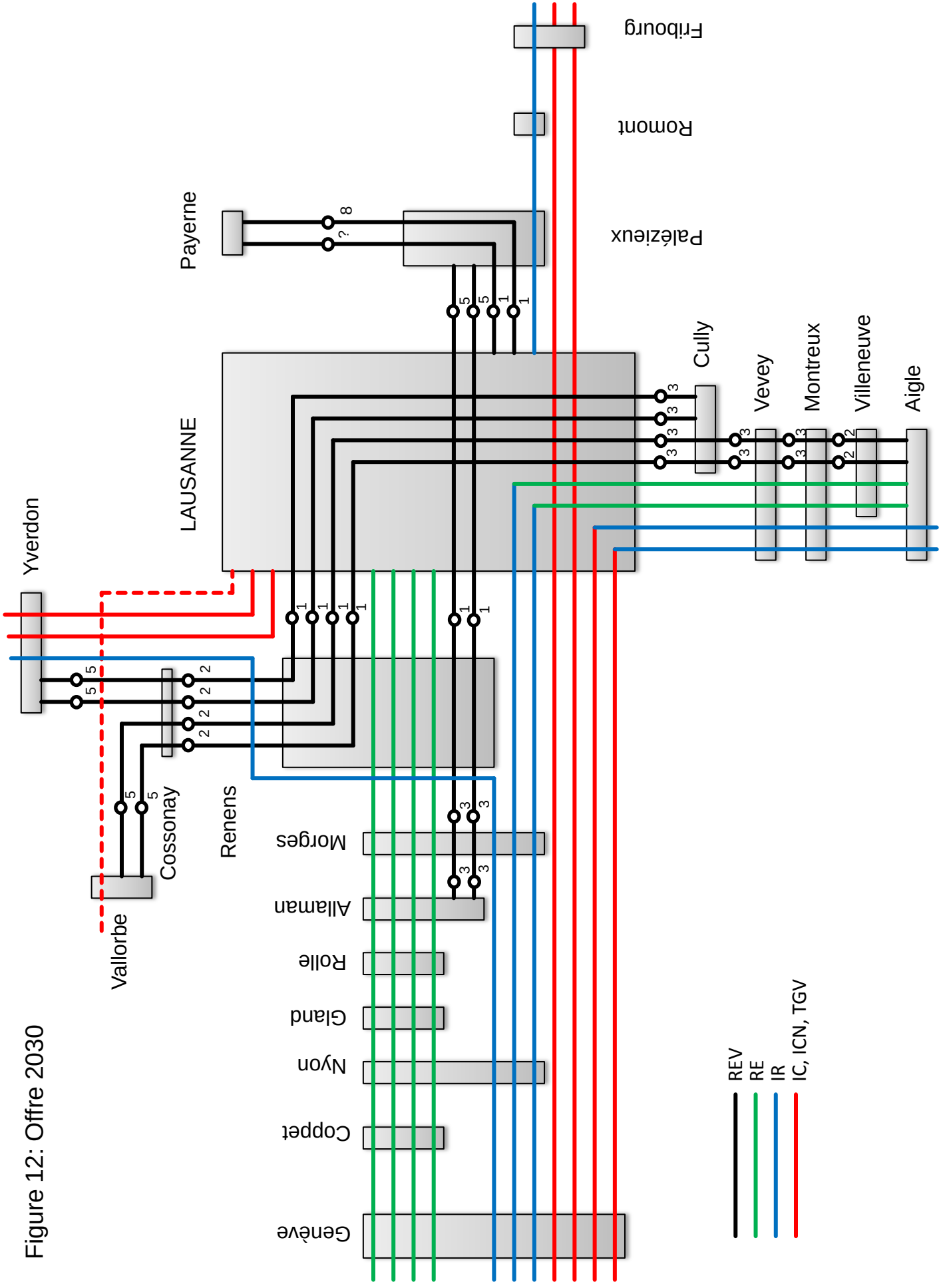
L'offre actuelle est visible sur la figure ci-contre. A noter que plusieurs trains sont présents uniquement durant les heures de pointes. Les calculs de capacité qui suivent tiennent compte de la moyenne entre les heures creuses et les heures de pointes.

| 2010                |     | Ligne            | train | nb<br>trains | places<br>assises | Places<br>assises/heure | Type de<br>trains | Taille trains |
|---------------------|-----|------------------|-------|--------------|-------------------|-------------------------|-------------------|---------------|
| Grandes<br>lignes   | 100 | Genève - Brig    | IR    | 2            | 700               | 1400                    | IR                | dépend        |
|                     | 100 | Total > Valais   | IR    | 2            |                   | <b>1400</b>             |                   |               |
| Heures<br>creuses   | 150 | Genève - St-Gall | IC    | 1            | 1000              | 1000                    | IC 2000           | dépend        |
|                     | 150 | Genève – Lucerne | IC    | 1            | 700               | 700                     | IR                | dépend        |
|                     | 150 | Genève – Brigue  | IR    | 2            | 700               | 1400                    | IR                | dépend        |
|                     | 150 | Bienne-Genève    | IRN   | 1            | 450               | 450                     | ICN               | 1 unité       |
|                     | 150 | Lausanne-Genève  | RE    | 1            | 600               | 600                     | RE                | dépend        |
|                     | 150 | Total > Genève   |       | 6            |                   | <b>4150</b>             |                   |               |
|                     | 210 | Lausanne-Bienne  | ICN   | 2            | 450               | 900                     | ICN               | 2 unités      |
|                     | 210 | Genève - Bienne  | IRN   | 1            | 450               | 450                     | ICN               | 1 unité       |
|                     | 210 | Total > Bienne   |       | 3            |                   | <b>1350</b>             |                   |               |
|                     | 250 | Genève - St-Gall | IC    | 1            | 1200              | 1200                    | IC 2000           | 10 voitures   |
|                     | 250 | Genève - Lucerne | IR    | 1            | 700               | 700                     | IR                | dépend        |
|                     | 250 | Total > Berne    |       | 2            |                   | <b>1900</b>             |                   |               |
|                     |     |                  |       |              |                   |                         |                   |               |
|                     |     |                  |       |              |                   |                         |                   |               |
| 2010                |     | Ligne            | train | nb<br>trains | places<br>assises | Places<br>assises/heure | Type de<br>trains | Taille trains |
| Grandes<br>lignes   | 100 | Genève - Brig    | IR    | 2            | 700               | 1400                    | IR                | dépend        |
|                     | 100 | Lnne-St-Maurice  | RE    | 2            | 600               | 1200                    | RE                | dépend        |
| Heures de<br>pointe | 100 | Total > Valais   |       | 2            |                   | <b>2600</b>             |                   |               |
|                     | 150 | Genève - St-Gall | IC    | 1            | 1200              | 1200                    | IC 2000           | dépend        |
|                     | 150 | Genève – Lucerne | IC    | 1            | 800               | 800                     | IR                | dépend        |
|                     | 150 | Genève - Brigue  | IR    | 2            | 700               | 1400                    | IR                | dépend        |
|                     | 150 | Bienne-Genève    | IRN   | 1            | 900               | 900                     | ICN               | 2 unités      |
|                     | 150 | Lausanne-Genève  | RE    | 2            | 600               | 1200                    | RE                | dépend        |
|                     | 150 | Total > Genève   |       | 6            |                   | <b>5500</b>             |                   |               |
|                     | 210 | Lausanne-Bienne  | ICN   | 1            | 900               | 900                     | ICN               | 2 unités      |
|                     | 210 | Genève - Bienne  | IRN   | 1            | 900               | 900                     | ICN               | 2 unités      |
|                     | 210 | Total > Bienne   |       | 2            |                   | <b>1800</b>             |                   |               |
|                     | 250 | Genève - St-Gall | IC    | 1            | 1000              | 1000                    | IC 2000           | dépend        |
|                     | 250 | Genève – Lucerne | IR    | 1            | 700               | 700                     | IR                | dépend        |
|                     | 250 | Total > Berne    |       | 2            |                   | <b>1700</b>             |                   |               |
|                     |     |                  |       |              |                   |                         |                   |               |
|                     |     |                  |       |              |                   |                         |                   |               |

Tableau 6: Nombre de places assises offertes sur les lignes convergeant à Lausanne en 2010. Trafic longue et moyenne distance.

Figure 12: Offre 2030

Figure 12: Offre 2030



## 4.4. Niveau d'offre nécessaire

D'après les hypothèses effectuées dans l'étude de la demande, l'offre devra suivre une augmentation de demande de 96% d'ici 2030, et de 210% d'ici 2050. Ce qui correspond par ligne :

| Années                 |                 | 2010 HC | 2010 HP | 2010    | 2030 | 2050  |
|------------------------|-----------------|---------|---------|---------|------|-------|
| Facteur d'Augmentation |                 |         |         | Moyenne | 1.96 | 3.1   |
|                        | Lignes :        |         |         |         |      |       |
| 100                    | Lausanne-Sion   | 1400    | 2600    | 2000    | 3920 | 6200  |
| 150                    | Lausanne-Genève | 4150    | 5500    | 4825    | 9457 | 14958 |
| 210                    | Lausanne-Bienne | 1350    | 1800    | 1575    | 3087 | 4883  |
| 250                    | Lausanne-Berne  | 1900    | 1700    | 1800    | 3528 | 5580  |

Tableau 7: Nombre de places assises nécessaires sur les lignes convergeant à Lausanne. Trafic longue et moyenne distance.

Une augmentation légèrement supérieure sera nécessaire en direction de Genève et de Sion alors qu'une augmentation légèrement inférieure pourra suffire en direction de Bienne/Berne. Ces hypothèses sont issues de l'étude de la demande qui montre une augmentation de l'offre moins prononcée en direction du nord qu'autour du bassin lémanique.

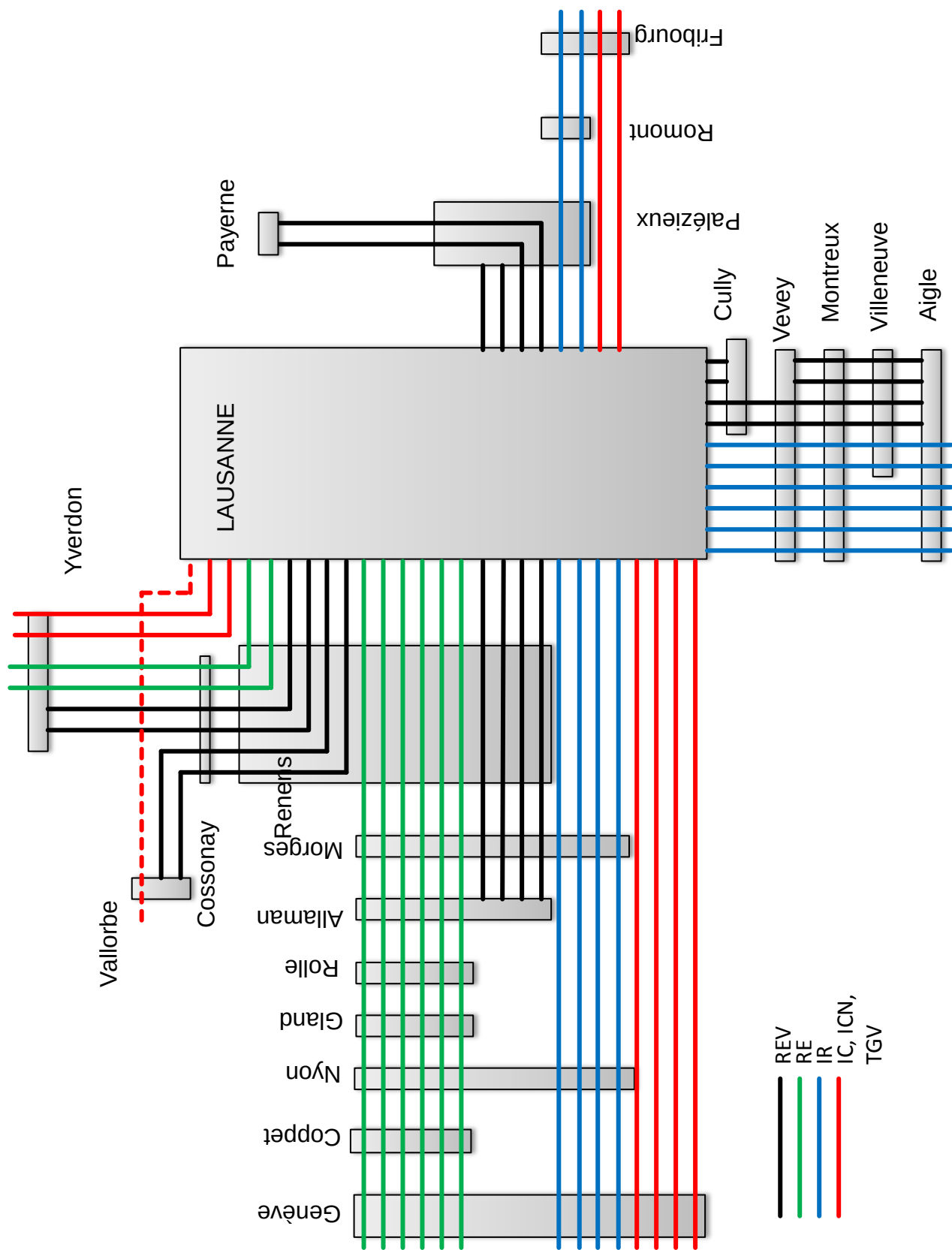
## 4.5. Offre 2030

L'offre 2030 n'est pas encore complètement définie. Cependant, une variante est définie ici et permet de définir une base d'étude. La figure ci-contre montre l'offre en 2030.

Les points restant encore peu clair concernent le nombre de RE en direction de Genève, la continuation d'un ou deux RER en direction de Vallorbe, ainsi que le nombre de trains en direction de la Broye. Les hypothèses les plus « optimistes » en matière de desserte ont été choisies dans ce projet.

| 2030           | Ligne                 | train | nb trains | places assises | Places assises/heure | Type de trains probables | Taille trains |
|----------------|-----------------------|-------|-----------|----------------|----------------------|--------------------------|---------------|
| Grandes lignes | 100 Genève – Brigue   | IR    | 2         | 1200           | 2400                 | IC 2000                  | 10 voitures   |
|                | 100 Genève – Aigle    | RE    | 2         | 700            | 1400                 | Kiss                     | 2 unités      |
|                | 100 > Valais          | Total | 4         |                | <b>3800</b>          |                          |               |
|                | 150 Genève - St-Gall  | IC    | 2         | 1250           | 2500                 | B. Twindexx              | 2 unités      |
|                | 150 Genève – Brigue   | IC    | 2         | 1200           | 2000                 | IC 2000                  | 10 voitures   |
|                | 150 Genève - Lausanne | IR    | 2         | 700            | 1400                 | Kiss                     | 2 unités      |
|                | 150 Genève - Bienne   | IRN   | 1         | 900            | 900                  | ICN                      | 2 unités      |
|                | 150 Genève - Lausanne | RE    | 4         | 700            | 2800                 | Kiss                     | 2 unités      |
|                | 150 > Genève          | Total | 11        |                | <b>9600</b>          |                          |               |

Figure 13: Niveau d'offre 2050



| 2030           | Ligne                | train | nb trains | places assises | Places assises/heure | Type de trains probables | Taille trains |
|----------------|----------------------|-------|-----------|----------------|----------------------|--------------------------|---------------|
| Grandes lignes | 210 Lausanne-Bienne  | ICN   | 2         | 900            | 1800                 | ICN                      | 2 unités      |
|                | 210 Genève - Bienne  | IRN   | 1         | 900            | 900                  | ICN                      | 2 unités      |
|                | 210 > Bienne         | Total | 3         |                | <b>2700</b>          |                          |               |
|                | 250 Genève - St-Gall | IC    | 2         | 1250           | 2500                 | B. Twindexx              | 2 éléments    |
|                | 250 Lausanne-Berne   | IR    | 1         | 700            | 700                  | Kiss                     | 2 éléments    |
|                | 250 > Berne          | Total | 3         |                | <b>3200</b>          |                          |               |
|                |                      |       |           |                |                      |                          |               |

Tableau 8: Nombre de places assises offertes sur les lignes convergeant à Lausanne en 2030. Trafic longue et moyenne distance

## 4.6. Offre 2050

Ce projet définit un niveau d'offre nécessaire pour répondre à la demande. A ce stade de l'étude, les diamétralisations à travers Lausanne ne sont volontairement pas fixées. Qui plus est, l'affinage de l'offre et la politique d'arrêt reste bien sûr à préciser. Difficile également de prévoir le nombre de places assises dans des trains, qui feront certainement des progrès techniques considérables d'ici là. Les hypothèses suivantes ont été posées : Les trains IC et IR seront de 400 m et proposeront environ 1250 places. Les trains RE seront de 300 m en tout cas, et proposeront environ 1000 places assises.

| 2050           | Ligne               | train | nb trains | places assises | Places assises/heure | Type de trains | Taille trains |
|----------------|---------------------|-------|-----------|----------------|----------------------|----------------|---------------|
| Grandes lignes | 100 Lausanne-Sion   | IR/IC | 2         | 1250           | 2500                 | ?              | 400 m         |
|                | 100 Lausanne-Sion   | RE    | 4         | 1000           | 4000                 | ?              | 300 m         |
|                | 100 > Valais        | Total | 4         |                | <b>6500</b>          |                |               |
|                | 150 Lausanne-Genève | IC    | 4         | 1250           | 5000                 | ?              | 400 m         |
|                | 150 Lausanne-Genève | IR    | 4         | 1000           | 4000                 | ?              | 400 m         |
|                | 150 Lausanne-Genève | RE    | 6         | 1000           | 6000                 | ?              | 300 m         |
|                | 150 > Genève        | Total | 14        |                | <b>15000</b>         |                |               |
|                | 210 Lausanne-Bienne | IC    | 2         | 1250           | 2500                 | ?              | 400 m         |
|                | 210 Lausanne-Bienne | RE    | 2         | 1000           | 2000                 | ?              | 300 m         |
|                | 210 > Bienne        | Total | 4         |                | <b>4500</b>          |                |               |
|                | 250 Lausanne-Berne  | IC    | 2         | 1250           | 2500                 | ?              | 400 m         |
|                | 250 Lausanne-Berne  | IR    | 2         | 1250           | 2500                 | ?              | 400 m         |
|                | 250 > Berne         | Total | 4         |                | <b>5000</b>          |                |               |
|                |                     |       |           |                |                      |                |               |
|                |                     |       |           |                |                      |                |               |

Tableau 9: Nombre de places assises offertes sur les lignes convergeant à Lausanne en 2050. Trafic longue et moyenne distance



## 4.7. Bilan de l'offre longue et moyenne distance

Les tableaux ci-dessous illustrent la divergence entre les scénarios d'offre et de demande prévus par ce projet. D'une manière générale, les valeurs planifiées sont relativement proches. Les lignes Lausanne-Sion et Lausanne-Genève subissent une augmentation de capacité plus importante que les lignes Lausanne-Bienne et Lausanne. Ceci reste en accord avec les hypothèses énoncées plus haut.

Tableau 10: Nombre de places assises fournies chaque heure par lignes selon le scénario d'offre.

|     | Lignes          | 2010 | 2010 HP | 2030 | 2050  |
|-----|-----------------|------|---------|------|-------|
|     |                 |      |         |      |       |
| 100 | Lausanne-Sion   | 1400 | 2600    | 3800 | 6500  |
| 150 | Lausanne-Genève | 4620 | 5500    | 9600 | 15000 |
| 210 | Lausanne-Bienne | 1800 | 1800    | 2700 | 4500  |
| 250 | Lausanne-Berne  | 1600 | 2400    | 3200 | 5000  |

Tableau 11: Ecart entre le scénario d'offre et de demande formulé.

|     | Lignes          | 2030 | 2050 |
|-----|-----------------|------|------|
|     |                 |      |      |
| 100 | Lausanne-Sion   | -3%  | 5%   |
| 150 | Lausanne-Genève | 1%   | 0%   |
| 210 | Lausanne-Bienne | -14% | -9%  |
| 250 | Lausanne-Berne  | -10% | -12% |

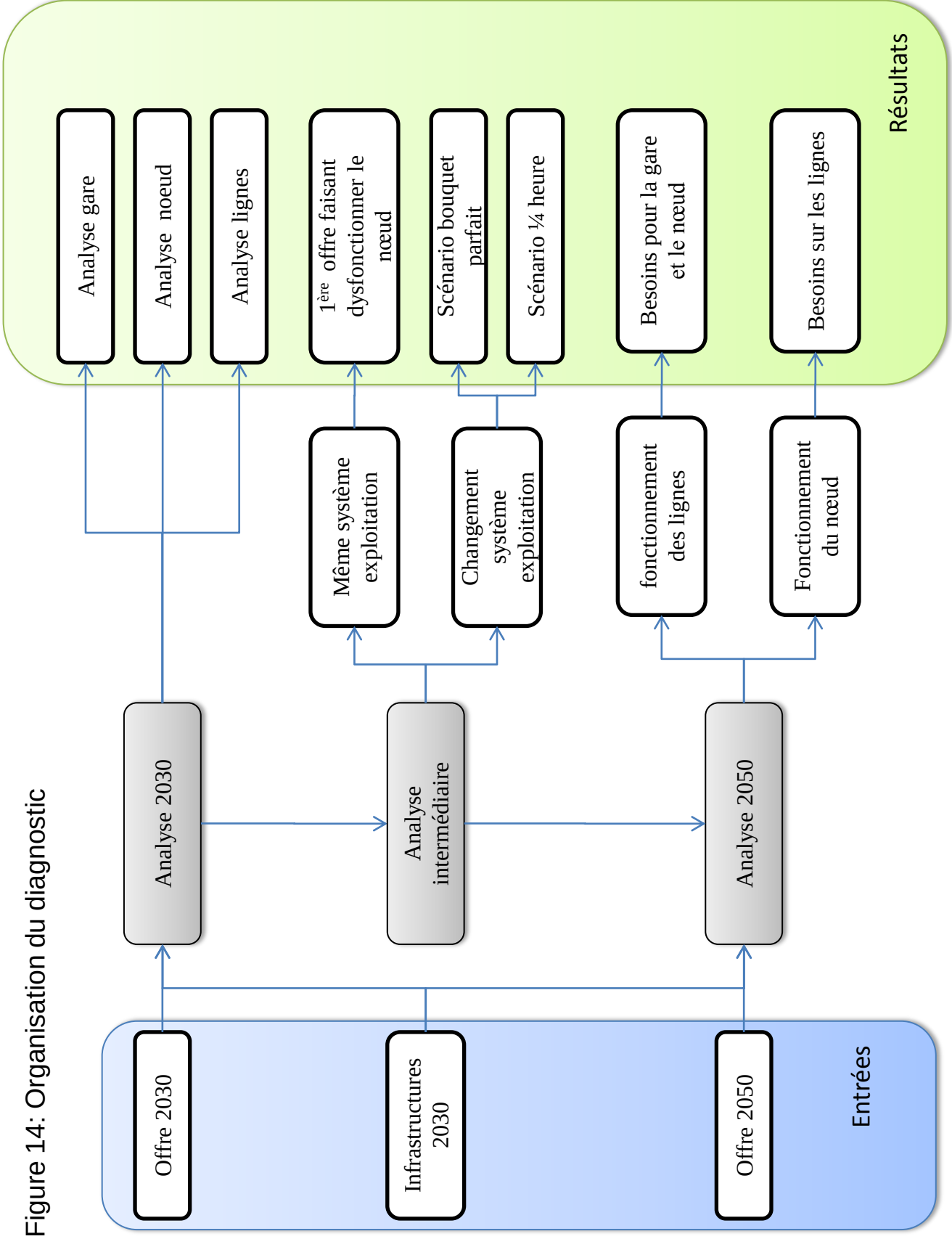
## 4.8. Offre régionale

L'offre régionale jouit d'une plus grande marge d'amélioration au niveau du nombre de places assises. En doublant la longueur des trains (+100 %) ou en passant à des trains à deux étages (+ ~40%), la capacité des trains peut être passablement augmentée. La fréquence, quant-à-elle, peut-être déterminante. La fréquence au quart d'heure entre Cossonay et Cully ne sera probablement pas augmentée d'avantage. En doublant par rapport à aujourd'hui le nombre de train et en doublant également leur longueur, une augmentation de 400 % de capacité est possible. Par contre, sur l'axe Allaman-Palézieux, une offre au quart d'heure est envisageable d'ici 2050, de même que sur la riviéra entre Vevey-Villeneuve.

## **4.9. Conclusion de l'étude de l'offre**

L'offre ferroviaire subira une forte augmentation. Cette augmentation ne sera pas réalisée forcément exactement pour 2050. Trop d'inconnues sur la demande, forcent à admettre que ce niveau d'offre sera peut-être atteint un peu avant ou un peu après. La date de 2050 n'est donc pas à prendre au pied de la lettre. Le niveau d'offre choisi permet une augmentation conséquente par rapport à 2030. Un palier supplémentaire, du même ordre qu'entre 2010 et 2030 sera franchi. Cette offre est aussi calibrée pour faire dysfonctionner le nœud et permettre de dégager les problèmes lausannois.

Figure 14: Organisation du diagnostic



## 5. DIAGNOSTIC 2030

---

### 5.1. Organisation du diagnostic

A partir des offres 2030 et 2050 déterminée précédemment ainsi que de l'étude des infrastructures sont effectués trois diagnostics, à trois horizons temporels différents. Tout d'abord, il s'agit de d'analyser le fonctionnement de l'offre en 2030 afin de savoir, dans un premier temps, si elle fonctionne, et surtout comment elle fonctionne. La deuxième phase de l'analyse cherche le moment précis où une nouvelle augmentation d'offre fera dysfonctionner la gare. Une analyse complémentaire, effectuée avec des systèmes de dessertes différents détermine si un autre système serait plus favorable à la gare de Lausanne. Finalement, le diagnostic 2050 correspond à l'analyse de l'offre 2050, avec l'infrastructure 2030. Il s'agit d'identifier les probables dysfonctionnements, et ensuite, de rechercher les besoins généraux en infrastructures nécessaires en gare ou/et en ligne pour faire permettre le fonctionnement du schéma d'offre.

### 5.2. Comparaison des gares suisses.

La gare de Lausanne est actuellement relativement pleine et l'augmentation du trafic à venir ne facilitera pas le problème. Intuitivement, la gare semble très utilisée par rapport aux autres gares suisses. Le tableau de la page suivante montre la moyenne du nombre de trains par voies chaque heure dans les principales gares traversantes de Suisse. Il confirme ce sentiment. Bien sûr, ce tableau ne permet pas d'établir un jugement sur la gare de Lausanne, car chaque gare est à placer dans un contexte différent.

Si actuellement, la gare de Lausanne se situe en milieu de classement et n'est donc pas parmi les plus chargées, la situation en 2030 est nettement plus critique. En effet avec plus de quatre trains par heure sur chaque voie, on atteint des chiffres pas encore atteint aujourd'hui en Suisse. Cette constatation conforte l'idée que la gare de Lausanne sera déjà fortement saturée en 2030. De plus, la gare de Berne qui accueille environ 3,3 trains par heure en moyenne par voies réfléchit déjà à une gare souterraine. A noter que certaines gares accueillent plus de trains rebroussant ou/et terminant leurs courses que d'autres. Ces trains nécessitent évidemment plus de temps en gare. Ces chiffres n'ont qu'une valeur indicative.

### Principales gares traversantes en Suisse

|                            | Nombre de trains par heure | Nombre de voies | Nombre de trains par voies par heure |
|----------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| Lausanne 2030              | 33                         | 8               | <b>4.13</b>                          |
| Berne ****                 | 40                         | 12              | <b>3.33</b>                          |
| Olten ***                  | 33                         | 10              | <b>3.30</b>                          |
| Lausanne 2011 (H pointes)* | 25                         | 8               | <b>3.13</b>                          |
| Soleure                    | 15                         | 5               | <b>3.00</b>                          |
| St-Gall                    | 13                         | 5               | <b>2.60</b>                          |
| Winterthur **              | 18                         | 7               | <b>2.57</b>                          |
| Lausanne 2011 (H creuses)* | 18                         | 8               | <b>2.25</b>                          |
| Fribourg                   | 11                         | 5               | <b>2.20</b>                          |
| Neuchâtel                  | 14                         | 7               | <b>2.00</b>                          |
| Bienne                     | 16                         | 9               | <b>1.78</b>                          |

\* ne tient pas compte de la voie 70 et des trains affectés dessus.

\*\* ne tient pas compte des voies 1 et 2 et des trains affectés dessus.

\*\*\* quatre trains ne s'y arrêtent pas.

\*\*\*\* ne tient pas compte de la gare RBS. En outre, les voies 12 et 13 sont parfois utilisées par plusieurs trains en même temps.

Tableau 12: Occupation moyenne des quais des principales gares traversantes

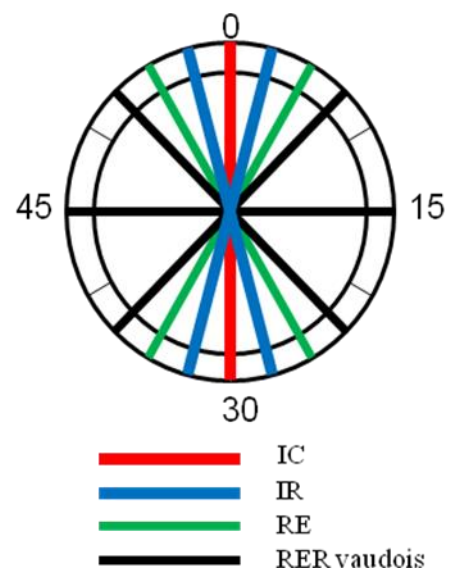
## 5.3. Analyse de la gare

### 5.3.1. Fonctionnement théorique :

La gare de Lausanne est un nœud de correspondance du réseau national. Il est actuellement centré sur les minutes 15/45 environ. (xx h 15' et xx h 45'). D'ici 2030, le gain de temps planifié sur le tronçon Lausanne-Berne permettra de faire de Lausanne un nœud 0/30.

Cela signifie que les IC s'arrêteront en gare de Lausanne aux minutes zéro et trente de chaque heure (en rouge). Ensuite, les produits s'arrêtant plus souvent circuleront derrière, pour ne pas gêner les IC. Ainsi, les IR puis les RE passeront décalés de quelques minutes avant/après le nœud IC. Deux types de régionaux circulent à travers Lausanne. Les régionaux de l'axe Cully-Cossonay seront cadencés au quart d'heure. Ces derniers éviteront les

Figure 16: Cadencement théorique de la gare de Lausanne en 2030



nœuds IC et passeront autour des minutes 7.5, 22.5, 37.5 et 52.5 en gare de Lausanne. Les régionaux de l'axe Allaman-Palézieux seront eux cadencés à la demi-heure, et passeront à Lausanne autour des minutes 15 et 45.

### **5.3.2. Fonctionnement en pratique :**

Le fonctionnement de la gare de Lausanne n'est pas aussi simple en pratique qu'il ne l'est en théorie. De manière générale, les trains ne se succèdent pas de manière aussi organisée que ci-dessus. Mais le principal problème vient du décalage de l'IC Genève-Berne-St-Gall. En effet, le temps de parcours entre Lausanne et Berne ne sera probablement pas suffisamment diminué pour que cet IC passe exactement aux minutes du nœud. La conséquence du décalage de l'IC est relativement importante, puisque les IR et le RE qui doivent toujours suivre ou précéder les IC sont décalés de quelques minutes, jusqu'aux minutes des trains régionaux.

Le nœud « grandes lignes » est donc relativement long et dure environ quinze minutes. Les quinze minutes autour des deux nœuds temporels sont très exploitées tandis que les minutes autour de xxh15' et xxh45' sont sous-exploitées.

### **5.3.3. Affectation des trains :**

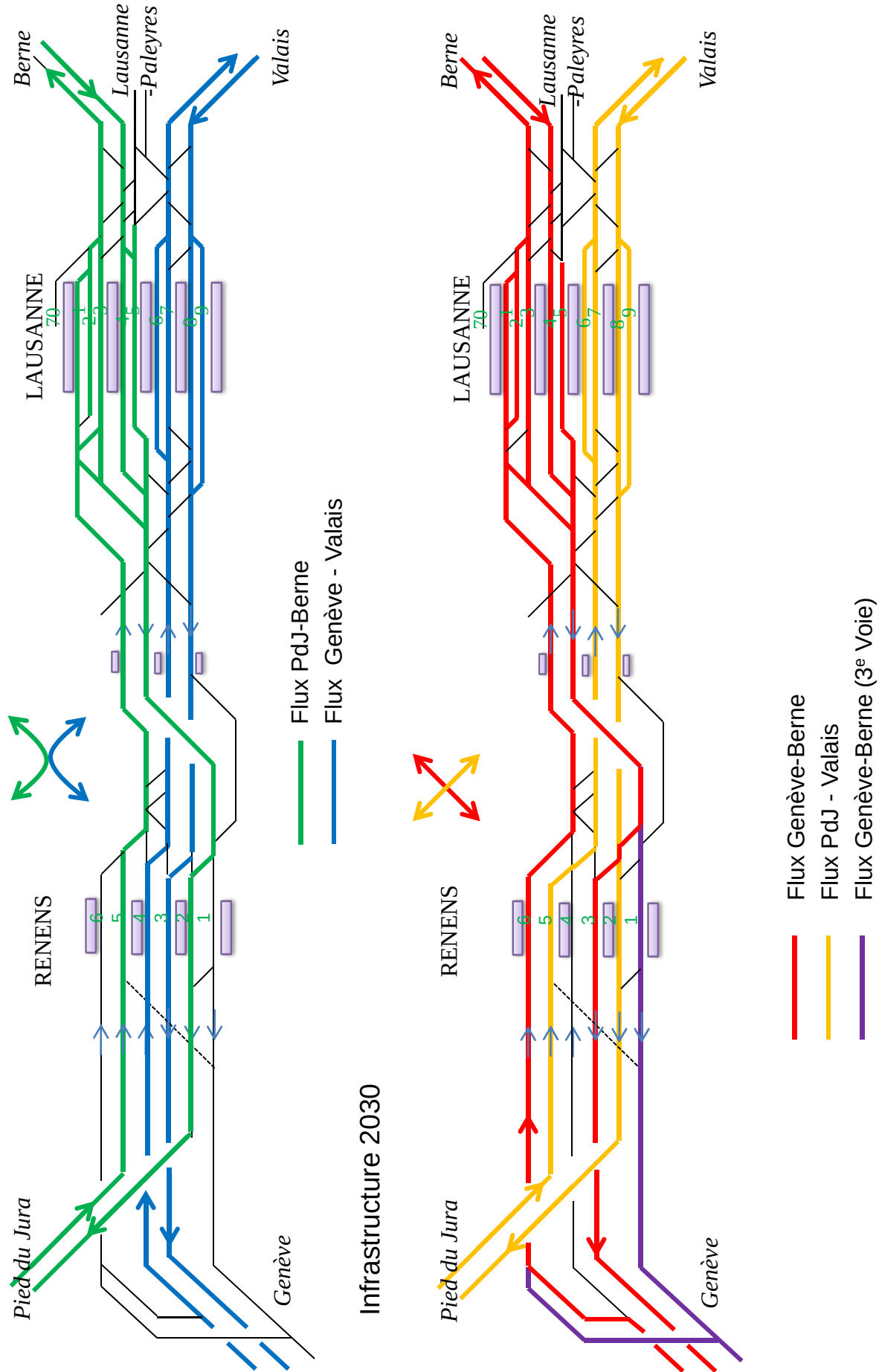
De manière générale, la gare de Lausanne est séparée en deux. La partie nord accueille les trains en direction de Berne, alors que la partie sud, est dédiée aux trains pour le Valais. Les trains venant de l'ouest et rebroussant à Lausanne peuvent « choisir » leur partie de gare.

Le graphique d'occupation des voies (en annexe) montre un système possible parmi d'autres. Tous les trains trouvent une place, mais les marges sont très restreintes, particulièrement, autour des minutes 0/30.

### **5.3.4. Raisonnement sur les correspondances**

Les correspondances entre le Valais et Berne ne se feront plus entre IC, mais entre les IC sur Lausanne – Berne et les RE sur Lausanne – Bas-Valais. D'une manière générale, les correspondances perdent de leur importance avec l'augmentation de la fréquence. En effet, dans un cadencement à l'heure et à la demi-heure, les correspondances sont primordiales, alors qu'avec un cadencement au quart d'heure, les temps d'attente ne dépassent pas plus que quinze minutes, ce qui reste raisonnable.

Figure 16 : Système de passage des flux à travers l'infrastructure 2030.





## 5.4. Organisation du nœud

La future infrastructure sur le nœud lausannois permettra de faire circuler deux trains simultanément sur chaque sens entre Lausanne et Renens. Ce système de passage relativement complexe est décrit dans la figure ci-contre. Le saut de mouton permet de réorganiser les flux. A l'est de ce dernier (Lausanne), les trains sont séparés par direction au nord pour Berne, au sud pour le Valais. A l'ouest (Renens), les trains sont séparés par sens de marche. Au sud en direction de l'ouest, Au nord en direction de l'est. L'analyse qui suit montre les mouvements à travers ce nœud et les conséquences découlant pour les trains.

### 5.4.1. Mouvement compatibles :

Pour effectuer deux départs / arrivées à Lausanne, l'origine et la destination des trains doivent être différentes. C'est-à-dire que les mouvements possibles simultanément sont les suivants :

- Genève – Berne en même temps que Pied-du-Jura – Valais.
- Genève – Valais en même temps que Pied-du-Jura – Berne.

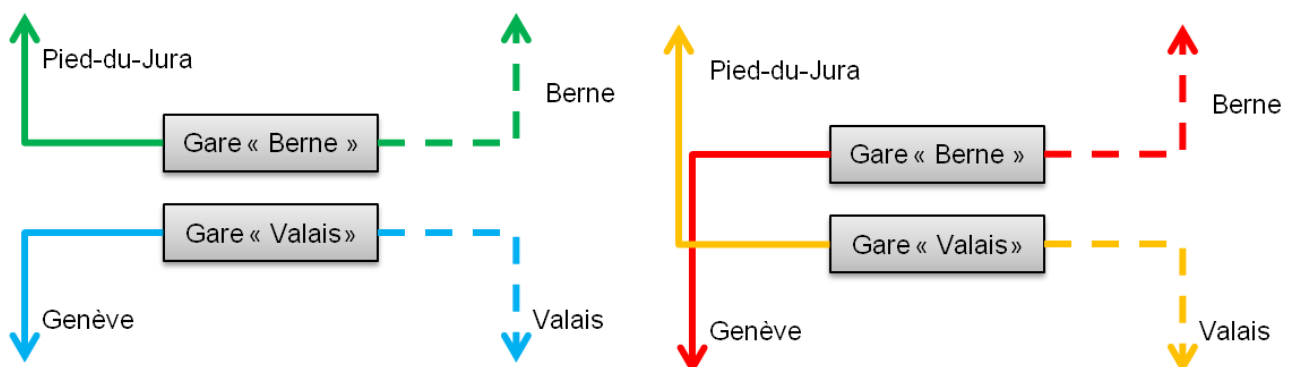
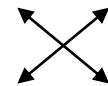


Figure 18: Mouvements compatibles simultanément à travers le nœud lausannois.

Ce qui signifie en termes de trains, notamment :

- Les RER Allaman – Palézieux peuvent circuler à travers le nœud en même temps que les RER Cossonay – Cully.
- S'il est arrêté sur le nord de la gare de Lausanne, l'ICN Lausanne-Bienne peut circuler en même temps que l'IC Genève – St-Gall. S'il est au sud, il peut circuler en même temps que l'IR Genève – Brig.
- etc...

### 5.4.2. Mouvements problématiques :

Les mouvements suivants sont également possibles, mais créent des cisaillements dans la partie ouest de la gare de Lausanne, et sont donc à éviter.

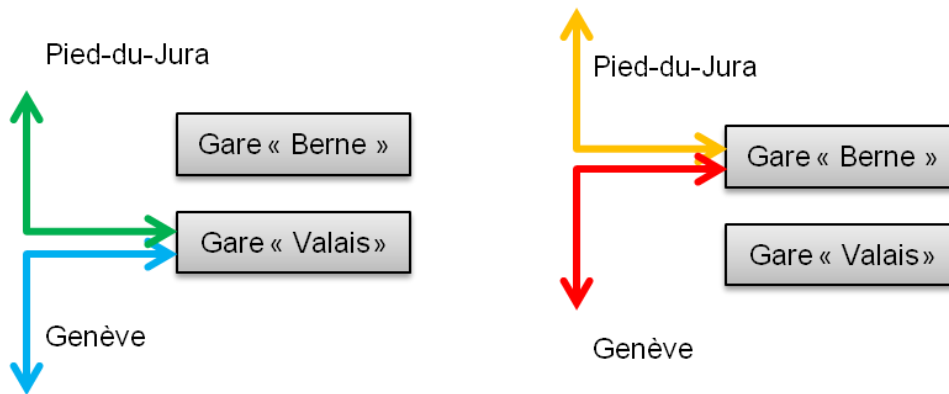


Figure 19: Mouvements problématiques à travers le nœud lausannois

L'infrastructure à l'est de Lausanne ne permet pas de faire circuler deux trains dans le même sens simultanément. Ce cas de figure se présente donc seulement lorsque des trains rebroussant à Lausanne circulent. Ces derniers doivent donc être affectés sur le côté de la gare « libre d'accès ». L'ICN et les IR/RE pour Genève rebroussant sont concernés.

### 5.4.3. Passage à travers le nœud :

Le passage des trains à travers le nœud doit respecter les règles suivantes :

- Pas plus de deux trains traversent en même temps le nœud dans un sens.
- D'une même partie de gare, un seul train devrait arriver/partir en même temps. Cela signifie que si deux trains arrivent/partent en même temps, un doit être de la partie « Berne », l'autre de la partie « Valais ». Sinon, les trains doivent traverser d'autres voies et des problèmes de cisaillements apparaîtront.
- Un seul train peut partir dans chaque direction, au-delà du nœud (Yverdon, Berne, Valais). A l'exception de la direction Genève qui peut accueillir un train supplémentaire sur la troisième voie.

La vérification du nœud montre un fonctionnement relativement aisé. En cas de conflits, le décalage d'un train d'une ou deux minutes reste possible, également grâce à une flexibilité correcte en ligne. L'infrastructure du nœud en 2030 sera suffisante pour faire circuler les 36 trains, à savoir 9 trains en moyenne par voies chaque heure. Un train toute les 6'40'' par voie en moyenne laisse une belle marge de capacité, et une possibilité de combler d'éventuels retards. Les trains sont quand même concentrés sur les minutes proches des nœuds temporels.

Cette étude conforte dans le choix de l'affectation des trains rebroussant à Lausanne. En effet, les minutes de départs et d'arrivées encouragent ces trains à être affectés sur le côté « Berne » de la gare de Lausanne.

En annexe figure l'horaire graphique du nœud lausannois pour 2030.

#### **5.4.4. Gare de Renens :**

La gare de Renens est elle-aussi fortement occupée. En terme de trains par heure, les quantités sont à peu près les mêmes qu'à Lausanne, mais cela sur six voies au lieu de huit. Les temps d'arrêt sont moins longs et une bonne partie des trains ne s'y arrêtent pas. En outre, la gare de Renens est plus simple puisque pratiquement aucune réorganisation des trains n'est faite à l'ouest. En effet, chaque voie de ligne de/en direction de Genève/Pied-du-Jura correspond à une voie de gare à Renens.

Le graphique d'occupation en annexe tient compte des voies par défauts. En effet, selon l'organisation du nœud à l'ouest, l'affectation des voies devrait suivre l'ordre suivant :

|               |                                                        |
|---------------|--------------------------------------------------------|
| <i>Voie 1</i> | <i>Lausanne – Allaman (régionaux)</i>                  |
| <i>Voie 2</i> | <i>Lausanne – Yverdon/Vallorbe</i>                     |
| <i>Voie 3</i> | <i>Lausanne – Genève (directs)</i>                     |
| <i>Voie 4</i> | <i>Genève – Lausanne – (Valais)</i>                    |
| <i>Voie 5</i> | <i>Yverdon/Vallorbe – Lausanne</i>                     |
| <i>Voie 6</i> | <i>Genève – Lausanne – Berne (Régionaux + directs)</i> |

Les voies centrales 3 et 4, où circulent les trains Genève – Lausanne se retrouvent par conséquent les plus chargées. Cependant, quelques aiguilles en entrée et sortie de gare permettront de les décaler sur les voies 2 et 5, et de libérer suffisamment d'espace. D'autres affectations évitant les conflits de suivi de trains sont possibles.

## **5.5. Analyse du périmètre élargi**

### **5.5.1. Réflexions sur la ligne Lausanne-Genève**

La ligne Lausanne-Genève est actuellement extrêmement proche de la saturation. En maintenant le système de desserte actuelle (4 voire 5 produits différents), toute augmentation d'offre passera par une augmentation d'infrastructure. Les tronçons prévus à trois et quatre voies en sont la preuve. Par contre, il existe également la possibilité de revoir ce système en abandonnant un des produits.

Le RE n'est de toute façon pas supprimable, car les localités hors réseau RER (Gland, Rolle) doivent être desservies. Par contre, la desserte nationale pourrait être repensée.

La suppression de l'IR permet, avec l'infrastructure prévue en 2030, une fréquence de 10 minutes pour chaque produit (12 trains au total). La suppression de l'IC permettrait par contre une fréquence de 7.5 minutes (16 trains au total). Cet horaire figure en annexe. En plus, ce genre de système permettrait de décharger la gare de Lausanne (et probablement aussi celle de Genève). L'infrastructure nécessaire pour le dépassement des trains, entre Nyon et Allaman serait aussi moins conséquente qu'en cas de batterie d'IC. Cependant, il n'est pas acquis que la suppression d'un produit soit bien accueillie aussi bien du point de vue de l'exploitant que du client.

### **5.5.2. Faisabilité de l'augmentation de l'infrastructure en ligne.**

Les possibilités d'extension des infrastructures le long des lignes dépendent de l'occupation du sol. La construction d'une troisième ou quatrième voie de ligne n'est pas soumise partout aux mêmes contraintes. La troisième voie entre Coppet et Genève montre qu'il est possible de construire de telles infrastructures en zones fortement urbanisées. Pourtant, la voie Lausanne-Genève, malgré sa forte urbanisation n'est pas forcément la plus problématique.

La ligne du pied-du-jura bénéficie d'une plus grande place pour évoluer, au même titre que la ligne de Berne, au-delà de Puidoux-Chexbres et que la ligne du Simplon, au-delà de Villeneuve.

A l'inverse, les tronçons les plus critiques sont, à priori, les tronçons traversant le Lavaux et la Riviera. La zone est tantôt fortement urbanisée, tantôt protégée (Lavaux). Le problème est compliqué par la forte pente de la région. Les voies CFF sont, par endroits, contenues entre la route et le lac. Si le rajout d'une infrastructure en surface est pratiquement une mission impossible, et que la nécessité devient indispensable, alors l'idée d'une infrastructure souterraine émergera. Dès lors, cette éventualité doit être intégrée dans la réflexion de la gare de Lausanne en souterrain.

### 5.5.3. Réflexions sur le trafic régional

Le trafic régional est conditionné par le trafic grande ligne. La capacité de la ligne dépend de la différence de temps de parcours entre les différents produits.

Ainsi, le tableau ci-dessous montre la différence de temps de parcours entre le produit le plus lent et le plus rapide sur les lignes du périmètre.

| Lignes | Trajet                | Durée IC [min] | Durée IR [min] | Durée RE [min] | Durée RER [min] | Différence maximale $\Delta T$ [min] |
|--------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|--------------------------------------|
| 100    | Lausanne - Cully      | -              | ~ 6-7          | ~ 6-7          | 10              | 3-4                                  |
| 100    | Lausanne - Vevey      | -              | 13-14          | 13-14          | 20-21           | 7                                    |
| 100    | Lausanne – Villeneuve |                | ~ 24           | 25             | 36              | 12                                   |
| 150    | Lausanne – Allaman    | ~ 12           | ~ 15           | 16-17          | 24              | 12                                   |
| 150    | Lausanne – Genève     | 33             | 37             | 48             | -               | 15                                   |
| 210    | Lausanne – Daillens   | ~ 10           | -              | -              | 16              | 6                                    |
| 210    | Lausanne – Yverdon    | 19             | -              | -              | 34-35           | 15-16                                |
| 250    | Lausanne – Palézieux  | 13             | 14-15          | -              | 21              | 8                                    |

Tableau 13: Différences de temps de parcours entre les produits différents sur les lignes du périmètre élargis.

Dans un système à double voie, la différence de temps de parcours entre le début et la fin de la ligne  $\Delta T$  ne doit pas dépasser la fréquence  $f$  moins deux fois le temps de succession minimal en deux trains  $T_s$ .

$$\Delta T \leq f - 2 * T_s$$

Dans un système au quart d'heure, avec un temps de succession minimal à trois minutes,  $\Delta T$  ne peut dépasser neuf minutes.

Dès lors, le régional jusqu'à Yverdon et celui jusqu'à Villeneuve ne peuvent pas circuler dans un tel système. Dans le même registre, le RE pour Genève, qui nécessite quinze minutes de plus que l'IC pour relier Lausanne à Genève, a besoin d'une voie de dépassement pour se laisser dépasser par l'IC.

### Système de desserte mis en place en 2018 :

Avec une fréquence de trains longue distance à la demi-heure, la desserte régionale au quart d'heure dans le tronçon central Daillens – Cully et à la demi-heure sur les tronçons extérieurs (Jusqu'à Yverdon/Vallorbe et Villeneuve) est la meilleure solution.

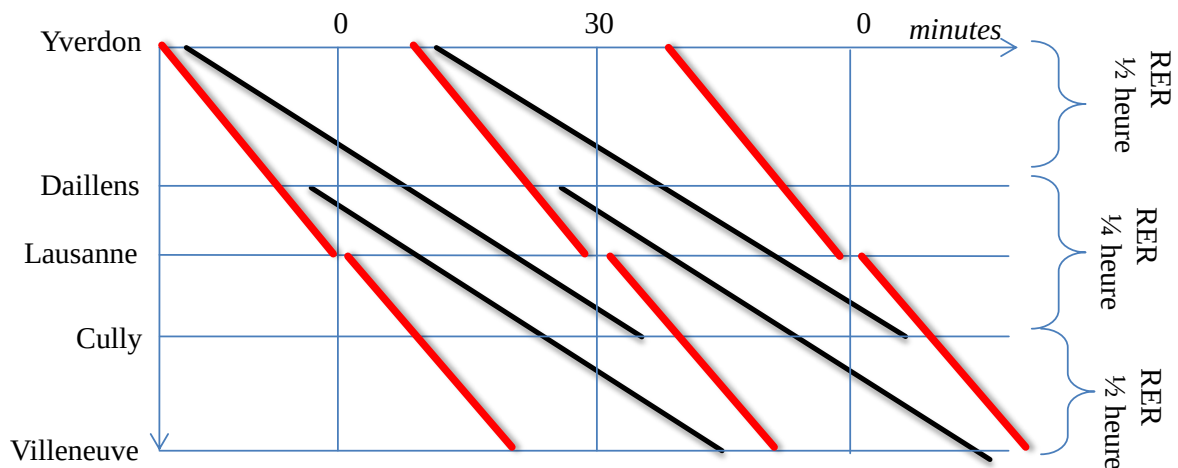


Figure 20: Schéma de desserte RER vaudois 2018

### Système de desserte grande ligne au quart d'heure :

Dans une fréquence au quart d'heure sur les grandes lignes, un système RER semblable à celui de 2018, n'est plus possible. Une première solution est de créer des voies de dépassements quelques part entre la gare centrale et la gare terminus.

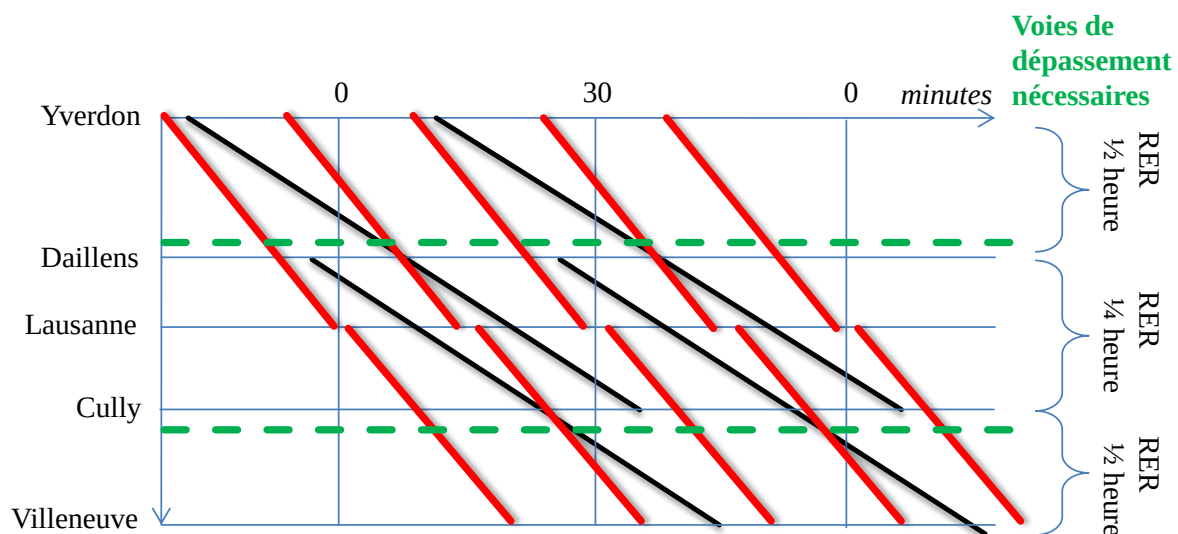


Figure 21: Système de desserte au quart d'heure avec voies de dépassements

Une solution faisant arriver les trains RER juste avant les directs et les faire repartir juste derrière est également imaginable. Par contre, elle ne permettra pas de faire circuler les trains jusqu'à la fin des tronçons RER actuels. En plus, elle surcharge passablement la gare centrale.

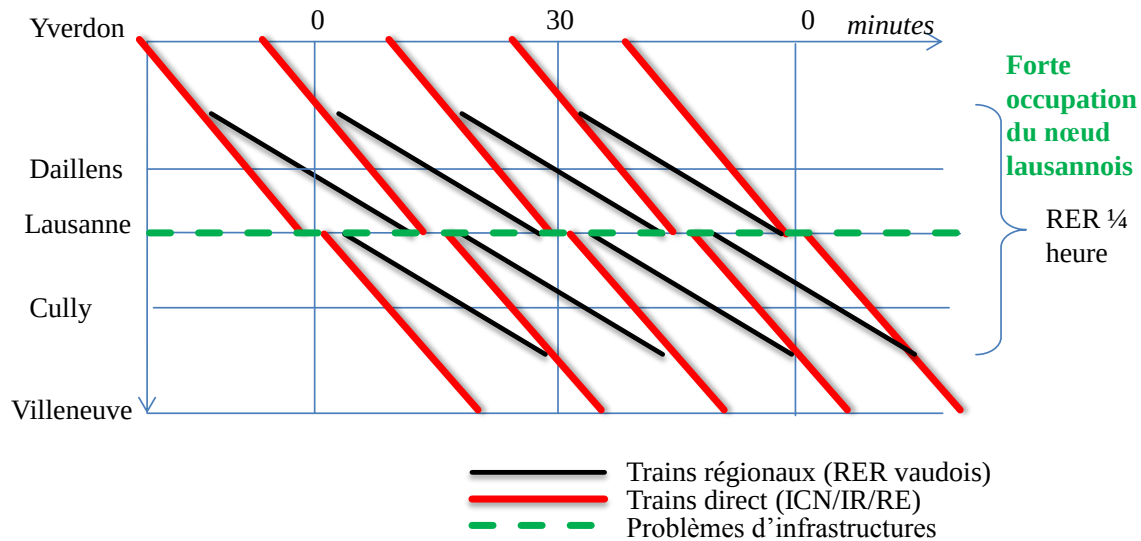


Figure 22: Schéma de desserte au quart d'heure avec RER « raccourcis ».

Un scénario avec une troisième voie est également envisageable. Celui-ci permet de séparer totalement le trafic régional du trafic direct. Seulement, la construction d'une troisième voie prend son sens seulement lorsque le trafic de longue distance suffit à saturer totalement les deux voies. En plus, la construction d'une troisième voie serait compliquée, particulièrement en direction de Villeneuve.

## 5.6. Conclusion du diagnostic 2030

La gare de Lausanne peut accueillir tous les trains prévus pour 2030. Cependant, elle est pratiquement saturée aux minutes du nœud grandes lignes. Entre les minutes 20 et 40 ainsi qu'entre les minutes 50 à 10, la gare est pleine. Il est difficilement envisageable d'augmenter le nombre de train dans ces minutes là. Durant les minutes 10-20 et 40-50, il semble encore possible de faire passer quelques convois supplémentaires. Cette étude sera détaillée par la suite.

Le trafic longue et moyenne distance suffit à remplir la gare. S'il apparaît comme critique, c'est qu'il se trouve également parfois en même temps que les RER en gare de Lausanne. Le reste de l'infrastructure du nœud, qui évoluera passablement ces vingt prochaines années, propose des marges de capacité plus importantes et ne sera pas saturée aussi vite que la gare de Lausanne.

## 6. DIAGNOSTIC INTERMEDIAIRE

Si une nécessité d'augmenter l'infrastructure à l'horizon 2050 paraît inévitable, ce chapitre cherche à déterminer le moment précis où la gare existante ne suffira plus, et cherche aussi des possibilités pour faire « survivre » la gare grâce à des aménagements d'horaires.

### 6.1. Recherche de la première augmentation d'offre faisant dysfonctionner la gare.

Difficile de prévoir quelle sera la première augmentation d'offre nécessaire après 2030 pour répondre à l'augmentation de la demande. Intuitivement, la ligne la plus chargée pourrait être la première à justifier une extension de son offre. En admettant une augmentation de l'offre grande ligne à 12 trains entre Lausanne et Genève – passage de 2 IR supplémentaires – ces trains pourront trouver une place sur la dernière voie libre (cf. schéma ci-dessous).

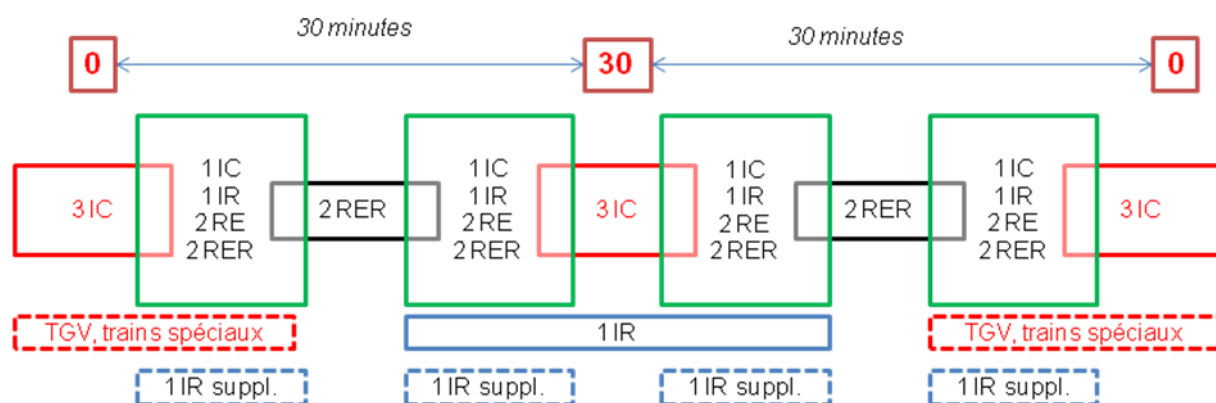


Figure 23: Ajout de trains à l'intérieur de la gare lausannoise

La plupart des trains ne passent pas pile sur le nœud mais décalés de quelques minutes, avant et après. Ceci est notamment dû au décalage de l'IC Genève - St-Gall, et son temps de parcours légèrement trop long entre Berne et Lausanne pour se croiser à Lausanne à la minute zéro et trente. Dès lors, les minutes critiques sont les minutes suivant et précédant le nœud d'environ cinq minutes. A ces minutes les IC Berne s'ajoutent aux IR et aux RE cadencés au ¼ d'heure et devant partir après/arriver avant les IC de Berne. En plus, les RER cadencés au ¼ d'heure (ceux du tronçon Cully-Cossonay) se présentent également à ces minutes-ci. Au total sept trains se bousculent à ces minutes là en gare de Lausanne.

Dans ce système, il ne sera pas possible d'augmenter considérablement l'offre en IR et en RE. Le passage à quatre IR sur le tronçon Lausanne-Genève se fera difficilement et sera la dernière augmentation possible. Avec huit trains légèrement en dehors du nœud, la gare sera saturée.



En conclusion, dans le système prévu, le nombre de trains « moyenne distance » risque d'être critique. Il n'est pas cependant possible de conclure que le trafic moyenne distance et le trafic à mettre en souterrain, puisqu'il sera la cause des premiers problèmes. Premièrement d'autres trains sont présents durant ces minutes et peuvent également être descendu sous terre (IC, RER). Deuxièmement, le système de desserte peut également être retravaillé, notamment la structure du nœud temporel.

## 6.2. Autres scénarios de desserte

Afin d'être complet dans le diagnostic 2030, ce chapitre montre deux autres systèmes de desserte qui pourraient, à priori, faciliter le transit à travers Lausanne. Ils sont issus de deux constats sur le système de desserte du nœud lausannois prévus qui pourrait être une source de problèmes.

PREMIER CONSTAT : Le nœud temporel lausannois est trop étalé :

Premièrement, les nœuds 0 et 30 durent trop longtemps. La faute au temps de parcours entre Lausanne et Berne (59 minutes). L'IC ne peut pas passer à Lausanne pile sur le nœud et se trouve décalé de quatre minutes par rapport au minutes 0 et 30. Ceci à pour conséquence d'étaler le nœud, puisque les trains plus lents doivent partir derrière ce train. Corollaire, les derniers trains grandes lignes se retrouvent proches dans le temps des trains régionaux en gare de Lausanne.

Le scénario « **bouquet parfait** » recherche la conséquence d'un gain de temps plus important sur Berne-Lausanne, créant un nœud 0/30 parfait à Lausanne.

DEUXIEME CONSTAT : Trop de trains différents sont présent durant les nœuds temporels :

Avec quatre IC, un ICN, trois IR et quatre RE dans le nœud, soit douze trains longue et moyenne distance. Quatre de plus que les huit voies à quai traversantes de la gare. Les nœuds sont chargés, comme le montre le diagnostic 2030, alors qu'entre les nœuds, la gare est sous-exploitée. En répartissant tout ces trains sur quatre nœuds temporels (minutes 0/15/30/45), le nombre de trains en gare sera plus raisonnable aux minutes des nœuds en gare de Lausanne. Le scénario « **Quart d'heure** » réalise cette étude.

### 6.2.1. Scénario bouquet parfait

Dans ce scénario, les trains grandes lignes sont centrés sur les minutes 0 et 30. Mais les départs se font l'un derrière l'autre, le plus rapidement possible, afin que le nœud soit le plus court possible.

En annexe figure le graphique d'occupation de la gare de Lausanne pour ce scénario. Il montre l'impossibilité de faire circuler les trains à travers dans un tel horaire. En effet, il manque deux voies pour faire circuler la totalité des trains nationaux. En outre, les minutes

hors nœud sont relativement peu chargées. Ce système n'est pas viable, et accélère l'échéance de la saturation de la gare en surface. L'étalement du nœud « grandes lignes » est donc nécessaire au fonctionnement de la gare de Lausanne.

Sur le périmètre élargi, ce scénario nécessite un temps de parcours inférieur sur le tronçon Lausanne-Berne. En outre, la diamétralisation des lignes RE et IR n'est pas toujours possibles, à cause du système. A l'inverse, les trains régionaux bénéficient d'une place conséquente dans l'horaire.

### **6.2.2. Scénario au quart d'heure**

En conclusion de l'étude 2030, il ressort que trop de trains sont présent à l'intérieur des nœuds 0/30. En doublant le nombre de nœud avec un passage généralisé au quart d'heure des trains grandes lignes (0/15/30/45), le nombre de trains par nœud est réduit. Ce scénario permet de faire circuler plus facilement les trains à travers Lausanne. Voir GOV Annexe.

Cependant, ce système péjore le passage des régionaux en ligne. En effet, les trains régionaux étant plus lents, ils ont besoin souvent d'un espace plus grand que quinze minutes entre deux sillons directs, afin d'effectuer leurs parcours. C'est le cas sur les lignes Lausanne-Valais et Lausanne-Yverdon. Dès lors, le passage des trains régionaux devient problématique. Pour tout de même assurer ce trafic régional, des voies de dépassement devraient être installées quelque part entre Lausanne et le terminus des lignes RER. Ou alors, les trains régionaux devraient partir juste derrière les trains directs. Cela pose des problèmes en gare de Lausanne, et des problèmes de diamétralisation.

## **6.3. Conclusion du diagnostic intermédiaire**

Plusieurs petits aménagements d'horaire pourraient permettre de faire « survivre » quelques temps après 2030 la gare de Lausanne. Notamment en exploitant plus les minutes « hors nœud ». Cependant, le moindre grain de sable dans les rouages du système engendrera des problèmes en cascade, car aucune « voie de secours » ne sera disponible, en cas d'imprévu.

La piste du passage à une fréquence au quart d'heure généralisé sur le réseau grande ligne est intéressante. Elle permet de diminuer sensiblement l'impact sur la gare. Cependant, l'horaire réalisé montre déjà ses faiblesses, et ne sera de loin pas suffisant pour répondre à la demande en 2050.

## 7. DIAGNOSTIC 2050

---

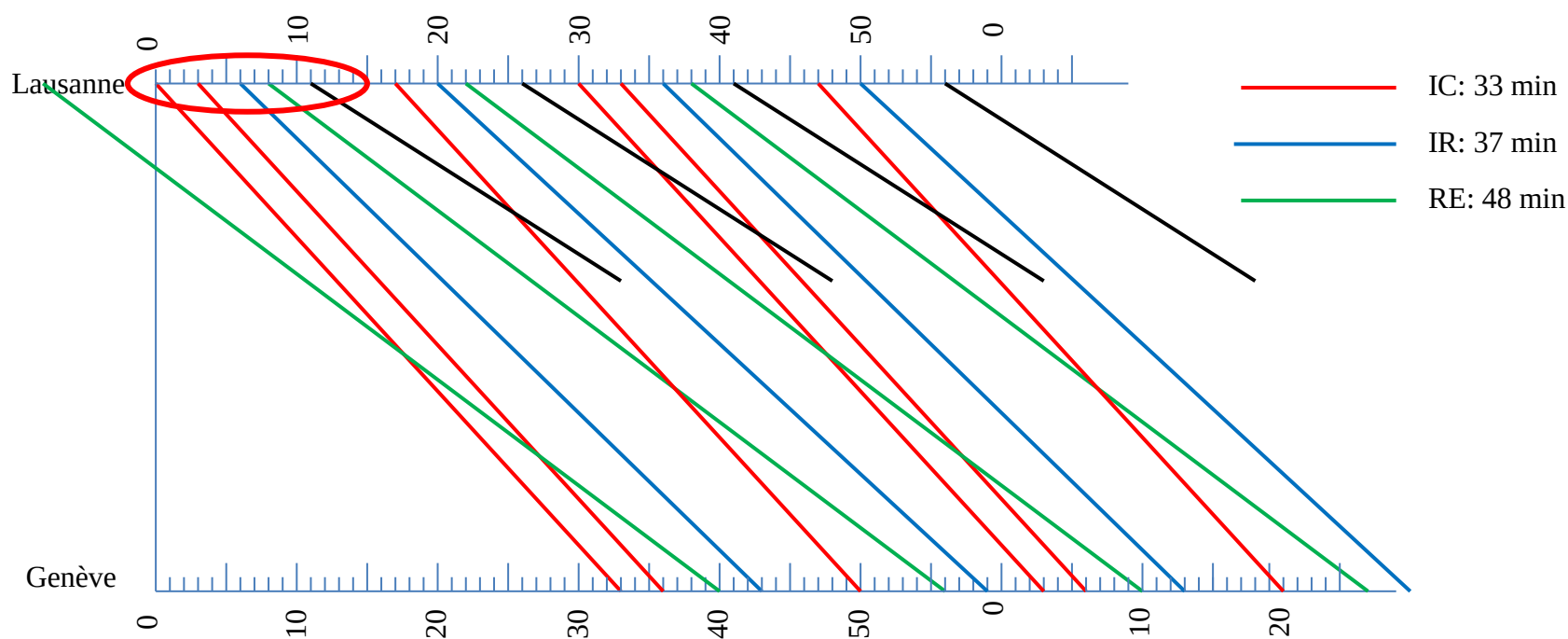
### 7.1. Fonctionnement en 2050

Le nombre de trains prévus pour 2050 est beaucoup plus important qu'en 2030. Il a été montré que la marge de capacité de la gare de Lausanne était pratiquement nulle en 2030. En implémentant l'offre prévue en 2050 dans l'infrastructure 2030, le système ne peut fonctionner, peu importe l'horaire en ligne. En optimisant le système pour la gare de Lausanne, la gare de Renens, l'entier du nœud, et les lignes dysfonctionnent. A l'inverse en cherchant à faire fonctionner les lignes, le nœud ne fonctionne plus. Des infrastructures supplémentaires sont donc nécessaires.

La suite du diagnostic définit le nombre de voies nécessaires en gare pour faire circuler les trains en lignes. Une approche centrée sur les lignes imagine les infrastructures en lignes pouvant soulager le transit en gare. Cette approche n'a été que brièvement évoquée, car ce projet se concentre sur les infrastructures de la gare de Lausanne.

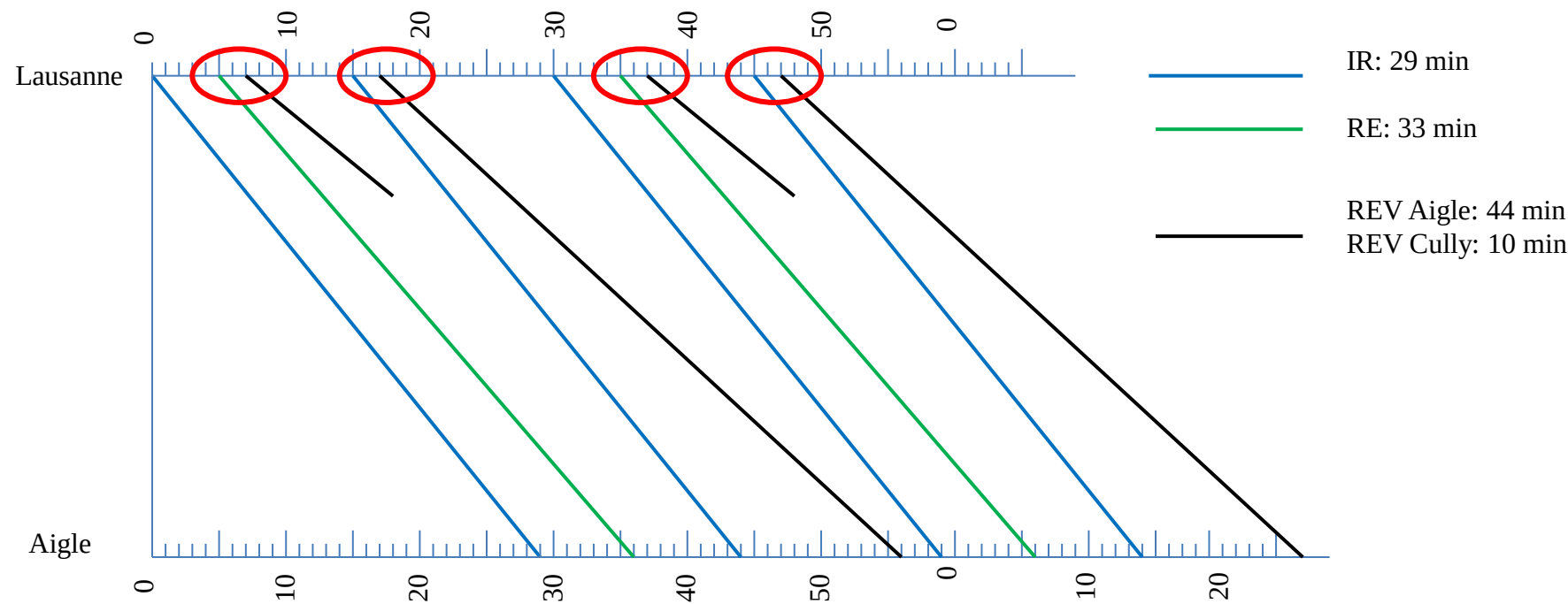
Figure 23: Analyse par lignes (Genève-Valais)

Ligne Lausanne-Genève



Succession de cinq trains (au moins trois voies différentes)

Ligne Lausanne-Valais



Minutes critiques: besoin de deux voies au minimum.

## **7.2. Besoins en gare**

Afin de déterminer le nombre de voies nécessaires dans la gare à l'horizon 2050, chaque ligne est étudiée, afin de déterminer le nombre de voies nécessaire pour assurer tous les départs, dans chaque direction. Ce projet part du principe qu'aucune augmentation d'infrastructures n'est prévue sur le reste du réseau, après 2030.

### **7.2.1. Départ pour le Valais :**

Dix trains doivent partir en direction du Valais. Même en théorie, les trains pourraient que difficilement (sans marge) se succéder toutes les six minutes sur la même voie. Les directs doivent être séparés par cinq ou six minutes, puisque la gare de Montreux ne permet pas d'accueillir plus d'un train par sens. De ce fait, en gare de Lausanne aussi, une voie est suffisante pour les directs. Par contre, les régionaux doivent passer rapidement après les directs et ne peuvent attendre que la voie se libère. Une deuxième voie est nécessaire pour les régionaux.

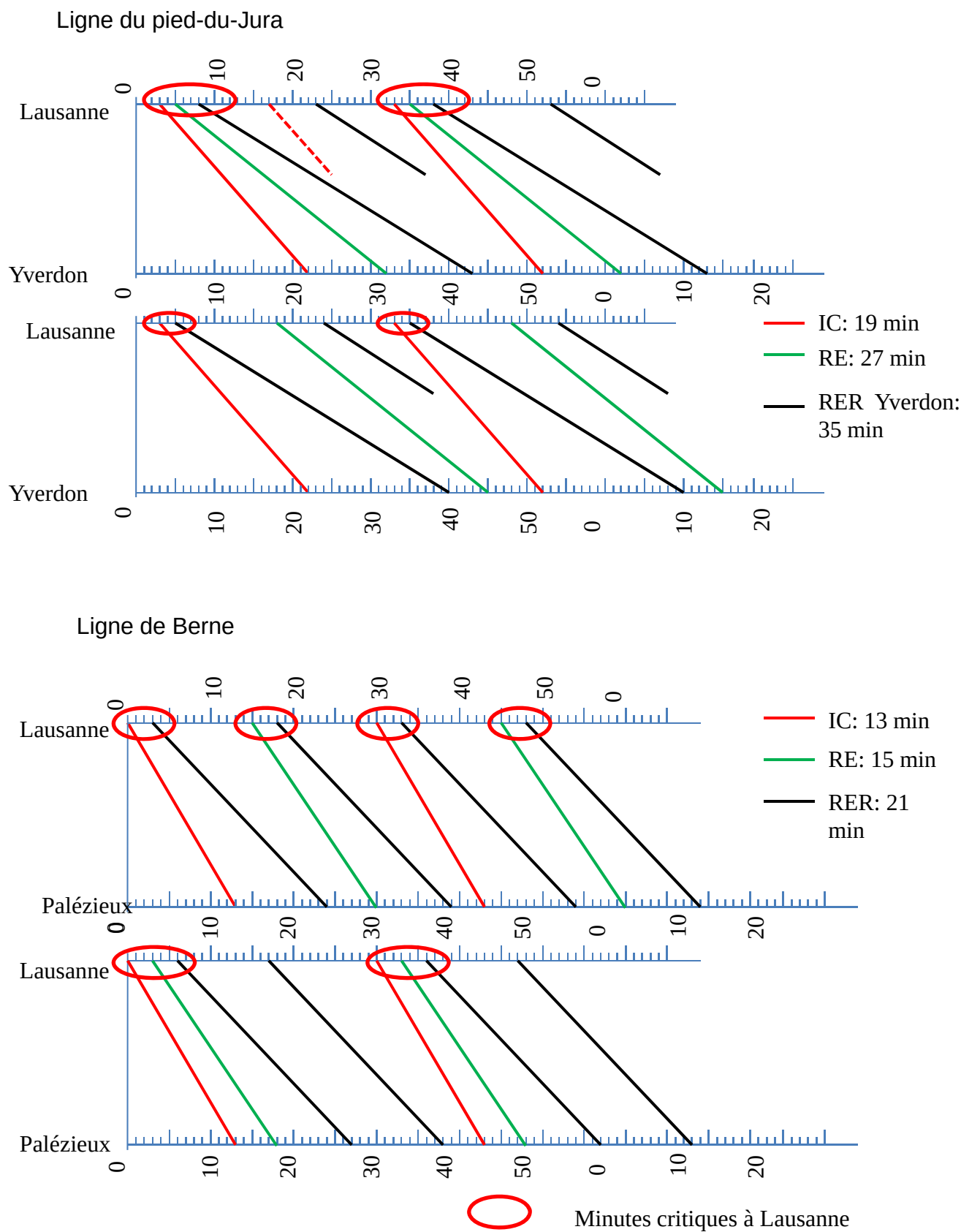
➔ 2 voies.

### **7.2.2. Départ pour Genève :**

La succession d'au moins cinq trains dans un temps minimum est nécessaire pour faire circuler tous les trains nécessaires. Ces derniers proviendront soit du Valais, soit de Fribourg, soit rebrousseront à Lausanne. Ils seront donc, déjà à la base sur trois voies différentes. Probablement deux trains Valais-Genève se succéderont ainsi deux trains Berne – Genève. Si les trains du Valais seront probablement accueillis sur la même voie, ce n'est en revanche pas forcément le cas pour les trains provenant de Berne. En effet, il s'agit ici de deux produits différents IC et RER qui pourraient être relativement proche dans le temps.

➔ 3 ou 4 voies.

Figure 24: Analyse des besoins à Lausanne, selon les lignes (2)



### **7.2.3. Départs pour le pied-du-Jura :**

Deux scénarios différents peuvent être générés sur la ligne du pied-du-Jura. Un scénario avec quart d'heure pour les trains nationaux. Ce scénario a besoin d'une voie où les trains rebrousse et d'une voie venant du Valais pour faire circuler tous les trains. Un scénario avec deux trains longue distance en batterie, ou deux produits rapides rapprochés, nécessiterait vraisemblablement trois voies. À savoir, deux voies pour les trains rebrousse, et une autre venant du Valais, servant au passage des trains régionaux.

➔ 2-3 Voies.

### **7.2.4. Départs pour Berne :**

La gare « Berne » doit accueillir quatre trains directs (2 IC et 2 IR) ainsi que quatre régionaux. Il est théoriquement possible de faire passer, dans un sens, tous les trains sur une même voie. Cela implique un train toutes les 7.5 minutes. Cependant, les contraintes en ligne ne permettent pas de faire circuler tous les types des produits de cette manière. Ainsi, à cause des temps de parcours, deux trains se retrouvent automatiquement en même temps en gare de Lausanne, et donc sur deux voies différentes. La voie 70 peut servir uniquement si les trains ne traversent pas Lausanne. Dans ce cas, il est certainement plus avantageux que les trains traversent en direction d'Allaman, sinon ce sont les trains en direction d'Allaman qui devraient utiliser des voies de gare pour rebrousse. Deux voies seront donc nécessaires pour faire partir ces trains.

➔ 2 voies.

### 7.2.5. Synthèse des besoins en gare, par flux.

En conclusion, si les flux restent similaires à ceux de 2030, deux voies seront nécessaires pour le flux Genève-Valais, deux pour le flux Jura-Valais, quatre pour le flux Genève-Fribourg. La plus grande inconnue réside dans les trains rebrousant à Lausanne, qui selon les scénarios auront besoin d'entre deux et quatre voies. Le nombre total de voies se porte donc **entre dix et douze** à l'horizon 2050. La nouvelle gare de Lausanne sera probablement de quatre voies, afin de compléter les huit voies existantes. La construction d'une gare à deux voies n'a pas de sens, puisqu'elle serait rapidement sous-dimensionnée. Par contre, il apparaît que plus de quatre voies supplémentaires ne serait pas nécessaires, en tout cas à l'horizon 2050.

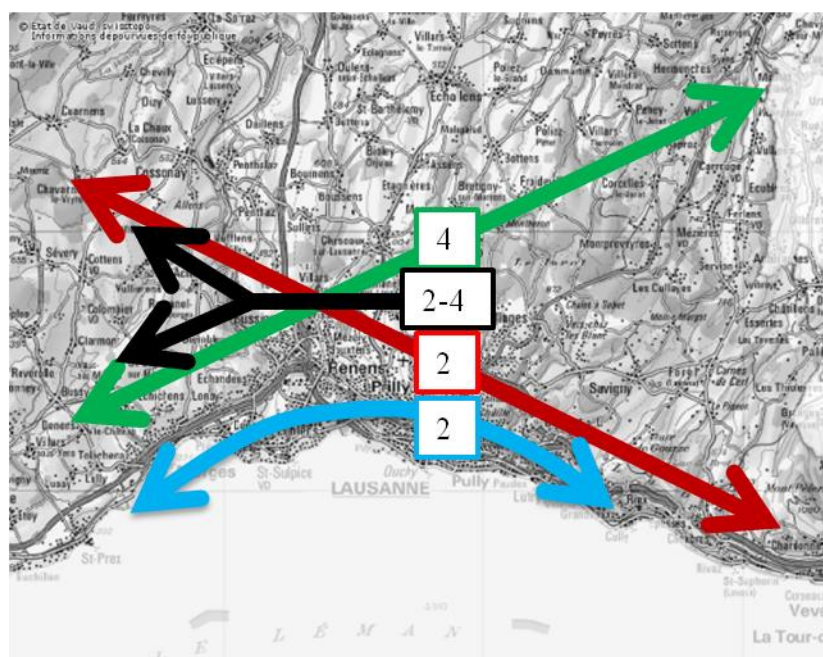


Figure 26: Besoins en voies à Lausanne pour chaque flux

## 7.3. Analyse du nœud

### 7.3.1. Ligne Lausanne-Renens

La ligne Lausanne-Renens sera dotée de quatre voies. Sur ces quatre voies passeront, selon le scénario d'offre établi, 52 trains. À savoir en moyenne 13 trains par voies chaque heure. Ou un train toute les 4'37''. Ces valeurs sont bien supérieures aux valeurs prévues pour 2030 (un train toute les 6'40''). En théorie, un tronçon à quatre voies suffira, il peut par contre rapidement devenir une contrainte forte.

En cas de construction d'une gare souterraine, le tronçon entre la gare souterraine et sa sortie fournit quoi qu'il arrive deux voies supplémentaires. La gare de Renens est également dotée de six voies. La principale inconnue réside dans la liaison entre Renens et la descente en souterrain. Les infrastructures nécessaires seront établies à l'aide des variantes horaires.



### **7.3.2. Gare de Renens :**

Comme la ligne Lausanne-Renens, la gare de Renens verra passer 52 trains chaque heure. Parmi eux, environ 32 s'arrêteront. Tout ça sur six voies. A savoir environ 8.7 trains par voies chaque heure ! Ces chiffres paraissent impressionnants, mais ne sont pas insurmontables. Peu de redirection de trains sont effectuées, et donc peu de conflits apparaîtront en sortie de Renens. Il est possible techniquement d'accueillir tous ces trains à Renens, par contre, la succession des trains à Renens (re)devient une contrainte relativement forte. Une étude plus détaillée au niveau des variantes horaires sera menée.

## **7.4. Analyse du périmètre élargi**

Un certain nombre d'infrastructures pourraient s'avérer nécessaire pour le passage des trains en ligne, avec le scénario d'offre 2050. Ce chapitre cherche à identifier les infrastructures qui pourraient éventuellement être construites sur le périmètre élargi et d'identifier les conséquences en gare de Lausanne. Certains aménagements en ligne peuvent soulager la gare de Lausanne, alors que d'autres, à l'inverse peuvent détériorer la situation lausannoise.

### **7.4.1. Infrastructures pour le RER.**

L'analyse 2030 montre qu'en augmentant la fréquence des trains directs, les trains régionaux ne bénéficient plus des temps nécessaire pour effectuer l'entier de leurs trajet entre deux sillons direct. Une troisième voie sur certains tronçons ou alors des tronçons locaux à quatre voies permettant le dépassement des RER par les IC permettent de mieux caler l'offre RER hors des minutes du nœud direct en gare de Lausanne.

### **7.4.2. Evolution de la ligne Lausanne-Genève.**

La politique d'arrêt et d'infrastructures sur Lausanne-Genève influence également les besoins en gare de Lausanne. Avec un système de desserte à haute fréquence et un nombre de produits réduit, les besoins en gare de Lausanne sont moindres.

### **7.4.3. Eventualité d'une ligne supplémentaire.**

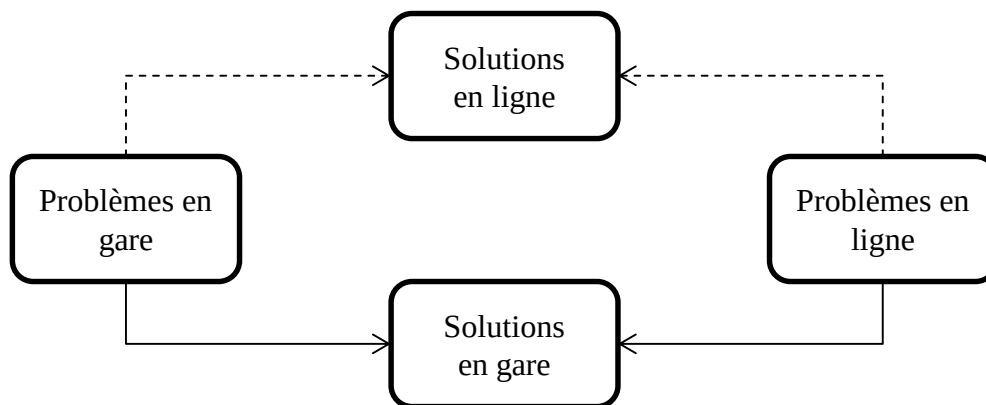
L'éventualité d'une ligne nouvelle n'est pas totalement à exclure. Des projets plus ou moins réalistes de ligne à haute vitesses ont été imaginés ces derniers temps. Notamment en direction de Berne. Cette éventualité paraît peu probable, mais elle nécessiterait quoi qu'il arrive un nouveau besoin en voie en gare de Lausanne.

#### 7.4.4. Trafic International.

Le trafic international est un gros point d'interrogation dans ce projet. Difficile de prévoir si la liaison pour Paris par Vallorbe sera maintenue. Difficile également de prévoir l'avenir des liaisons internationales à haute vitesse, qui est étroitement lié au destin du trafic aérien. La gare de Lausanne se situe tout de même au croisement de la ligne du plateau Suisse et de la ligne Paris-Milan. Une augmentation du trafic international à travers Lausanne porté par la suppression des frontières et la raréfaction du pétrole, n'est pas à exclure.

### 7.5. Conclusion du diagnostic 2050

L'état de santé de la gare est très lié aux infrastructures qui seront construites ou non dans le périmètre élargi. A l'inverse, un problème en ligne peut parfois être réglé grâce à un ordonnancement des trains différents en gare. Ce projet, centré sur la gare de Lausanne, favorisera la résolution des problèmes grâce à une nouvelle infrastructure à Lausanne. La Celle-ci doit permettre de résoudre les problèmes en gare, mais aussi un maximum de problème en ligne.



L'analyse de l'horizon 2050 montre la nécessité d'une nouvelle gare à Lausanne. Elle ébauche également les dimensions nécessaires pour cette dernière : une gare de quatre voies laissant dans un premier temps un flux circuler en souterrain.

## 8. CONTRAINTES GENIE CIVIL

---

Le diagnostic conclut que des infrastructures supplémentaires devront être apportées à Lausanne d'ici 2050, même peut-être avant. Le but de ce chapitre est de déterminer où devront être réalisées ces infrastructures, en fonction des contraintes en surface et en souterrain, présentes autour de la gare.

### 8.1. En surface ou en souterrain ?

Les dix voies lausannoises sont entourées au nord par la place de la gare, et au sud par des bâtiments. Il est possible qu'un certain nombre de bâtiments soient démolis au sud de la gare afin de créer une deuxième place de la gare au sud, plus accueillante que les ruelles actuelles.

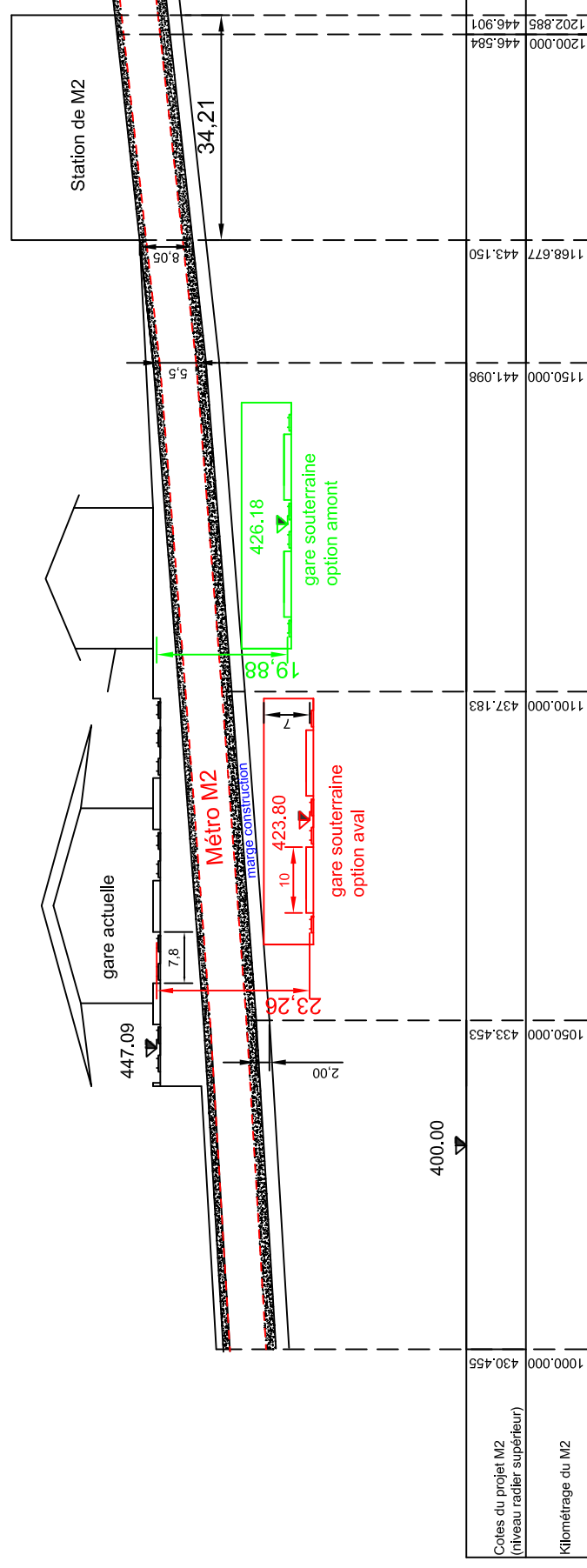
Au nord, il est impossible de construire en surface, car le bâtiment de la gare est protégé et que le futur musée cantonal des beaux-arts sera construit à l'ouest. Au sud, s'il est imaginable de construire en surface, cela nécessiterait la démolition d'une voire de deux rangées d'immeubles, et cela sur une distance d'en tout cas 500-600 mètres. Cette solution paraît peut raisonnable, et serait certainement difficile à mettre en place, à cause du nombre d'expropriations nécessaires.

Ce projet propose donc d'agrandir la gare de Lausanne avec une gare souterraine. La gare souterraine est aussi soumise à des contraintes, mais ces dernières sont uniquement techniques.

Deux contraintes de construction majeures conditionnent la réalisation de la gare de Lausanne en souterrain. Ces contraintes ne peuvent pas être remises en question :

- Premièrement, le métro M2 est déjà présent dans le sous-sol de la gare. Ce dernier étant proche de la surface, la gare souterraine devra être construite plus profond.
- Deuxièmement, les rampes pour accéder à cette gare seront relativement longues, à cause de la profondeur de la gare et des contraintes liées au transport ferroviaire (faible pente maximale). Les pentes sur les lignes Lausanne-Renens et Lausanne-Vevey sont favorables, tandis que la pente est défavorable sur la ligne Lausanne-Palézieux.

Figure 26: Profil en long du métro M2 et situation de la gare souterraine.



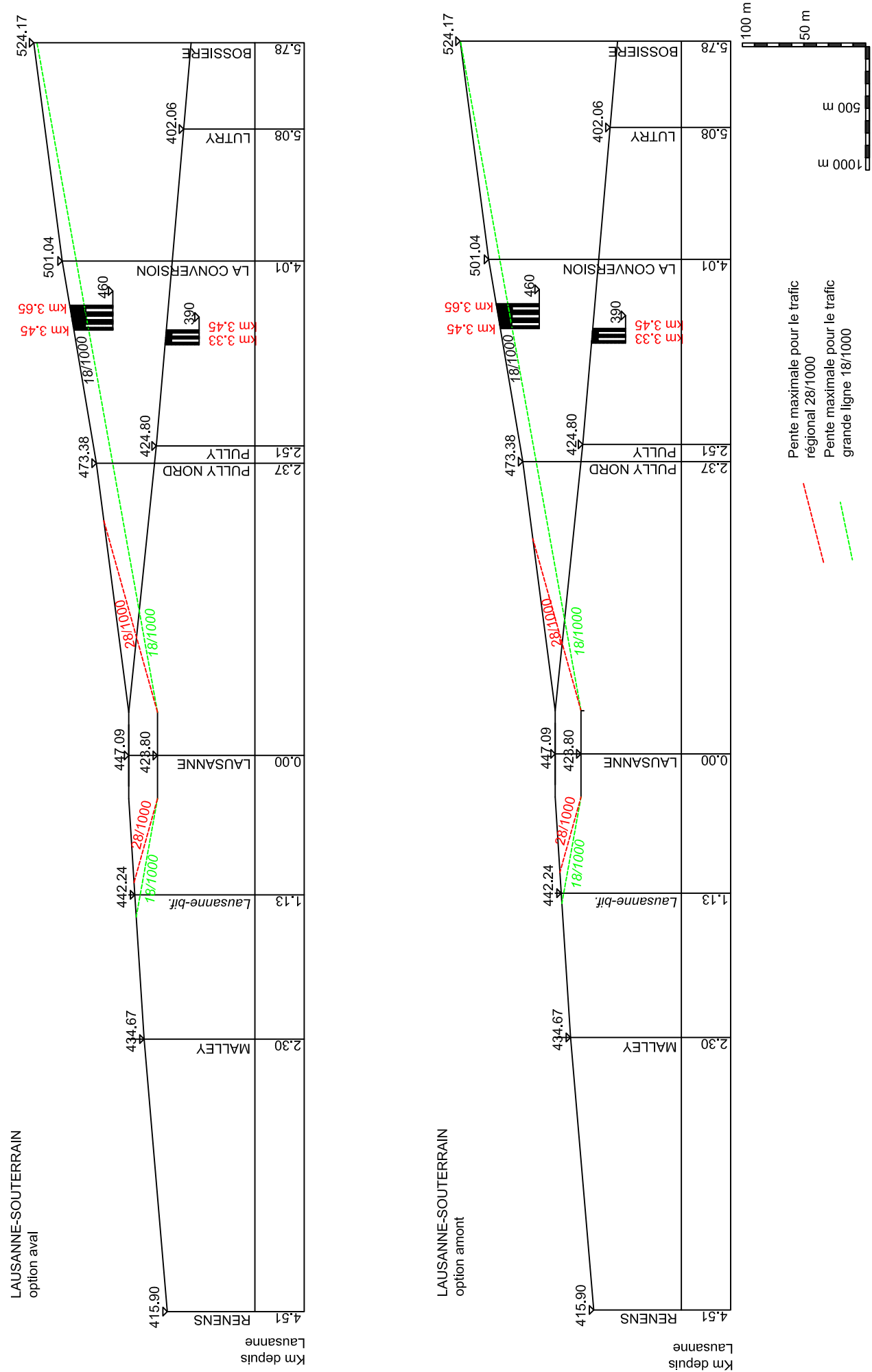
## 8.2. Estimation de la profondeur de la gare.

L'estimation de la profondeur de la gare est évaluée à l'aide du profil en long du métro M2. Le métro M3, en projet actuellement, ne traverse pas la gare, et s'arrête à côté de l'autre métro, à une altitude similaire. Il ne pose donc pas de contraintes supplémentaires. Le métro étant très proche de la surface, la gare souterraine doit se situer obligatoirement **en-dessous** de la voie du métro. Une marge de deux mètres entre le métro et la gare souterraine permettra d'effectuer la structure supportant le métro. Le gabarit nécessaire en gare souterraine est approximé à 7m, depuis la hauteur des rails. Ce gabarit pourrait être amené à changer, d'où l'importance de la marge avec le métro.

L'altitude de la gare souterraine dépend évidemment de sa situation géographique. En la décalant vers le nord, son altitude augmente, mais elle s'éloigne de l'autre gare, et péjore donc les correspondances. Par contre, elle se rapproche des haltes des métros. Un compromis doit être choisi entre profondeur et éloignement.

La figure de la page ci-contre montre l'altitude probable de la gare. Elle se situera à une vingtaine de mètres sous la gare actuelle. Cette valeur varie selon l'emplacement. Ces valeurs sont utilisées par la suite afin d'identifier la distance minimale pour rejoindre la surface.

Figure 27: Profil en long voie convergeant à Lausanne et rampes maximales



### 8.3. Rampes.

La pente maximale acceptable des rampes d'accès à la gare souterraine dépend du type de trains qui les empruntent. Une pente trop raide pèjore les vitesses et les accélérations, donc le temps de parcours. Il s'agit donc d'une optimisation entre la longueur du tunnel et les performances désirées.

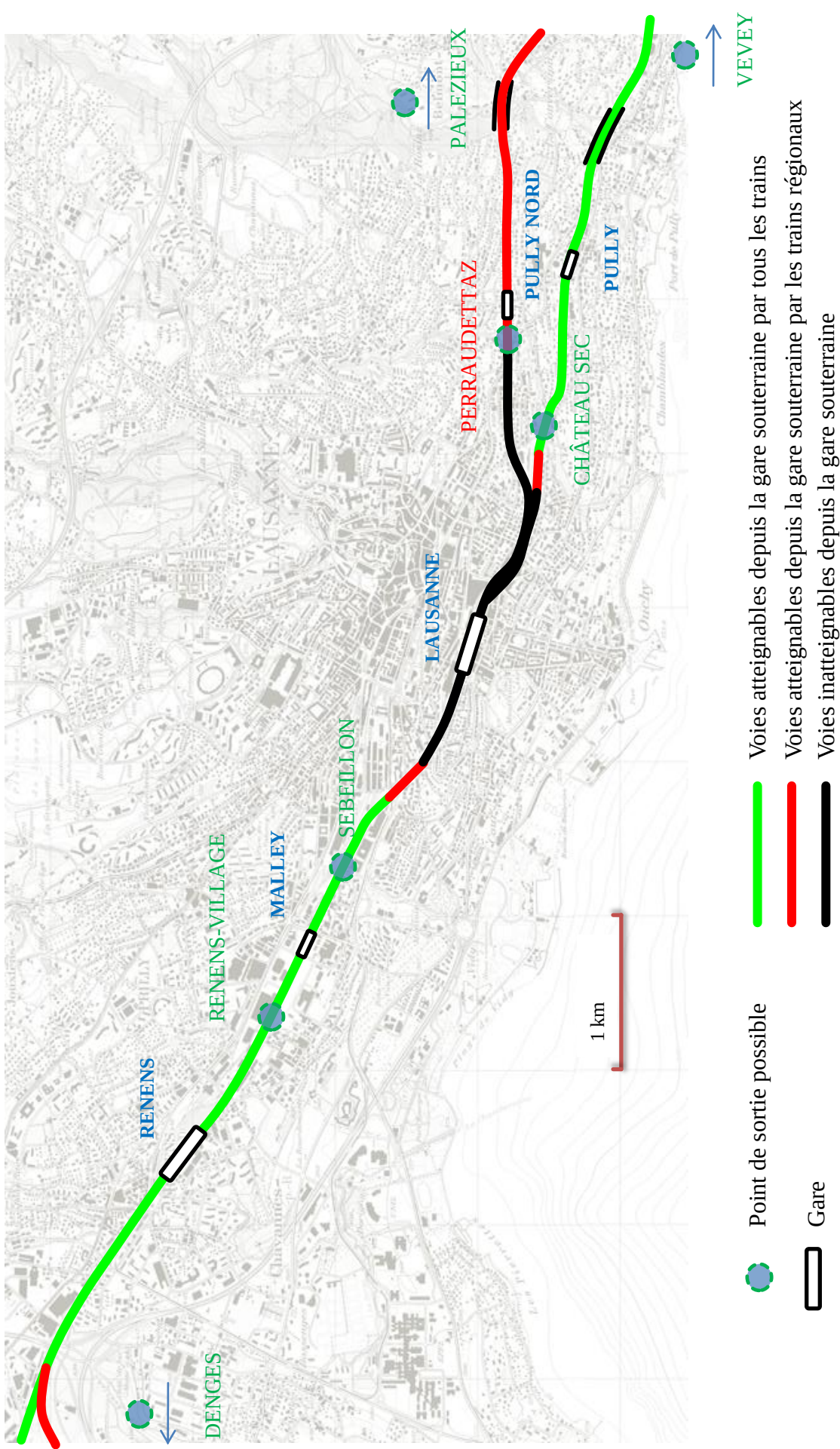
Les trains régionaux n'ont pas les mêmes tolérances que les trains directs. Le cas de figure étudié propose une pente maximale de 28‰ pour les trains régionaux et de 18‰ pour les trains directs. Ces valeurs sont atteintes ailleurs sur le réseau suisse. Les 28‰ correspondent à la pente des voies d'accès de la gare souterraine de Zurich-Museumstrasse, uniquement utilisée par les RER. Les 18‰ correspondent à la pente maximale enregistrée sur la montée du Lavaux entre Lausanne et Puidoux-Chexbres.

La figure ci-contre montre la distance nécessaire pour atteindre les sorties avec des trains régionaux ou avec des trains directs, cela pour les deux scénarios d'emplacement de la gare.

Deux constatations ressortent de cette étude :

- Il est impossible de ressortir avec le trafic de longue distance sur la ligne de Berne, avant la première gare régionale. Globalement, une sortie grande ligne sera très difficile avant la fin de la montée du Lavaux.
- Les sorties pourront être réalisées relativement proche de la gare de Lausanne sur les lignes en direction du Valais et de Renens, ceci grâce à une pente favorable.

Figure 28: Situation des sorties potentielles





## 8.4. Points de sorties

S'il est possible de sortir avant les gares régionales, d'un point de vue de la pente, un autre paramètre doit être pris en compte : la place disponible. La région autour de la gare de Lausanne est fortement urbanisée, et des expropriations ne sont jamais bienvenues, et doivent être dans la mesure du possible évitées ou limitées.

Autour de Lausanne, plusieurs endroits potentiels existent pour envisager un raccord entre une ligne souterraine et la ligne en surface. Plusieurs cas de figures existent, selon les besoins. Pour du trafic régional, les trains devront de préférence ressortir avant la première gare régionale, afin d'éviter de construire des gares régionales en souterrain, ou de péjorer la desserte. Cette contrainte n'existe pas pour le trafic grande ligne.

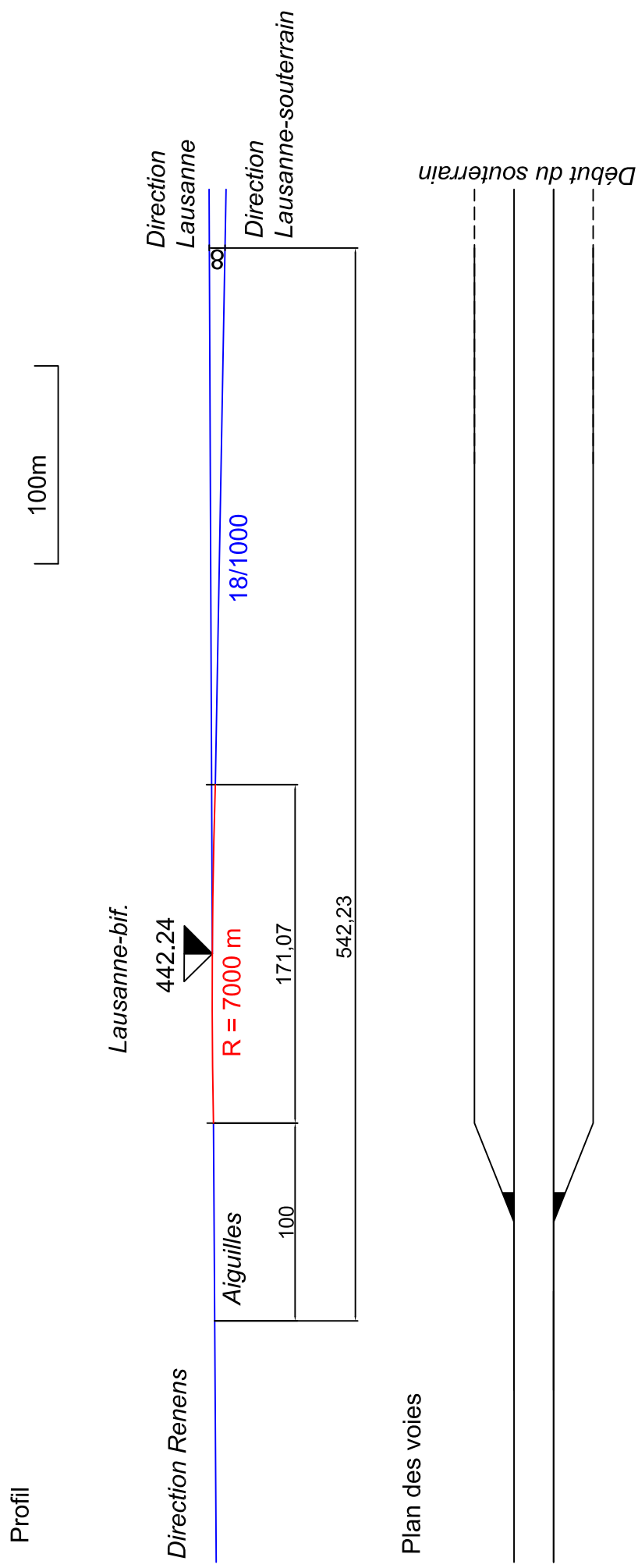
La liste des sites proposés n'est pas exhaustive et les infrastructures ne sont pas détaillées, car cela n'aurait que peu de sens, à ce stade de l'étude. Pourtant, cette liste permet d'identifier quelques points de sorties plausibles, en évitant au maximum les expropriations.

Les trois sites identifiés pour ressortir avant les gares régionales (Lausanne-bif en direction de Renens, Château sec en direction du Valais, et Perraudettaz en direction de Berne) sont atteignable depuis la gare souterraine. Seulement, ces sites sont déjà passablement construits, et nécessiteraient à première vue la démolition de plusieurs bâtiments. Particulièrement le site de la Perraudettaz. Pour le trafic de longue distance, parmi les sites ci-dessus, seul le site de Château-sec est compatible. Les deux autres nécessitent des pentes trop importantes.

Les trains longue distance pourraient, à l'ouest ressortir entre Malley et Renens (Renens-Village), ou même après Renens (Denges). En direction du Valais, outre la sortie de Château sec, il est possible d'imaginer une sortie après Lutry ou après Vevey. En direction de Berne, une sortie pourrait être étudiée entre Puidoux-Chexbres et Palézieux.

En direction de l'est tant en direction du Valais que de Berne, les ponts sur la Paudèze (entre Pully et Lutry) devront être probablement reconstruits plus bas, et représentent un problème supplémentaire.

Figure 29: Estimation de la longueur d'une trémie



## **8.5. Rampes nécessaires, trémies.**

Une approximation de la longueur des trémies nécessaire pour les liaisons entre le souterrain et la surface est effectuée sur la figure ci-contre. Elle dépend bien évidemment de la pente de la ligne en surface et de la pente de la ligne en souterrain.

Cas de figure :

Situation : Sortie à Lausanne-bif.

Rampe d'accès : 18‰

Aiguilles : 100m

Rayon de courbure : 7000 m

Profondeur nécessaire pour le début du tunnel : 8 m

Avec ces hypothèses, la longueur de la trémie est légèrement supérieure à 500 m. En diminuant la différence entre la pente en surface et la pente en souterrain, la longueur de la trémie sera rallongée. C'est le cas de figure de la sortie en direction de Berne.

## **8.6. Conclusion de l'étude des contraintes.**

L'ensemble des contraintes privilégie une sortie à l'est sur la ligne du Valais plutôt que sur la ligne de Berne. Cependant il ne s'agit que d'un critère et les infrastructures nécessaires pour une sortie sur la ligne de Berne, certes plus compliquées, n'est pas insurmontable. Quelques soit les choix des liaisons effectuées, les infrastructures à créer seront relativement lourdes, et la gare profonde. Cette profondeur peut poser des problèmes à certains usagers.

## 9. CONCEPTS

---

L'élaboration des concepts est basée sur les résultats des diagnostics et des contraintes de génie civil. Le diagnostic définit et caractérise le type de flux traversant Lausanne. Il conclut que dans un premier temps un flux en souterrain suffira mais que par la suite un deuxième flux devra pouvoir être également descendu d'un étage.

Deux générations de concepts sont donc établies. La première établit un flux en souterrain, alors que la deuxième en établit deux. Les inconnues étant nombreuses, la deuxième génération de concepts sert également à confronter les concepts de première génération selon leurs possibilités d'évolution et d'agrandissements. Les contraintes de génie civil, permettent principalement d'évaluer l'infrastructure nécessaire et l'offre possible pour chaque concept.

### 9.1. Première génération de concepts

Les cinq concepts correspondent à chacun des cinq flux différents, déplacés seuls en souterrain. Ils sont illustrés dans la figure ci-contre. A noter qu'il s'agit des flux de 2030. Ces flux ne devrait pas changer énormément, à part peut-être les flux RER.

### 9.2. Deuxième génération de concepts

Le diagnostic montre qu'un seul flux en souterrain ne suffira que temporairement pour garantir le passage de tous les trains à travers le nœud lausannois. La deuxième génération de concepts est nécessaire afin de déterminer quelle suite donner aux concepts choisis. Trois concepts se dégagent, selon le type de produit en souterrain.

➤ *Concept Grandes lignes en souterrain (GLs)*

Ce concept est la continuité des concepts envoyant une partie du trafic longue et moyenne distance en souterrain. Ici, à la fois l'axe Genève-Valais et l'axe Genève-Berne se retrouvent en souterrain.

➤ *Concept Mixte (MIs)*

Ici, la gare souterraine est utilisée à la fois par des trains régionaux et par du trafic longue distance. Les directions des trains peuvent également être mixtes (trafic Valais + Berne).

➤ *Concept RER en souterrain (RERs)*

Ce concept prévoit l'envoi de l'ensemble des trains régionaux en souterrain, en créant deux liaisons souterraines en direction de Berne et du Valais.





## **10. EVALUATION ET CHOIX DES CONCEPTS**

---

L'évaluation des concepts est basée sur des critères d'offre, d'infrastructure, d'exploitation et de possibilité de développement futur. Ces critères sont choisis grâce aux objectifs du travail, fixés au début de ce dernier. Les notes permettent de comparer les concepts entre eux mais n'ont pas de valeur absolue. La pondération des critères est forcément subjective mais se base sur le « bon sens ».

### **10.1. Evaluation des infrastructures**

#### **10.1.1. Dimensions de la gare**

Difficile de prévoir les dimensions de la gare souterraine avant la réalisation de variantes d'horaires précises. Cependant, le concept prévoyant d'envoyer les trains rebroussant nécessitera plus de voies par trains (temps d'arrêt plus long). Le concept envoyant tous les trains directs traversant en souterrain risque de nécessiter de nombreuses voies, puisque les trains se retrouvent régulièrement aux mêmes minutes (nœud de correspondance).

#### **10.1.2. Longueur des tunnels.**

La séparation entre le trafic souterrain et le trafic en surface se fera plus ou moins loin de la gare centrale, selon le type de trains affectés. Dès lors, les concepts prévoyant des trains grande ligne sont pénalisés, particulièrement en direction de Berne.

#### **10.1.3. Infrastructures non utilisées.**

Les infrastructures ferroviaires devenues obsolètes avec les infrastructures nouvelles de certains concepts pénalisent le projet. C'est le cas des voies de garages de Lausanne-Paleyres dans les concepts rebroussant, mais également de certains tronçons de voies.

### **10.2. Evaluation de l'offre.**

#### **10.2.1. Capacité de la gare.**

La gare de Lausanne sera certainement encore dans un système cadencé à l'horizon 2050. Que ce soit dans un cadencement à la demi-heure au quart d'heure ou encore moins, les mêmes types de produit devraient passer en même temps en gare. Ainsi une séparation par type de produit à moins de sens qu'une séparation par flux.

L'analyse 2030 montre que les produits longue et moyenne distances (IC, IR, RE) sont déterminants dans le dysfonctionnement de la gare. La situation sera probablement la même à l'horizon 2050. Ainsi, affecter des trains directs en souterrain permet d'augmenter la capacité de la gare aux minutes nodales.

### **10.2.2. Capacité des lignes**

La séparation des produits dans l'espace peut permettre de gagner en capacité en ligne. En effet, cette séparation permet d'accueillir en même temps les trains rapides et les trains lents en gare de Lausanne. Les trains lents peuvent donc arriver juste avant les rapides et repartir juste après. Cette séparation est plus intéressante en direction du Valais que de Berne, puisque la ligne vers le Valais est plus chargée et que les tronçons RER sont plus longs.

## **10.3. Critères pratiques**

### **10.3.1. Phasage et adaptation de l'offre.**

Les concepts de première génération doivent pouvoir mener au maximum de concepts de deuxième génération. Les concepts « fermant des portes » sont donc pénalisés. De la même manière, un concept ne permettant qu'un seul choix d'exploitation est pénalisé.

Par exemple, le concept GLBs ne permet pas de mettre en souterrain d'autres trains que les trains directs Genève-Berne. Il ne conduit à long terme, qu'à une exploitation de la gare souterraine par du trafic grande ligne, ou à un seul concept mixte.

### **10.3.2. Lisibilité et correspondance**

La séparation des trafics est simplifiée pour l'utilisateur si la séparation suit une logique. Les concepts accueillant des trains « au hasard » comme les trains rebroussant (REBs), péjore la lisibilité du système. La séparation totale des flux ou des produits est quant-à-elle la plus avantageuse.

Un cheminement entre la gare souterraine et la gare en surface nécessitera un temps relativement important. Le temps de correspondance entre deux trains sur des niveaux différents sera donc rallongé. Il est donc souhaitable d'éviter au maximum les transferts entre le haut et le bas de la gare. Un système de séparation par produits diminue le nombre de correspondance sur deux niveaux. En effet, seuls les changements entre des produits différents nécessitent un « changement de gare ». Par exemple d'un RER à un IC.



*Tableau 14: Evaluation des concepts*  
A3



## 10.4. Synthèse de l'évaluation.

- Sans surprise, le concept impliquant des trains rebroussant est rapidement abandonné. L'affectation de trains rebroussant nécessite plus de voies, car les temps d'arrêts sont plus longs. De plus, les trains doivent changer de voies après le retournement et des problèmes de cisaillement peuvent apparaître. En plus, les voies de garages de Lausanne-Paleyres accueillent ce type de trains lorsqu'ils ne peuvent se retourner rapidement. Ce concept paie aussi le prix d'une logique floue, et de l'absence d'amélioration de l'offre en ligne. Il s'agit là d'un concept avec une vision à court terme, et plutôt d'une solution temporaire.
- Les concepts « Valais » gagnent sur leurs homologues « Berne », car l'infrastructure qu'ils nécessitent est moins importante. En plus, la ligne du Valais sera plus rapidement saturée.
- En première génération, **les concepts Jura-Valais et Genève-Valais sont gardés.**
- En deuxième génération, **le concept mixte est gardé.** Il est le meilleur, grâce au nombre de possibilités offertes. Ce concept ne définissant pas précisément les trains en souterrain, offre de nombreuses possibilités. Le concept « Grandes lignes en souterrain » est mal noté, à cause de l'infrastructure nécessaire, mais également à cause du nombre réduit de variantes d'exploitation possibles. Le concept RER en souterrain ne résout pas à long terme le problème de la saturation du nœud par les directs.

## 11. INFRASTRUCTURES 2050

Les infrastructures construites doivent permettre un maximum de solutions d'horaires. C'est pourquoi, il est important de maximiser les liaisons possibles, afin d'offrir le plus grand nombre de possibilités.

L'infrastructure existante doit être prise en considération et dans la mesure du possible, gardée. C'est pourquoi les infrastructures prévues pour 2030 et particulièrement le système de passage entre Renens et Lausanne avec le saut-de-mouton ne seront pas remis en question. A l'ouest de Renens, le système ne devrait pas changer par rapport à 2030, avec les six voies, deux pour le Pied-du-Jura, quatre pour Genève. Les « inconnues » restantes sont les raccords aux voies souterraines, à l'ouest et à l'est de Lausanne. La question du raccord en souterrain est d'abord une question d'emplacement, puis de type de raccordement. Premièrement, savoir dans quelle zone la descente en souterrain sera effectuée, et deuxièmement savoir quelles voies y seront reliées. A ce stade de l'étude, seul l'emplacement est déterminé, alors que les liaisons précises seront définies à l'aide des variantes d'horaires. Le raccord ouest est celui posant le plus de problème, à cause de la complexité du nœud.

### 11.1. Raccord ouest

Trois options se dégagent pour la sortie du souterrain, à l'ouest de la gare de Lausanne :

1) Avant le nœud.

Une descente avant d'entrer dans le nœud lausannois permet de simplifier et de décharger l'entier du nœud. Cependant, un raccord aussi lointain de la gare de Lausanne ferme plusieurs portes, puisque seulement un axe pourra rejoindre le souterrain, soit l'axe du Pied-du-Jura, soit l'axe de Genève. De plus, cette option évite la gare de Renens, une gare au milieu d'une région en plein essor, primordiale pour le trafic régional, et interrégional. L'avantage d'éviter de surcharger le nœud n'est pas déterminé, l'étude du diagnostic montre une marge de capacité raisonnable pour le nœud.

2) Entre Renens et le saut-de-mouton

Une descente entre Renens et la réorganisation des voies du saut de mouton paraît la solution la plus vraisemblable. Premièrement, à cet endroit, les voies sont organisées par sens de marche, ce qui facilite le système de trémies. De plus, la place à cet endroit n'est pas un problème, grâce aux (trop) nombreuses voies de triages de Renens. Le principal désavantage de cette solution est d'éviter la gare régionale de Prilly-Malley. Cette option condamne cette halte pour les trains affectés en souterrain, à moins de construire une gare de Prilly-Malley en souterrain. Par contre, elle permet de garder la gare de Renens.

3) Entre le saut-de-mouton et la gare de Lausanne

Si cette option permet d'utiliser la gare de Prilly-Malley, deux points négatifs sont à relever. Premièrement, moins de place est disponible sur ce tronçon, et surtout, le sens des voies en surface est alterné, ce qui complique passablement les raccordements aux voies souterraines.

La construction du raccord entre les voies de surface et de souterrain se fera vraisemblablement entre les gares **Renens et Prilly-Malley**, à l'ouest du saut-de-mouton. La place disponible est d'environ 1.5 km de long, ce qui permet la construction de plusieurs aiguilles et des deux trémies.

## 11.2. Raccord Est.

Deux options se dégagent pour la sortie est, selon le type de trains affectés en souterrain.

1) Entre Lausanne et Pully

Un raccord entre les voies de surface et les voies souterraine entre Lausanne et Pully, la première gare, permet le passage des RER comme des grandes lignes en souterrain. De plus l'infrastructure nécessaire est minimale.

2) Au delà de Pully

Un tube se prolongeant au-delà de Pully supprime la possibilité d'affecter les RER en souterrain, à moins de construire des gares régionales souterraines. Par contre, la séparation spatiale des réseaux est un avantage au niveau des horaires, puisque les RER et les trains grandes lignes seraient séparés sur une distance plus importante. Si une sortie dans une zone moins urbaine entre Lausanne et Vevey paraît peut-être plus aisée, l'infrastructure nécessaire se heurte à d'autres contraintes, comme le pont sur la Paudèze entre Pully et Lutry. La proximité du lac peut également représenter une difficulté technique pour le tunnel.

## 12. VARIANTES D'HORAIRES

---

Les variantes d'horaires réalisées dans ce chapitre sont issues des concepts de première génération, « Jura-Valais en souterrain » et « Genève-Valais » en souterrain. Elles permettent de proposer une offre à peu près exploitable pour 2050, malgré le nombre important d'inconnues. Elles servent en outre à identifier les infrastructures nécessaires dans les trois différents périmètres de l'étude, et à vérifier leur fonctionnement. Leur rôle est également de confirmer ou d'infirmer le choix des concepts retenus.

Deux variantes d'horaires sont décrites dans ce chapitre :

- La variante « 7.5 » propose un système de desserte avec un minimum de type de train et une fréquence la plus rapprochée possible.
- La variante « Bouquet » propose un maximum de type de trains différents, à une fréquence moins rapprochée.

Ces deux variantes correspondent à deux systèmes d'exploitation diamétralement opposés. Cette opposition de style permet de cibler le rayon d'action des concepts choisis. Elles sont largement inspirées des variantes « Quart d'heure » et « Bouquet parfait », du diagnostic 2030. Ces dernières ont d'ailleurs permis d'identifier les points faibles du système d'exploitation prévu pour 2030.

La desserte proposée sera évaluée dans l'évaluation des variantes.

### 12.1. Considérations pour la réalisation des variantes

Beaucoup d'inconnues subsistent pour ces variantes, l'horizon temporel étant trop lointain. La trame de base du trafic grande ligne est maintenue. C'est-à-dire que les trains IC en direction de Berne et Bienne sont maintenus comme dans l'horaire 2030. Les temps de parcours sont également les mêmes qu'en 2030. Pour de nouveaux produits n'existant ni aujourd'hui ni en 2030, le temps de parcours est estimé. Les temps de succession des trains a été fixé à trois minutes. Entre Renens et Lausanne, ce temps est réduit à deux minutes, grâce au grand nombre de signaux sur ce tronçon.

Une amélioration des temps de parcours est imaginable en vingt ans. Cependant, cela n'a peu d'incidence sur les variantes d'horaires, tant que cette augmentation reste similaire sur tous les produits. La différence de temps de parcours entre différents produits ne doit pas changer conséquemment.

*Figure 32: Horaire graphique réticulaire de la variante 7.5*  
A3





## 12.2. Variante « 7.5 »

Cette variante est issue du concept « Régionaux Valais en souterrain », et propose donc les trains régionaux un étage en dessous. Cependant, elle est compatible avec le concept « Direct Valais en souterrain ». L'idée de cette variante, est de maximiser le nombre de trains en minimisant les différences de temps de parcours entre les trains, un peu à la manière d'un métro.

Cette variante maximise également le nombre de trains effectuant la diamétrale Jura-Valais. De ce fait, un maximum de trains circule sous terre. En plus des RER vaudois, un produit intermédiaire RE, s'arrêtant aux grandes gares régionales effectue le trajet Yverdon – Aigle. Sur la ligne Lausanne-Genève, l'offre est simplifiée à deux produits. Un produit RE s'arrêtant à sept gares intermédiaires (Coppet, Nyon, Gland, Rolle, Allaman, Morges et Renens) et terminant sa course à Lausanne et un produit IR s'arrêtant à Morges et à Nyon. Les IR continuent tantôt en direction du Valais, tantôt en direction de Berne. L'absence d'IC permet de faire passer seize trains par heure. La fréquence des deux produits est de 7.5 minutes. Cependant, deux trains marchandises circulent « à la place » de deux RE chaque heure. L'offre est donc de 14 trains chaque heure en direction de Genève.

En direction du Valais, les IR continuent au quart d'heure propre et les RE s'intercalent deux fois par heure entre les sillons IR. En direction du Pied-du-Jura et de Berne, les offres sont au quart d'heure propre, avec deux IC et deux RE en alternance.

Le passage des RER est difficile dans un tel système, notamment sur le diamètre Yverdon-Villeneuve.

En annexe figurent les horaires graphiques des lignes du périmètre élargi, des lignes du nœud, ainsi que les graphiques d'occupation des voies de Lausanne, Lausanne-souterrain et Renens.

### **12.3. Variante « Bouquet »**

Cette variante est issue du concept « Direct Valais en souterrain ». Elle est absolument incompatible avec le concept « Régionaux Valais en souterrain », car aux minutes du nœud 0 et 30 trop de trains longue distance s'arrêtent, et doivent donc forcément occuper des voies souterraines.

La variante « Bouquet » maximise le nombre de produits différents. La fréquence des produits est de la demi-heure. Sur l'axe Lausanne-Genève, une batterie de deux IC, deux IR avec une politique d'arrêt différente, deux RE ainsi que deux IRN Genève-Bienne se partagent les sillons. Ce qui porte également à quatorze le nombre de trains en direction de Genève. Sur l'axe du Valais, trois produits différents sont répétés chaque demi-heure. Sur les axes de Berne et du Pied-du-Jura, deux produits différents sont offerts (IC+RE).

La polarisation temporelle des trains longue distance laisse de grands espaces pour faire circuler les trains régionaux. Ainsi, la relation Yverdon-Villeneuve reste possible.

### **12.4. Variantes intermédiaires**

Plusieurs variantes peuvent être générées « entre » ces deux variantes horaires. Des variantes avec un nombre intermédiaire de produits ou avec une fréquence intermédiaire. Ces variantes, bien que tout aussi applicables, n'apportent pas les mêmes enseignements que les deux variantes « extrêmes » proposées ci-dessus.

*Figure 33: Horaire graphique réticulaire de la variante bouquet  
A3*



## 13. RETOUR AUX CONCEPTS

L'élaboration de variantes renseigne énormément sur le choix des concepts. Ces variantes montrent la fragilité d'un système accueillant les régionaux en souterrain. Comme le montre le diagnostic, les trains longue distance risquent d'être déterminants dans la saturation de la gare. Ne pas les accueillir en souterrain n'est possible que dans un scénario avec un faible nombre de produits (Variante 7.5). Il n'est pas possible de déterminer aujourd'hui si les horaires iront ou non dans cette direction. Ce type d'horaire entraîne aussi des conséquences sur le reste du réseau Suisse. Alors, il n'est pas raisonnable dans un projet comportant tant d'inconnues de se restreindre à ce point le faisceau de desserte possible. Dès lors, le concept « Régionaux Valais » est abandonné. Par contre, la variante 7.5 est tout de même évaluée, car elle est également compatible avec le concept « Direct Valais en souterrain ».

La figure ci-dessous montre le faisceau de variantes d'horaires réalisables avec les concepts de deuxième génération

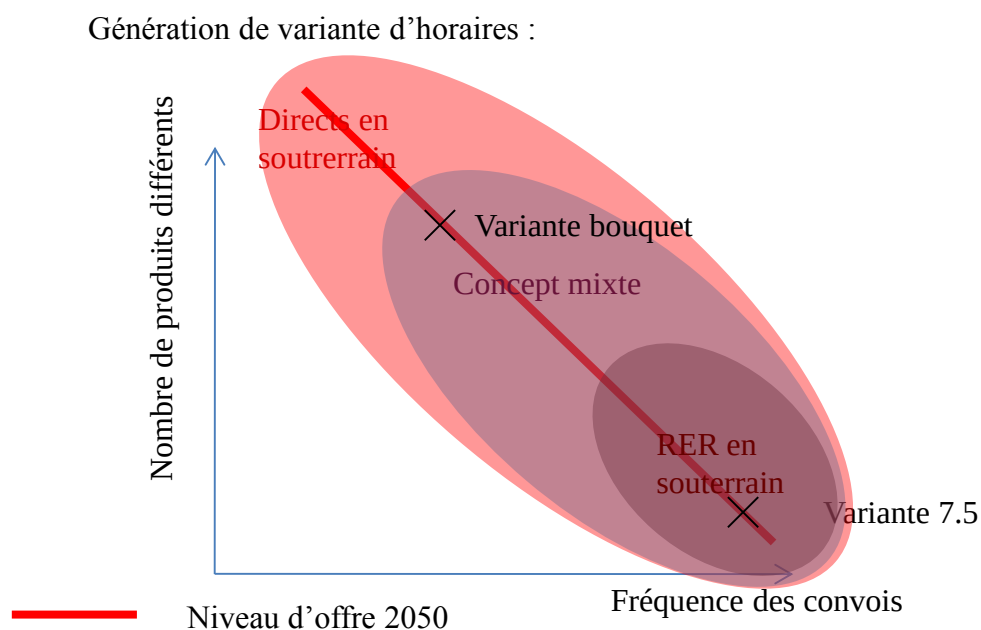


Figure 34: Génération de variantes d'horaires – comparaison des concepts.

Le concept proposant les directs en souterrain, ferme trop de portes, notamment à cause de la sortie lointaine en direction de Berne, qui condamne l'option « Régionaux Berne en souterrain ». En plus, la capacité de la gare souterraine devrait certainement être augmentée.

## **14. RETOUR A L'INFRASTRUCTURE**

---

L'infrastructure planifiée à l'intérieur du nœud se veut compatible pour les deux variantes imaginées. Ainsi, plusieurs concepts d'exploitation de la gare souterraine différents restent envisageables, et les horaires modifiables, sans modifications majeures d'infrastructures. Concrètement cela signifie qu'un maximum de type de trains peut être envoyé en souterrain.

L'emplacement des zones de raccord entre les voies de surface et les voies souterraines a été choisi dans la première étape de l'étude sur les infrastructures. A l'ouest, cette zone se situe entre Renens et le saut-de-mouton. Ce choix n'est pas remis en question par l'étude des variantes. Par contre, les détails de la liaison des voies de surface aux trémies est étudiée dans ce chapitre.

### **14.1. Détails du raccord ouest**

Les variantes horaires montrent, qu'en tous les cas dans un premier temps, ce sont les trains de/pour le Valais qui descendront en souterrain. Et probablement les trains directs. Ceci influence bien sûr la conception de l'infrastructure. Les trains directs de/pour le Valais circuleront sur les voies centrales de la gare de Renens. (Voies 3 et 4). Les trains régionaux pour le Valais seront probablement sur les voies 2 et 5 à Renens.

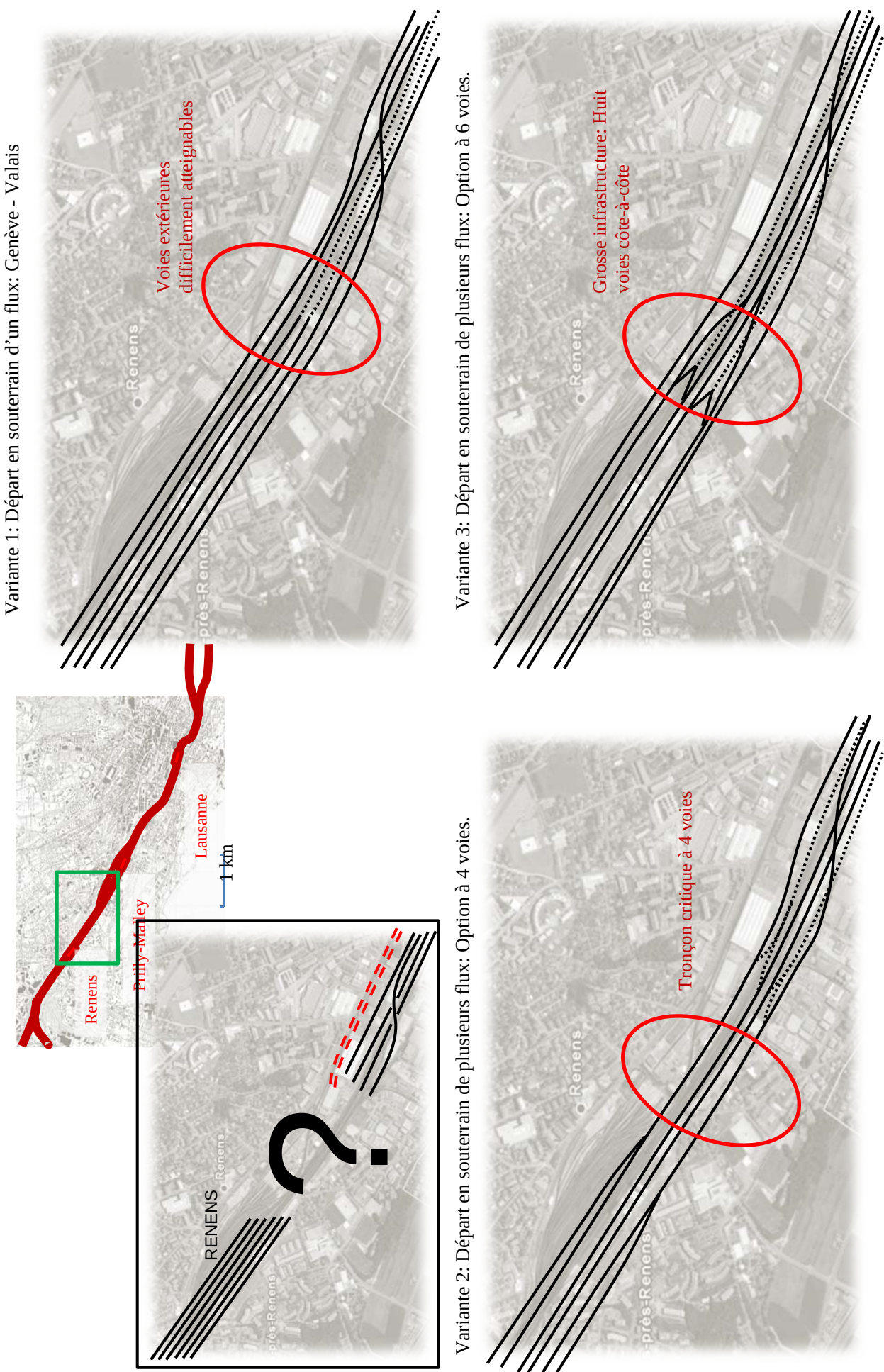
Les voies 2-3 et 4-5 doivent posséder leurs propres voies d'accès (sans cisaillement) aux trémies. Seulement sur ces voies circulent aussi quelques trains ne transitant pas par la gare souterraine. Une « échappatoire » aux trémies doit également être planifiée.

### **14.2. Variantes du raccord ouest**

#### **1) Variante flux central Genève-Valais :**

Cette option répond au concept Genève-Valais en souterrain. Il permet de séparer les trois flux complètement et de descendre directement en souterrain pour les trains transitant de Genève en direction du Valais et inversement. Un changement d'affectation radical de la gare souterraine, sans les trains Genève-Valais, ne serait pas possible. A noter qu'en cas d'extension du nombre de trains en souterrain, la trémie peut également être reliée au flux Jura-Valais, mais plus difficilement au flux Genève-Berne.

Figure 34: Variantes d'infrastructures de la descente ouest.



2) Variante à plusieurs flux à 4 voies :

Cette variante prévoit de relier les voies souterraines entre les deux voies en surface de chaque sens. Cette option permet de relier tous les flux au souterrain. Seulement, il nécessite de regrouper les flux sur quatre voies sur quelques centaines de mètres. Cette solution permet d'affecter n'importe quel train en souterrain.

3) Variante à plusieurs flux à 6 voies :

Cette variante prévoit de prolonger les six voies de la gare de Renens jusqu'à la descente en souterrain. Les quatre voies centrales seraient reliées au souterrain. Cette variante permet de ne pas superposer les flux. Cependant, elle empêche le transit Genève – Lausanne souterrain – Berne, puisque les voies extérieures ne sont pas reliées.

### **14.3. Choix de la variante d'infrastructure**

La première variante est trop exclusive. Elle ne laisse que peu de place à une évolution de l'offre. Cette infrastructure n'est pas pratique pour une extension de l'offre en gare souterraine, notamment depuis Berne. En plus, elle ne propose pas de réelle échappatoire à la gare souterraine, pour les trains circulant sur les voies centrales, mais ne partant pas dans la gare souterraine.

La troisième variante à plusieurs flux 6 voies, est probablement la meilleure, car elle évite au maximum le cisaillement de différents flux. Seulement, c'est aussi la plus demandeuse en infrastructures. Dans cette variante, tous les flux sont séparés. En outre, les trains affectés en souterrain descendent directement, sans passage d'aiguilles, et sans gêner un autre trafic. Par contre, il serait très compliqué d'envoyer les trains régionaux pour Palézieux en souterrain.

La deuxième variante, paraît la meilleure puisqu'elle permet la descente depuis chaque voie. Elle n'a pas de « parti pris » puisqu'aucune voie ne se dirige par défaut en souterrain. Seul défaut, elle regroupe les flux sur quatre voies sur quelques centaines de mètres, à l'est de Renens.



## 14.4. Raccord à quatre ou six voies ?

Ce paragraphe teste la possibilité de regrouper les flux sur quatre voies. La figure ci-dessous représente le départ de chaque train en direction de Malley (sur les deux voies 300/400) ainsi que l'arrivée des trains à Renens depuis Malley (voies 100/200). A quelques exceptions près, chaque départ, est séparé de deux minutes. Le regroupement des six voies sur quatre est donc réalisable. La variante à six voies est probablement meilleure du point de vue de l'exploitation, mais n'est pas forcément nécessaire.

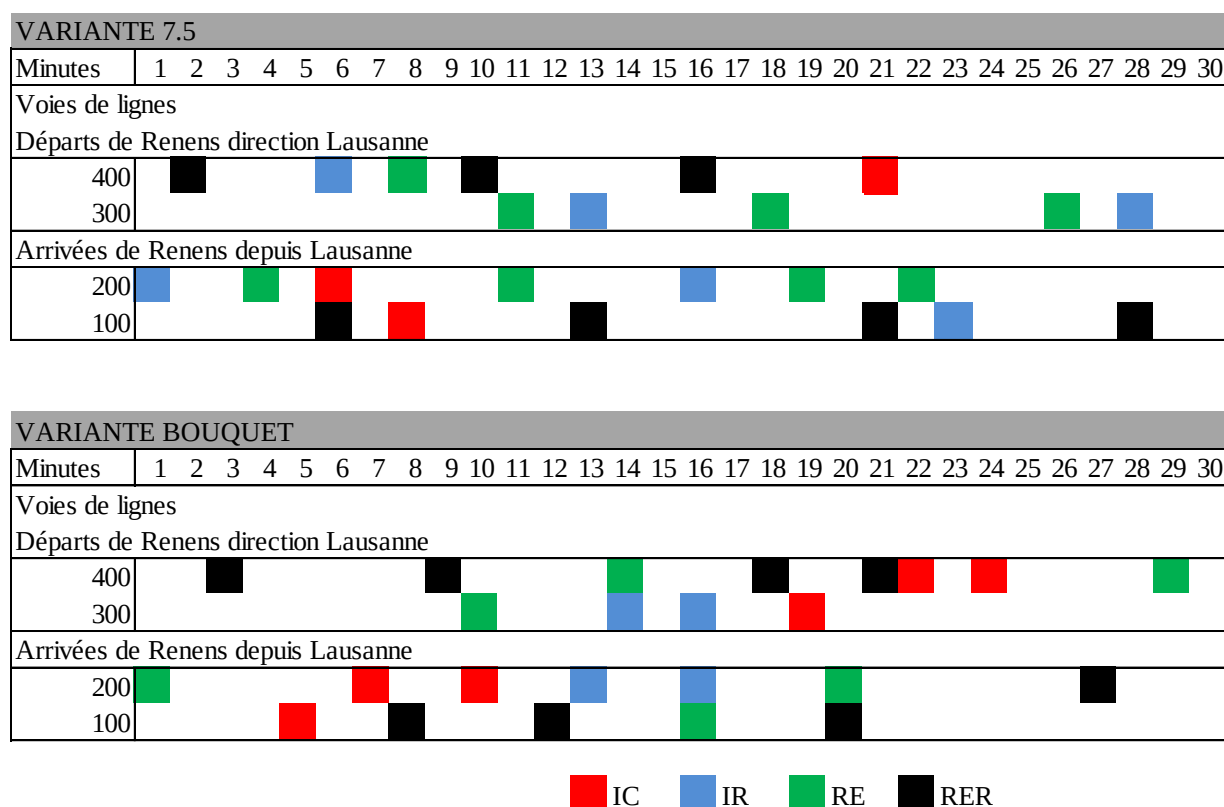


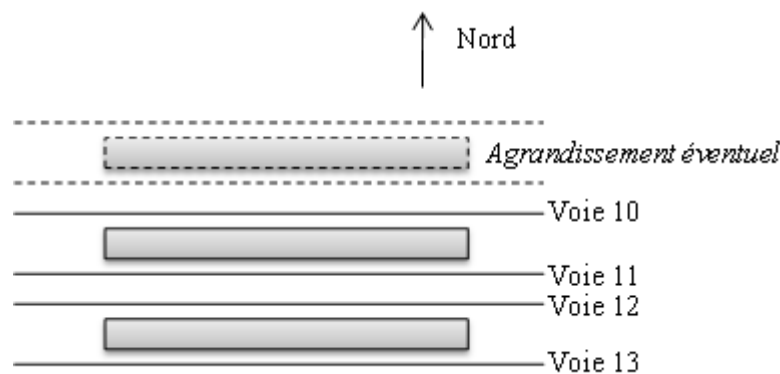
Tableau 15: Minutes de passage des trains juste à l'est de Renens

L'infrastructure prévue laisse la possibilité d'une extension en cas d'augmentation de trafic. En effet, des voies extérieures peuvent toujours être construites par la suite, entre Renens et le saut-de-mouton.

La variante à plusieurs flux à 4 voies à été choisie et les variantes d'horaires sont réalisée avec cette infrastructure.

## 14.5. Dimension de la gare souterraine

La taille de la gare souterraine dépend également du type de trains affectés en souterrain. Une offre mixte à l'avantage de favoriser une offre « dépolarisée ». En effet, les trains nationaux risquent de se croiser tous en même temps, en gare de Lausanne, et nécessiteraient plus de voies en souterrain. Les variantes horaires montrent que quatre voies sont suffisantes, et une marge de capacité confortable demeure à l'horizon 2050. Des trains régionaux pourront probablement être rajoutés sans nouvelles voies. Par contre, en cas de construction d'un nouveau tube, il est vraisemblable que la gare doive être agrandie. Un agrandissement, forcément au nord, à cause du métro, doit être laissé possible.



## 14.6. Aménagement de la gare en surface

La sortie est de la gare en surface devra être réaménagée. Principalement, les voies du sud de la gare 6-7-8-9 devront probablement être à nouveau reliées à la ligne de Berne.

## 14.7. Conséquence pour le développement au-delà de 2050.

Le choix de l'infrastructure conditionne la suite du développement. Bien que ces propositions d'infrastructures suppriment le minimum de possibilités, les trains régionaux venant d'Allaman auront de la peine à circuler dans la gare souterraine, puisqu'ils seront sur les voies extérieures à Renens.

De ce fait, le système futur accueillera les trains régionaux pour le Pied-du-Jura. Ces derniers seront prolongés sur Villeneuve ou sur Palézieux, dans le cas d'une construction d'une sortie en direction de Berne.

*Figure 36: Synthèse des infrastructures proposées.*

A3



## 14.8. Infrastructures sur le reste du réseau

Le tableau ci-dessous cite les principaux aménagements d'infrastructure nécessaires sur le périmètre élargi pour les variantes générées. Cette liste permet d'évaluer la quantité nécessaire d'infrastructures pour chaque variante. Une partie de ces infrastructures seront probablement déjà nécessaires pour l'horaire 2030.

| <b>Ligne Lausanne-Genève</b>              | <b>Variante 7.5</b>                                                                                 | <b>Variante Bouquet</b>                                                   |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Sortie de Genève                          | Diminution du temps de succession à 2 minutes nécessaire.                                           | Diminution du temps de succession à 2 minutes nécessaire.                 |
| Quatrième voie pour le dépassement des IC | Gland – Rolle. Peut-être plus pour la stabilité de l'horaire                                        | Nyon - Allaman                                                            |
| Fret :                                    | Voie centrale quelque part entre Genève et Versoix. Quatrième voie entre juste avant Nyon et Gland. | Voie centrale entre Céligny et Coppet. Voie centrale à Gilly-Bursinel.    |
| Gare de Morges                            | 4 voies pour les directs, plus 2 voies pour le croisement des régionaux !                           | 4 voies pour les directs, plus 2 voies pour le croisement des régionaux ! |
| Troisième voie Renens-Allaman             | Croisement à Etoy, Morges et avant Denges.                                                          | Croisement à Etoy, Morges et avant Denges.                                |
| <b>Ligne Lausanne-Palézieux</b>           |                                                                                                     |                                                                           |
| Gare de Puidoux-Chexbres                  | Nouvelle(s) voie(s) à Puidoux-Chexbres, si terminus des RER.                                        |                                                                           |
| <b>Ligne Lausanne-Aigle</b>               |                                                                                                     |                                                                           |
| Gare de Cully                             | Voie centrale pour le terminus des RER. Sinon, problèmes de cisaillement.                           | Voie centrale pour le terminus des RER. Sinon, problèmes de cisaillement. |
| Gare de Vevey                             | 2 voies pour RER + 2 voies pour directs.                                                            |                                                                           |
| Gare d'Aigle                              | Quatre voies nécessaires pour les IR et RE.                                                         | Quatre voies nécessaires pour les IR et RE.                               |
| <b>Ligne Lausanne-Yverdon</b>             |                                                                                                     |                                                                           |
|                                           | 4 voies nécessaires à Yverdon                                                                       | 4 voies nécessaires à Yverdon                                             |

Tableau 16: Infrastructures complémentaires sur le réseau

Ce tableau montre que la variante 7.5 permet d'économiser quelques infrastructures sur le tronçon Lausanne-Genève. Par contre, elle est légèrement plus défavorable sur les autres lignes. Les infrastructures nécessaires en ligne ne seront pas déterminantes dans le choix de la variante. Une cohérence existe entre les deux variantes, puisqu'un nombre important d'infrastructures sont nécessaires pour les deux variantes.

## **15. EVALUATION DES VARIANTES D'HORAIRE**

---

Un choix de variante horaire précis, à la minute, pour 2050 n'a pas réellement de sens. Trop d'inconnues subsistent à cet horizon pour affirmer qu'une variante est plus adéquate que l'autre. Cependant, les variantes proposées sont diamétralement opposées et leur comparaison paraît intéressante. Plus que des variantes d'horaires, ce sont des « philosophies de dessertes » qui sont évaluées. Il s'agit plutôt d'un choix politique, que d'un choix d'ingénieur. Ce travail se prête donc tout de même au jeu de la comparaison, ceci surtout pour dégager les qualités et les défauts des variantes et non pas pour en choisir et en éliminer une.

### **15.1. Critères d'évaluation**

Les critères d'évaluation de ces variantes sont basés sur les objectifs initiaux. Le critère d'offre est le plus important. Premièrement, la variante doit répondre au niveau d'offre élaboré pour 2050. Ensuite, elle doit satisfaire les besoins régionaux et les besoins longue distance. La régularité temporelle de l'offre ainsi que sa lisibilité et ses caractéristiques pratiques sont aussi des critères.

Les infrastructures nécessaires sur le nœud et sur les lignes pour le fonctionnement de la variante représentent également un critère. Ces infrastructures sont détaillées dans le chapitre précédant.

Tableau 17: Evaluation des variantes d'horaires

|                               | Variante 7.5                                                                                                                                                                      | Variante Bouquet                                                                                       |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>OFFRE</b>                  |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                        |
| Offre régionale               | Problème de continuité des RER                                                                                                                                                    | Continuité des RER assurée. Offre à priori extensible.                                                 |
| Offre nationale               | Absence des IC Lausanne-Genève, plus grande fréquence                                                                                                                             | Fréquence moins élevée, mais conservation des IC                                                       |
| Liaisons offertes             | Moins de produits offerts                                                                                                                                                         | Grand nombre de liaisons possibles.                                                                    |
| Lisibilité de l'offre         | Bonne. Offre facile à comprendre                                                                                                                                                  | Moyenne. Trop de produits différents.                                                                  |
| Correspondances               | Bonne correspondance grandes lignes, sauf Valais-Fribourg. Trains fréquents si correspondance manquée.                                                                            | Mauvaises correspondance entre IC. Correspondances IC/RE.                                              |
| Régularité de l'offre         | Régulière, à l'exception des deux RE manquant sur Lausanne-Genève.                                                                                                                | Offre régulière.                                                                                       |
| <b>EXPLOITATION</b>           |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                        |
| En gare de Lausanne           | Logique claire, peu de conflits possibles.                                                                                                                                        | Déjà très saturé en gare. Forte concentration nodale. Long temps d'arrêt en gare pour certains trains. |
| Nœud                          | Bien réparti dans le temps. Conflits de suivi de trains possible malgré tout.                                                                                                     | Forte concentration nodale, conflits de suivi de trains à Renens.                                      |
| Lignes                        | Terminus mal pratique sur les lignes RER. Notamment à Puidoux-Chexbres, Allaman et Vevey. Forte concentration de train à Morges. Temps de séparation faible à Genève et Lausanne. | Moyenne. Conflits RER à Allaman.                                                                       |
| <b>INFRASTRUCTURES</b>        |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                        |
| En lignes                     | Infrastructures importantes sur toutes les lignes.                                                                                                                                | Grosses infrastructures sur Lausanne-Genève, moins sur le reste.                                       |
| ADAPTABILITE                  | Adaptable au concept Valais en souterrain.                                                                                                                                        | Difficilement adaptable à un autre concept.                                                            |
| SUITE (concept mixte)         | Trains régionaux séparés temporellement des trains longue distance. Probablement pas besoin de voies supplémentaires.                                                             | Voies supplémentaires probablement nécessaires, les régionaux sont également dans le nœud.             |
| SUITE (concept grande lignes) | Voies supplémentaires nécessaires.                                                                                                                                                | Voies supplémentaire nécessaires.                                                                      |

## **15.2. Bilan de l'évaluation**

L'offre générée par ces variantes est très différente. Ces deux schémas d'offre ont tous les deux des avantages et des inconvénients. Difficile d'en privilégier un. En revanche, au niveau de l'exploitation, et du besoin en infrastructures, la variante 7.5 sort du lot, car elle permet une circulation plus fluide des trains à travers Lausanne et également sur l'ensemble du réseau, grâce à une différence de temps de parcours entre les trains minimisée. Pour augmenter la capacité d'un réseau, l'offre se doit d'être la plus « simple » possible. L'augmentation de la capacité des lignes se fera certainement au détriment de certaines offres. La suppression d'un bon nombre de gare régionales ces dernières années en est l'illustration.



## 16. REFLEXION SUR LA SUITE

---

Les concepts proposant soit l'entier du trafic régional, soit l'entier du trafic direct traversant à long terme en souterrain, ont été mis de côté. C'est donc sur un concept mixte proposant une partie de l'offre régionale et une partie de l'offre grande ligne en souterrain, que s'orientera la deuxième phase de développement de la gare souterraine.

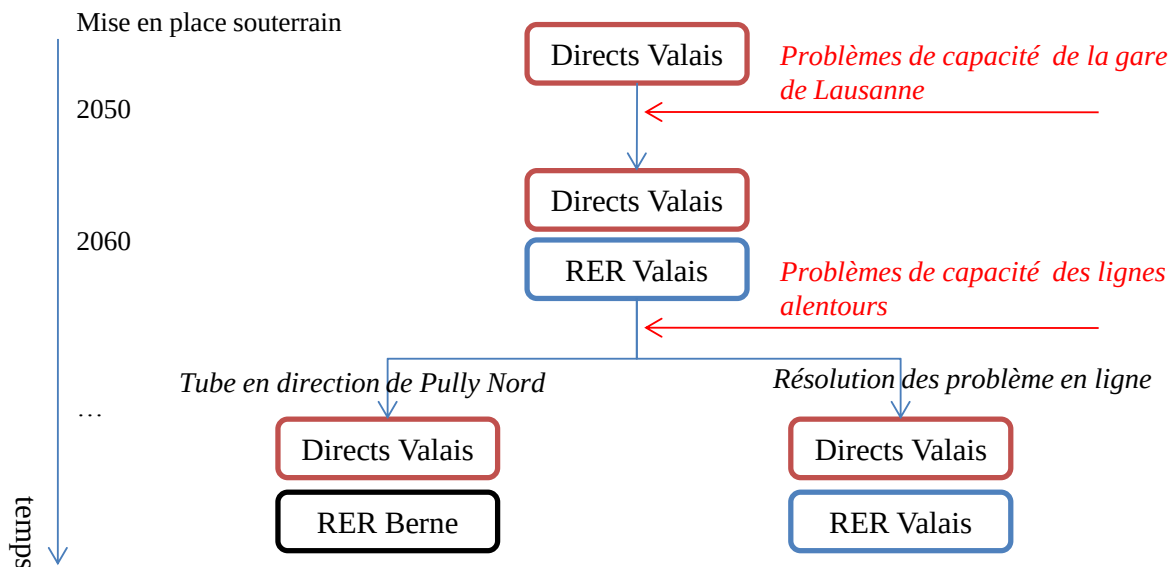
L'augmentation d'offre la plus simple, possible sans nouvelles infrastructures, et le passage de tous les trains pour le Valais en souterrain. Cette solution soulagera la gare en surface probablement à relativement long terme. Par contre, des problèmes de capacité sur les lignes, particulièrement la ligne en direction du Valais apparaîtront. En réaffectant les trains régionaux et directs sur la même infrastructure, tout au long de leur trajet, la séparation spatiale est perdue. Cette séparation est nécessaire pour faire circuler RER et trains nationaux sur le même tronçon entre Pully et Villeneuve voire Aigle. Si les trains se retrouvent sur le même niveau, une solution en ligne devra être trouvée. Soit une troisième voie, soit un tronçon de dépassement à quatre voies. (*cf. chapitre 5.5.3 réflexion sur le trafic régional*).

Or, il sera difficile de construire une telle infrastructure dans cette région. Une séparation des trafics par un tunnel Lausanne souterrain – Vevey, pour les trains longue distance, est par exemple également envisageable.

Autrement, la construction d'un tube Lausanne-Souterrain - Pully Nord sur la ligne de Berne permettrait de séparer le réseau régional du réseau national pendant quelques kilomètres, et cela sur les deux axes de RER. Le principal désavantage de placer les régionaux pour Palézieux en souterrain est le raccord aux souterrains ouest, entre Renens et Malley. Ces régionaux circulent sur les voies extérieures à Renens alors que les trémies se situeront plus proches des voies centrales.

La création d'un tube Lausanne-Souterrain – Palézieux pour les trains nationaux, permettrait également la séparation spatiale sur les deux réseaux RER. Par contre, l'infrastructure paraît aujourd'hui démesurée compte tenu des besoins en direction de Berne.

Figure 37: Développement de l'offre dans la gare de Lausanne-souterrain après 2050.



La problématique des RER sera probablement résolue en ligne. La construction d'une troisième voie dédiée uniquement au trafic régional est envisageable entre Renens et Daillens, voire au-delà. De l'autre côté, il est peu envisageable de recourir à une nouvelle infrastructure en surface, autant en direction de Berne que du Valais.

## 17. COMPLEMENTS DE L'ETUDE

---

Cette étude pose les bases conceptuelles d'un projet de gare souterraine à Lausanne. Une étude plus poussée des quelques points suivants, seulement rapidement abordés, est nécessaire.

- Une étude de la demande prenant en compte des variables socio-économiques, et plus détaillée dans le territoire. Elle pourrait permettre d'affiner le niveau d'offre, autant spatialement que temporellement.
- Une étude, en collaboration avec les CFF, rassemblant les projets prévus sur le nœud lausannois et sur le périmètre élargi. Peut-être même sur un périmètre plus large. Il s'agirait ensuite d'établir la pertinence d'une gare souterraine en fonction de différents projets prévus, ou imaginables.
- Une étude précise de l'infrastructure, vérifiant le respect des contraintes du trafic ferroviaire et permettant un calcul précis des marches des trains.
- Une étude des futurs moyen technique des transports ferroviaire, et une réflexion plus globale sur l'évolution générale du train en Suisse serait nécessaire, notamment par rapport aux résultats des philosophies de desserte opposées découlant des deux variantes étudiées.

## 18. CONCLUSION GENERALE

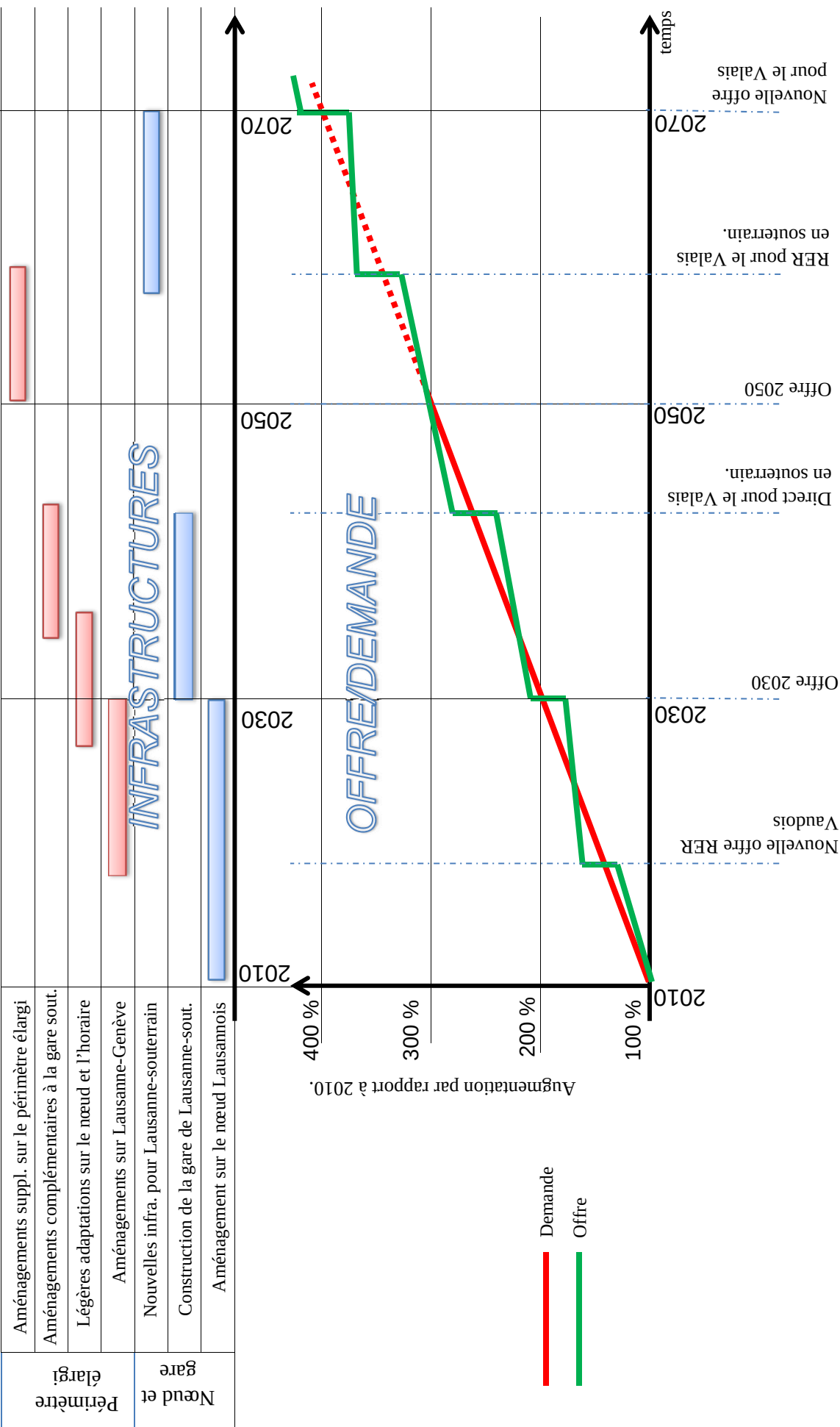
---

L'étude de la gare de Lausanne à l'horizon 2050 montre la nécessité d'un agrandissement du premier nœud ferroviaire romand. La forte augmentation du trafic laisse présager d'une rapide saturation de la gare de Lausanne, peu après l'implémentation de l'offre 2030, et avant 2050. L'occupation du sol autour de la gare lausannoise conduira très probablement à construire une nouvelle gare en souterrain, évitant ainsi de raser un quartier entier. Cette gare en souterrain sera équipée de quatre voies, elle sera raccordée au reste du réseau avant Renens et avant Pully. Elle servira avant tout au trafic en direction du Valais, pour des raisons de simplification d'infrastructure, mais également pour des raisons de capacité. La gare souterraine sera vraisemblablement utilisée, dans un premier temps, par des trains « longue distance ». Ceci permettra de maintenir, si besoin est, un nœud temporel de correspondance avec plus de huit trains au même moment. A plus long terme, plusieurs options sont possibles avec ou sans nouvelles infrastructures. La gare souterraine sera exploitée à la fois par du trafic national et du trafic régional. Une liaison souterraine jusqu'à Pully Nord, en direction de Berne, n'est pas exclue.

Cependant, à la vue de l'horizon fort lointain qu'est 2050, nombre de paramètres inconnus subsistent. Ces paramètres aiguilleront forcément les décisions qui concernent l'infrastructure de la gare lausannoise. Ce projet a été réalisé avec les connaissances actuelles du futur réseau et formule un nombre conséquent d'hypothèses. A ce stade, les propositions pour Lausanne se doivent d'être multiples et facilement adaptables, afin de ne pas être rendues obsolètes ou impossibles par une infrastructure nouvelle non prévue.

La figure de la page suivante montre les principales modifications d'infrastructures, d'offre et de demande prévue par ce projet.

Figure 37: Synthèse des propositions



## 19. SOURCES

---

### **Documents :**

*Vers une mobilité durable : les transports publics à l'horizon 2020.* Département des infrastructures, service de la mobilité. Lausanne, 2006.

*Convention-cadre relative au développement de l'offre et des infrastructures sur la ligne Lausanne – Genève-Aéroport* entre la Confédération Suisse, l'Etat de Vaud, et la République et Canton de Genève.

Présentation du conseiller d'état François Marthaler, chef du département des infrastructures, lors de la conférence de presse du 3 juillet 2008 sur la halte de Prilly-Malley.

Etat Rail 2030 : offre et projets. *Matériel de référence état printemps 2010*, CFF.

Futur développement de l'infrastructure ferroviaire (ZEB) *Base pour le développement des transports publics en Suisse*. LITRA, 2007.

### **Documents de travail:**

Profil en long des métros M2 et M3.

Projet d'infrastructures sur le nœud lausannois pour 2030

Horaire graphique 2030.

### **Sites internet :**

[www.cff.ch](http://www.cff.ch)

[www.tableaux-horaires.ch](http://www.tableaux-horaires.ch)

[www.scris.vd.ch](http://www.scris.vd.ch)

[www.admin.ch](http://www.admin.ch)

etc.

Fonds de cartes :

[www.geo.admin.ch](http://www.geo.admin.ch)

[www.maps.google.ch](http://www.maps.google.ch)

[www.geoplanet.vd.ch](http://www.geoplanet.vd.ch)

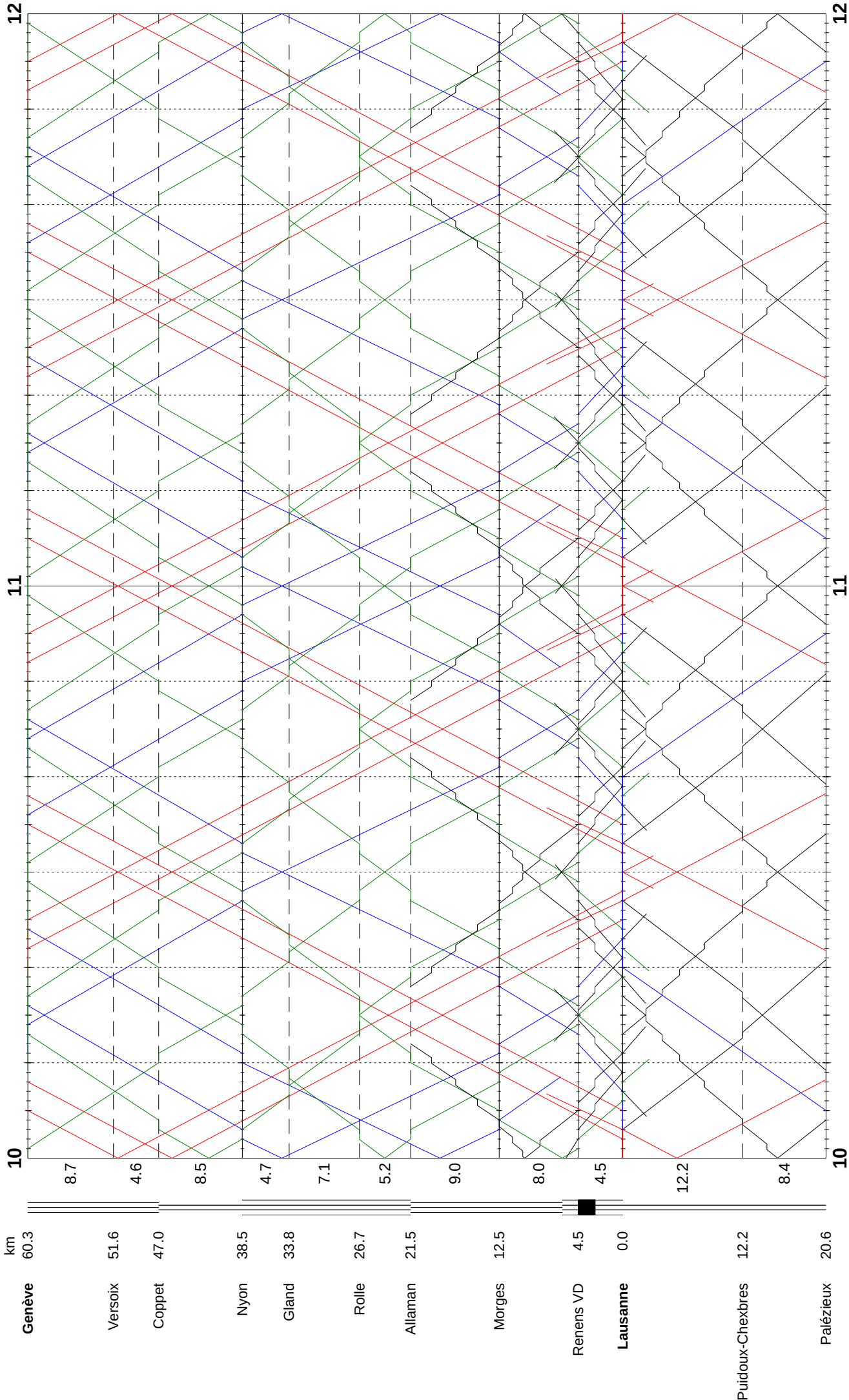
## TABLES DES FIGURES

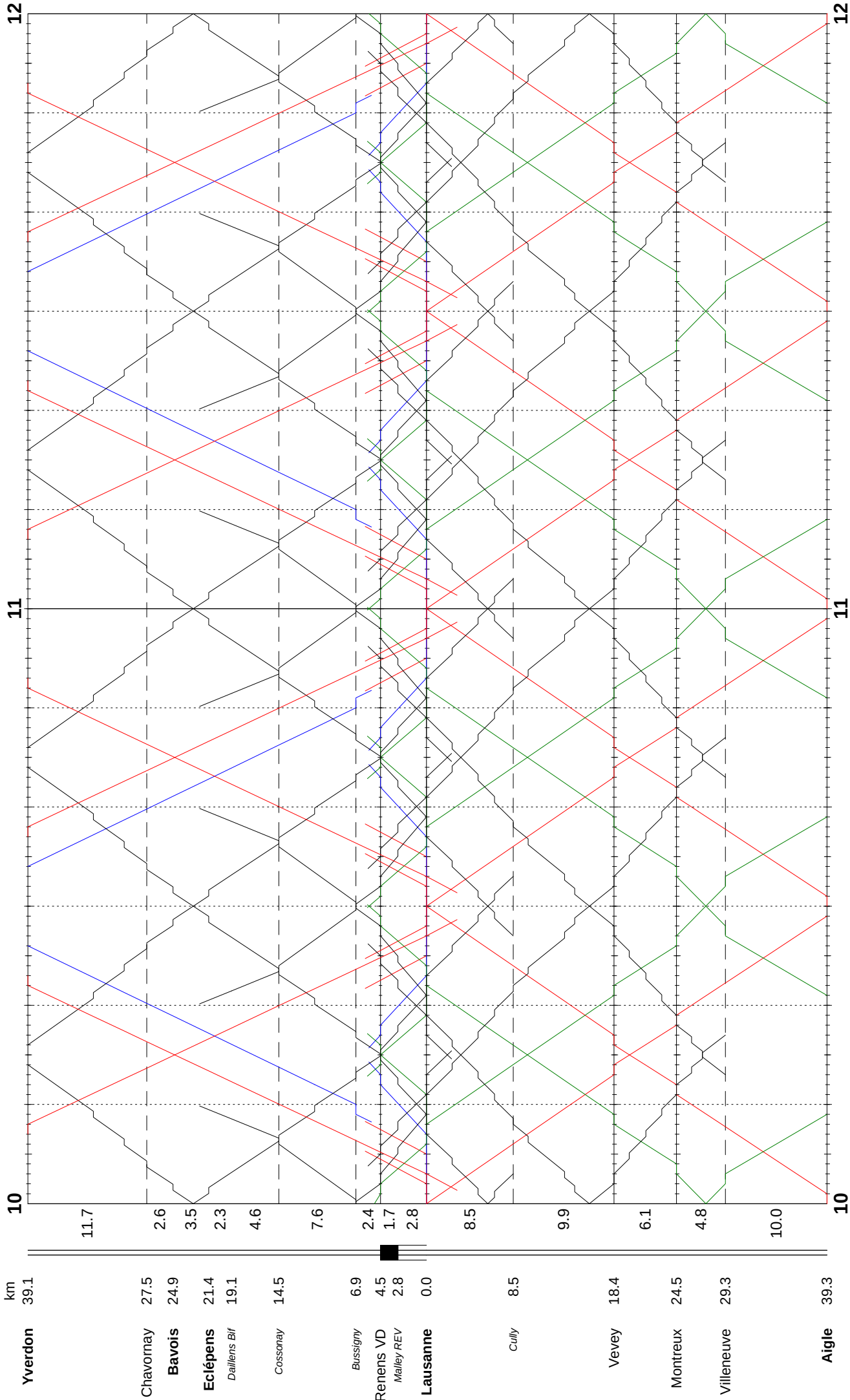
|           |                                                                         |     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 1  | Démarche du projet                                                      | 8   |
| Figure 2  | Périmètre de la gare                                                    | 10  |
| Figure 3  | Périmètre du nœud et intégration dans le réseau de transport lausannois | 12  |
| Figure 4  | Périmètre élargi                                                        | 14  |
| Figure 5  | Infrastructures de la gare et du nœud                                   | 16  |
| Figure 6  | Infrastructures sur le périmètre élargi en 2030                         | 18  |
| Figure 7  | Bassins de population sur les lignes convergeant à Lausanne             | 23  |
| Figure 8  | Evolution de la population d'ici 2035 dans le canton de Vaud.           | 25  |
| Figure 9  | Evolution de la population par district entre 2010 et 2040              | 26  |
| Figure 10 | Evolution de la distance parcourue par personne chaque jour en Suisse.  | 28  |
| Figure 11 | Offre 2011                                                              | 32  |
| Figure 12 | Offre 2030                                                              | 34  |
| Figure 13 | Niveau d'offre 2050                                                     | 36  |
| Figure 14 | Organisation du diagnostic                                              | 40  |
| Figure 15 | Cadencement théorique de la gare de Lausanne en 2030                    | 42  |
| Figure 16 | Système de passage des flux à travers l'infrastructure 2030.            | 44  |
| Figure 17 | Mouvements compatibles simultanément à travers le nœud lausannois.      | 45  |
| Figure 18 | Mouvements problématiques à travers le nœud lausannois                  | 46  |
| Figure 19 | Schéma de desserte RER vaudois 2018                                     | 50  |
| Figure 20 | Système de desserte au quart d'heure avec voies de dépassements         | 50  |
| Figure 21 | Schéma de desserte au quart d'heure avec RER « raccourcis ».            | 51  |
| Figure 22 | Ajout de trains à l'intérieur de la gare lausannoise                    | 52  |
| Figure 23 | Analyse par lignes (Genève et Valais)                                   | 56  |
| Figure 24 | Analyse par lignes (Berne et Pied-du-Jura)                              | 58  |
| Figure 25 | Besoins en voies à Lausanne pour chaque flux                            | 60  |
| Figure 26 | Profil en long du M2 et situation de la gare souterraine.               | 64  |
| Figure 27 | Profil en long et rampes.                                               | 66  |
| Figure 28 | Situation des sorties.                                                  | 68  |
| Figure 29 | Estimation de la longueur d'une trémie                                  | 70  |
| Figure 30 | Génération de concepts                                                  | 73  |
| Figure 31 | Horaires graphique réticulaire de la variante 7.5                       | 83  |
| Figure 32 | Horaires graphique réticulaire de la variante bouquet                   | 87  |
| Figure 33 | Génération de variantes d'horaires – comparaison des concepts           | 89  |
| Figure 34 | Variantes d'infrastructures de la descente ouest                        | 91  |
| Figure 35 | Synthèse des infrastructures proposées.                                 | 95  |
| Figure 36 | Développement de l'offre dans la gare de Lausanne-souterrain après 2050 | 102 |
| Figure 37 | Synthèse des propositions.                                              | 105 |

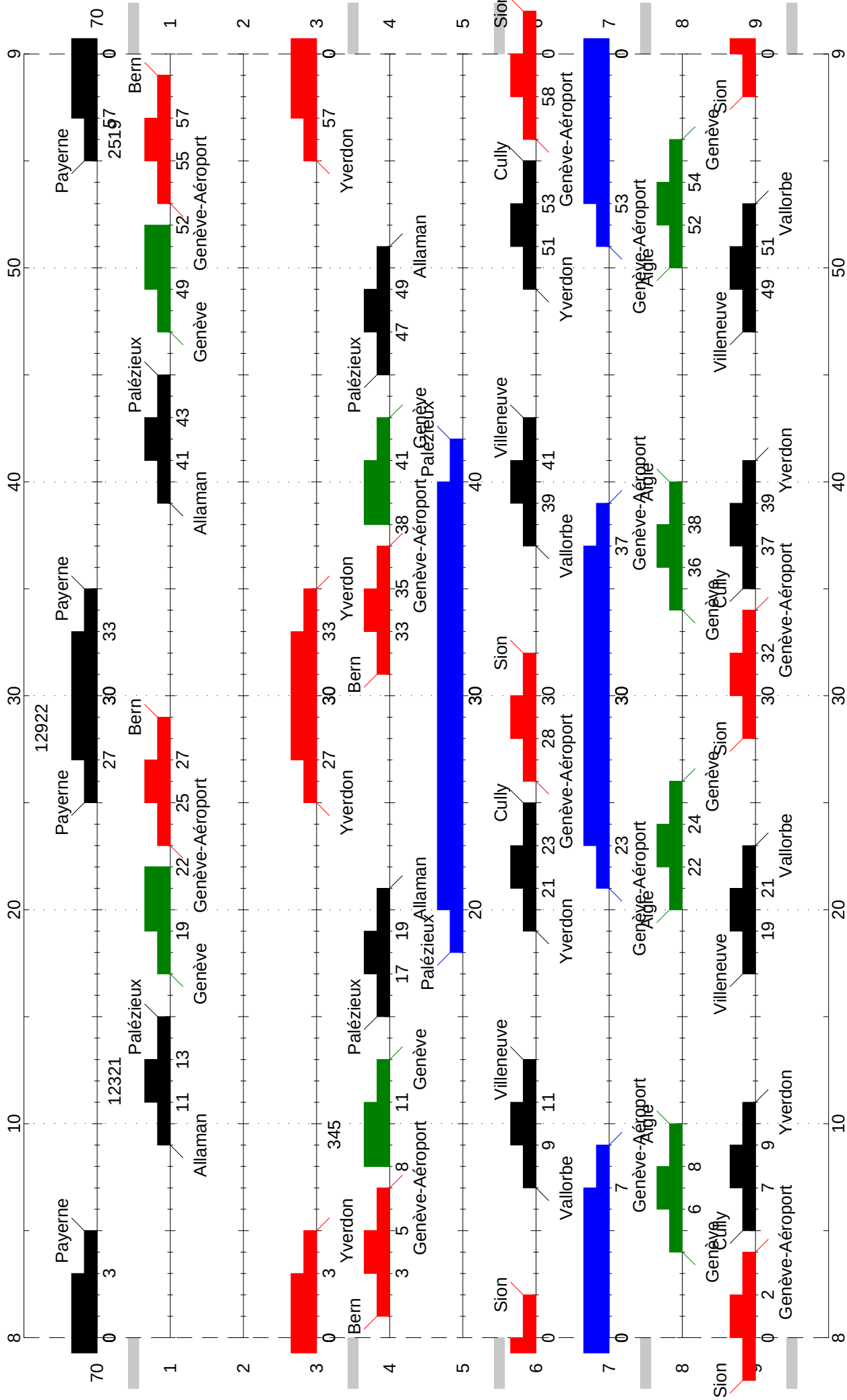
## ANNEXES

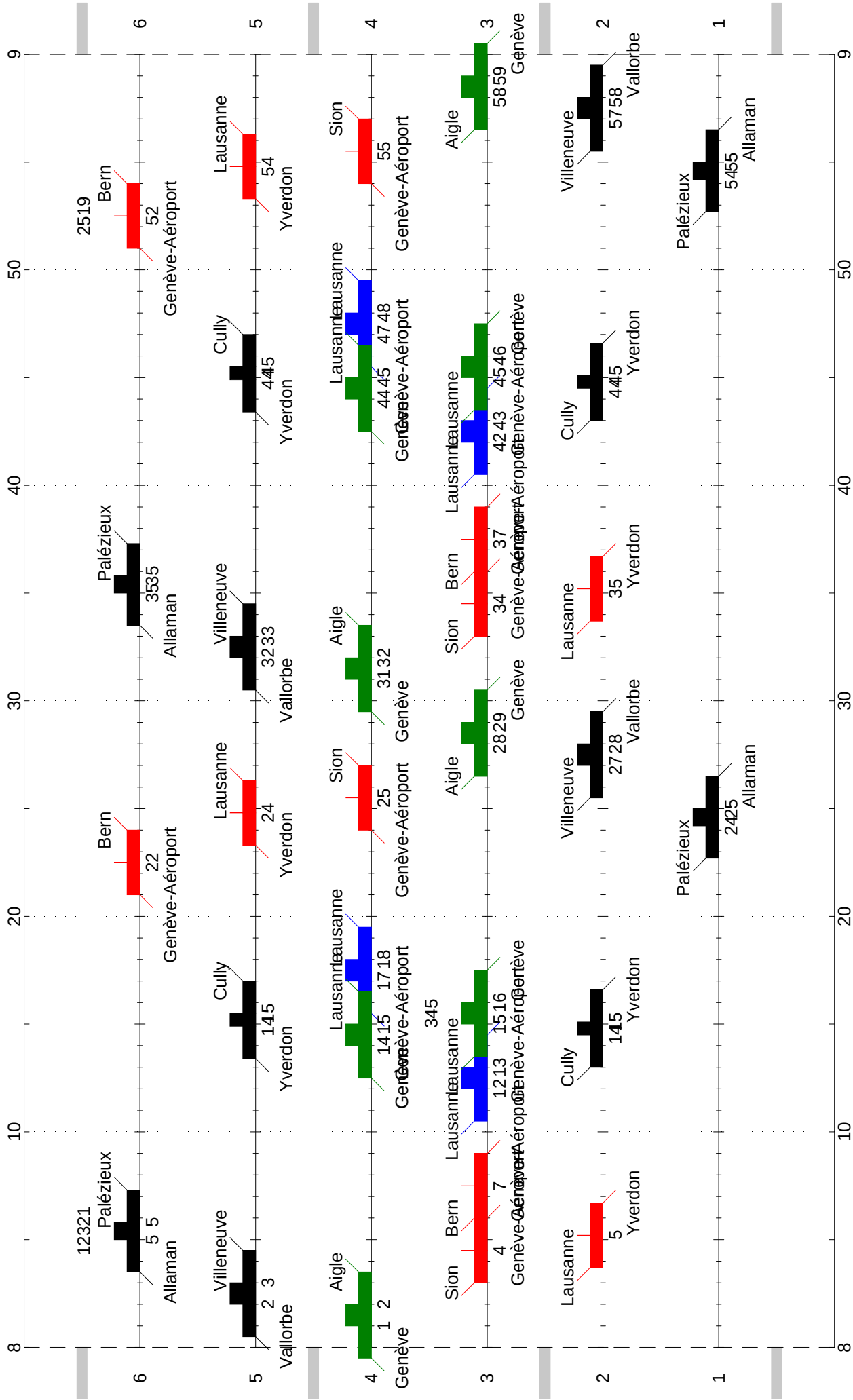
| No | Variante :                    | Feuille :                                     |
|----|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1  | Scénario H30 prévu            | Horaire graphique Genève-Palézieux            |
| 2  | Scénario H30 prévu            | Horaire graphique Yverdon-Aigle               |
| 3  | Scénario H30 prévu            | Graphique d'occupation des voies : Lausanne   |
| 4  | Scénario H30 prévu            | Graphique d'occupation des voies : Renens     |
| 5  | Scénario H30 prévu            | Horaire graphique : Nœud                      |
| 6  | Scénario H30 quart d'heure    | Horaire graphique Genève-Palézieux            |
| 7  | Scénario H30 quart d'heure    | Horaire graphique Yverdon-Aigle               |
| 8  | Scénario H30 quart d'heure    | Graphique d'occupation des voies : Lausanne   |
| 9  | Scénario H30 bouquet parfait  | Horaire graphique Genève-Palézieux            |
| 10 | Scénario H30 bouquet parfait  | Horaire graphique Yverdon-Aigle               |
| 11 | Scénario H30 bouquet parfait  | Graphique d'occupation des voies : Lausanne   |
| 12 | Lausanne-Genève (0-8-8)       | Horaire graphique Genève-Palézieux            |
| 13 | Horaire 2050 Variante 7.5     | Horaire graphique Genève-Palézieux            |
| 14 | Horaire 2050 Variante 7.5     | Horaire graphique Yverdon-Aigle               |
| 15 | Horaire 2050 Variante 7.5     | Horaire graphique : Nœud                      |
| 16 | Horaire 2050 Variante 7.5     | Graphique d'occupation des voies : Lausanne   |
| 17 | Horaire 2050 Variante 7.5     | Graphique d'occupation des voies : Renens     |
| 18 | Horaire 2050 Variante 7.5     | Graphique d'occupation des voies : Lsne-Sout. |
| 19 | Horaire 2050 Variante bouquet | Horaire graphique Genève-Palézieux            |
| 20 | Horaire 2050 Variante bouquet | Horaire graphique Yverdon-Aigle               |
| 21 | Horaire 2050 Variante bouquet | Horaire graphique : Nœud                      |
| 22 | Horaire 2050 Variante bouquet | Graphique d'occupation des voies : Lausanne   |
| 23 | Horaire 2050 Variante bouquet | Graphique d'occupation des voies : Renens     |
| 24 | Horaire 2050 Variante bouquet | Graphique d'occupation des voies : Lsne-Sout. |

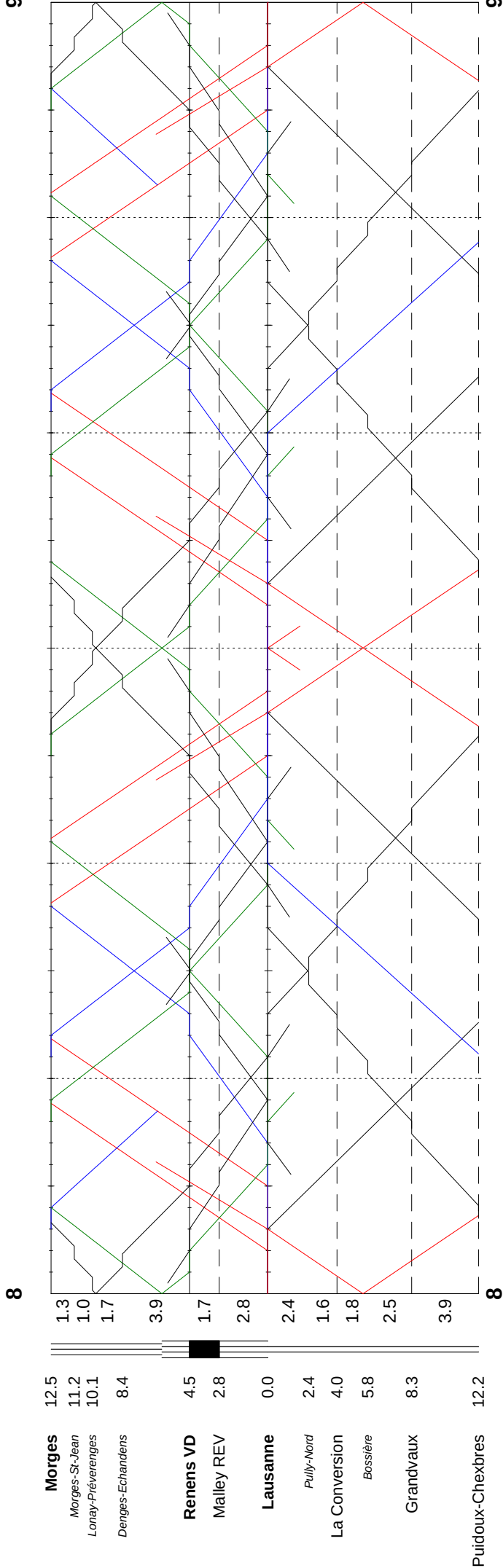
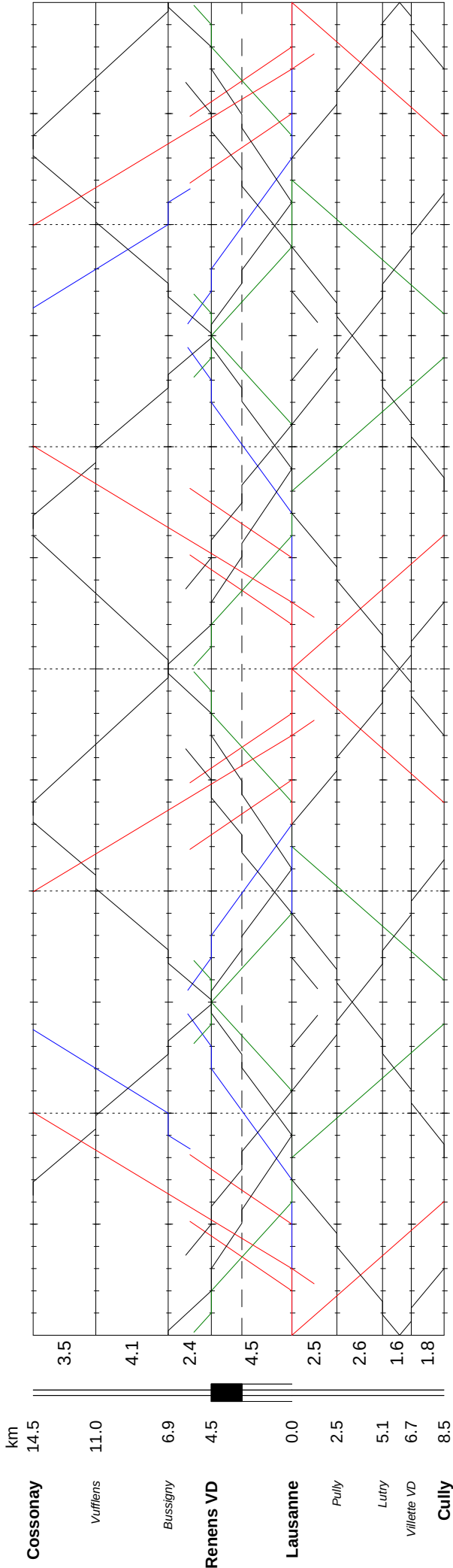


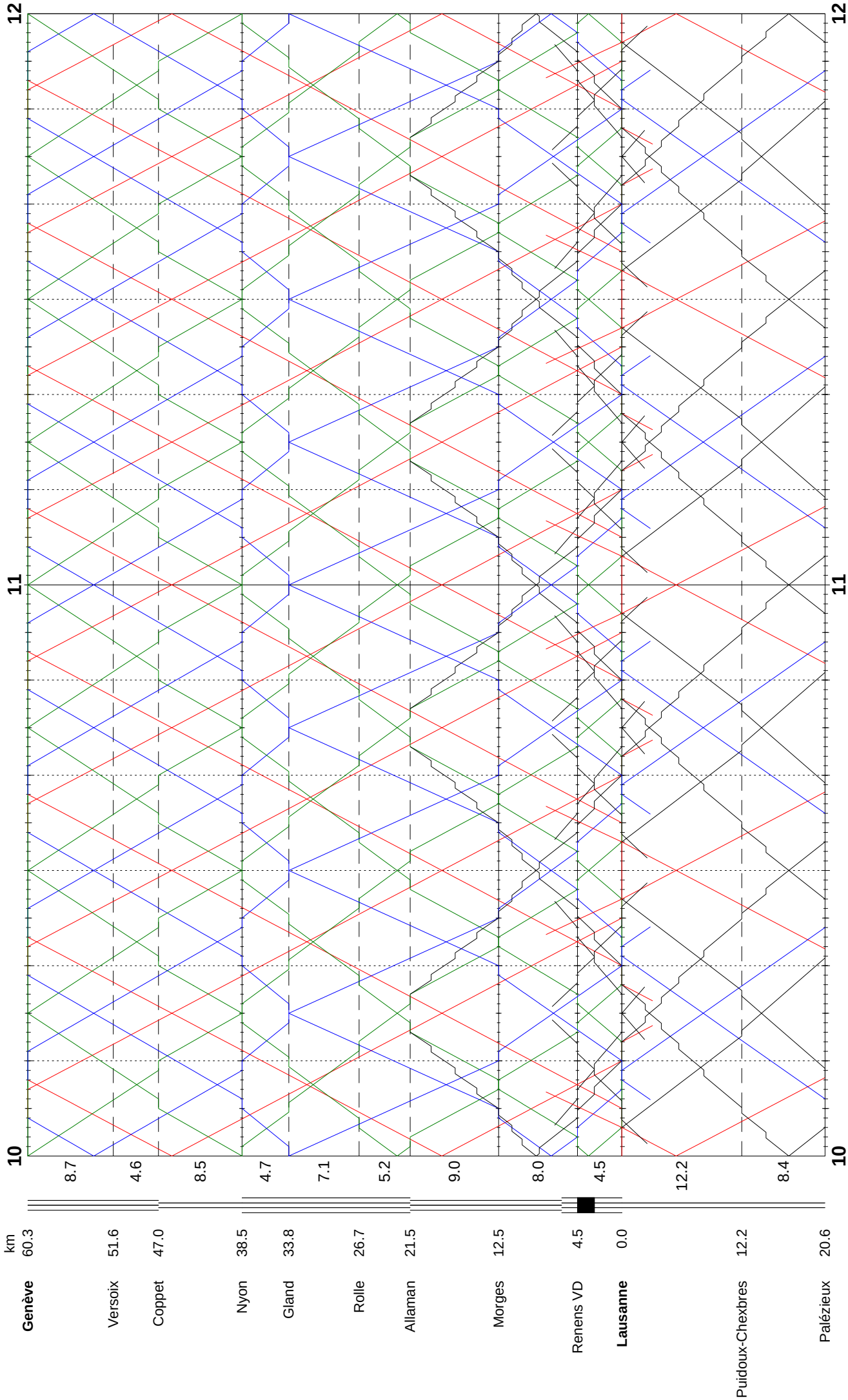




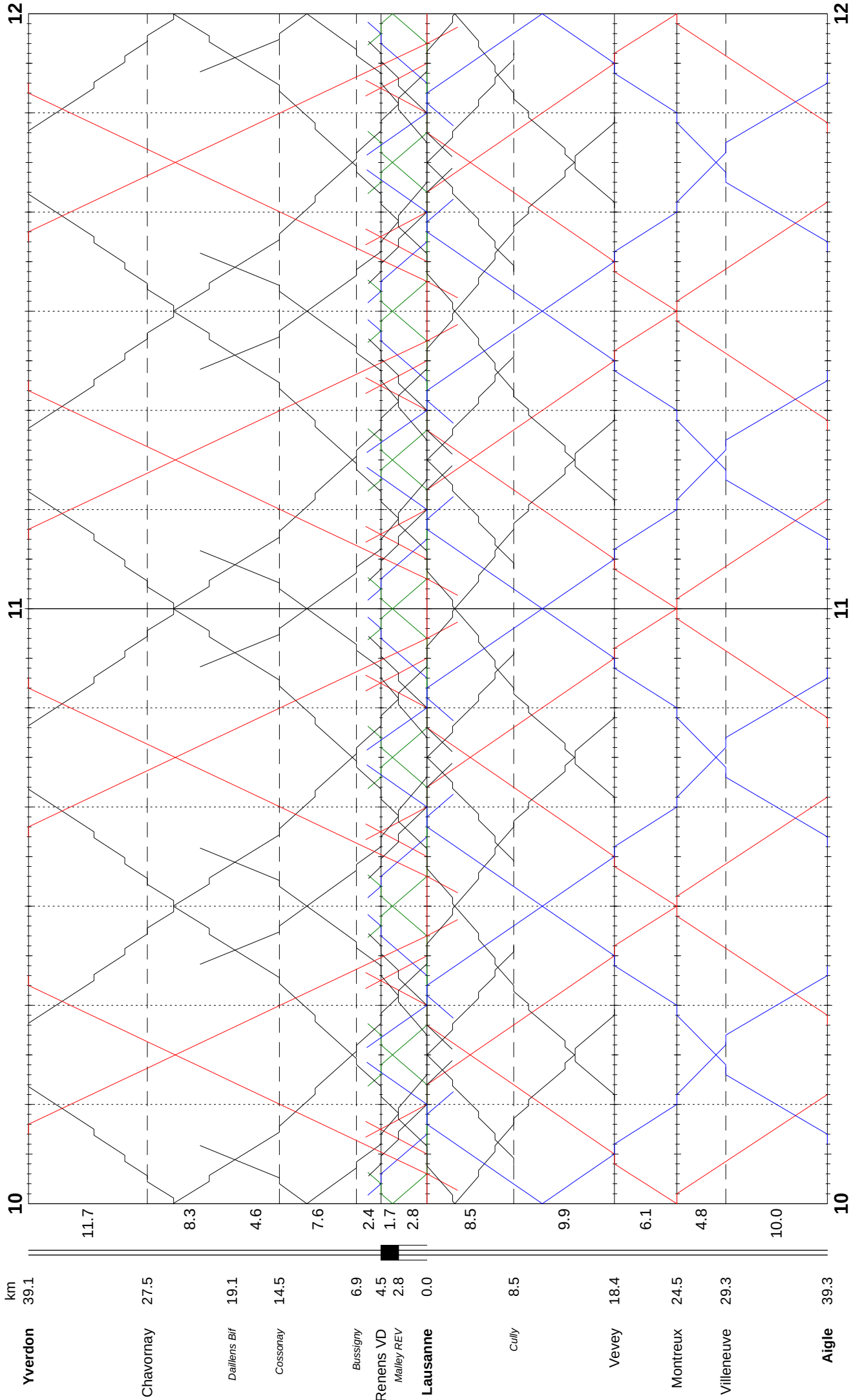


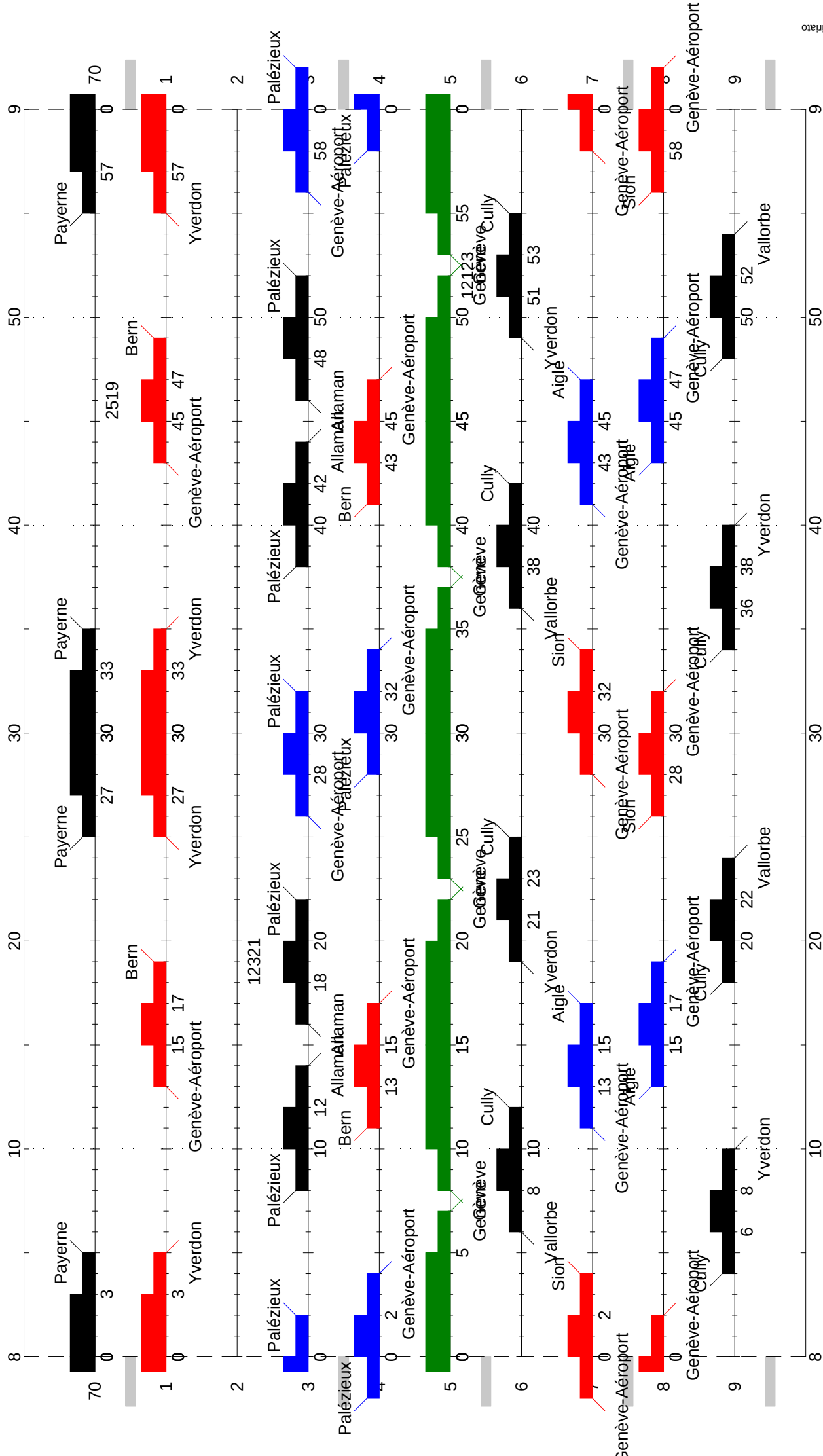




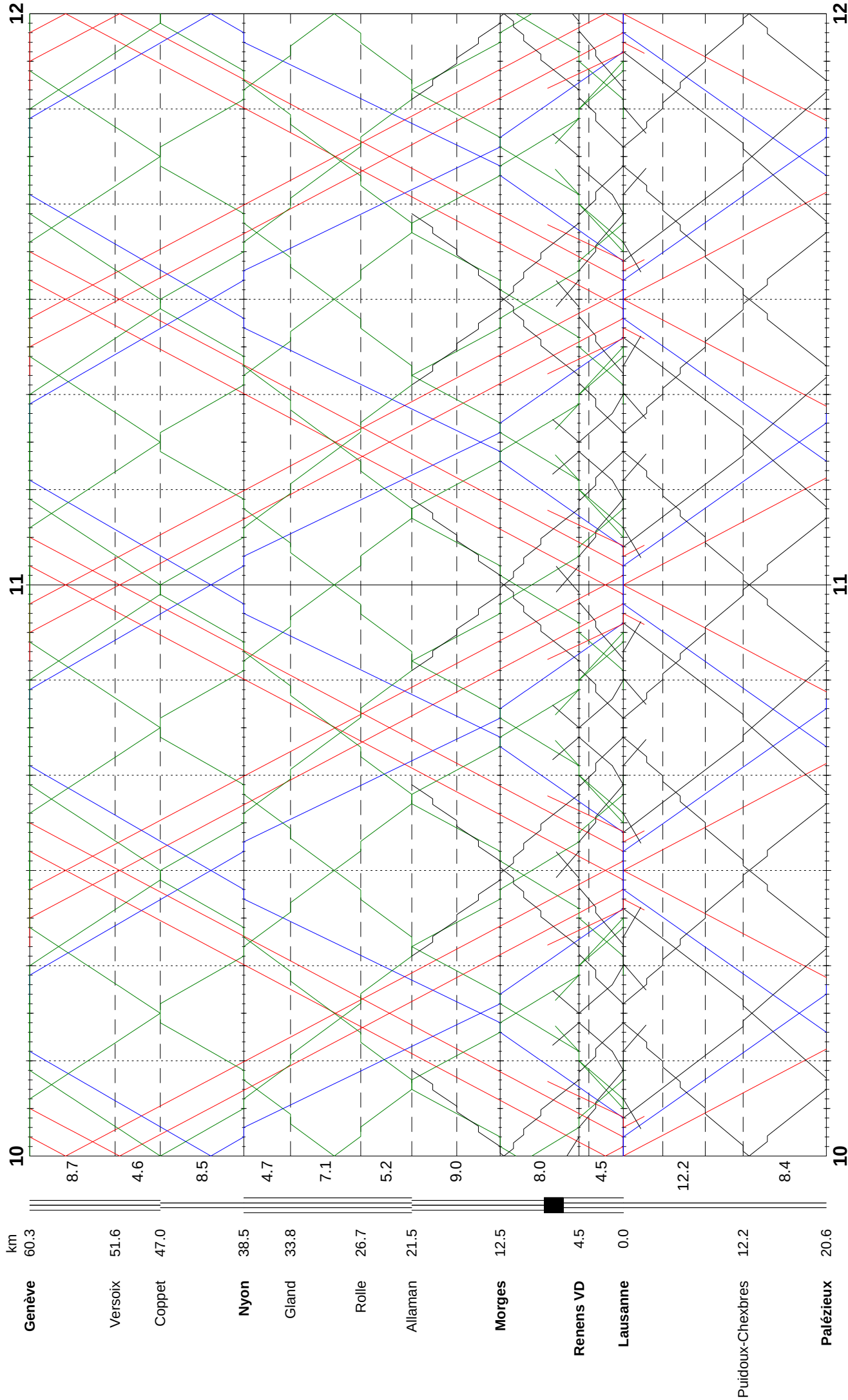


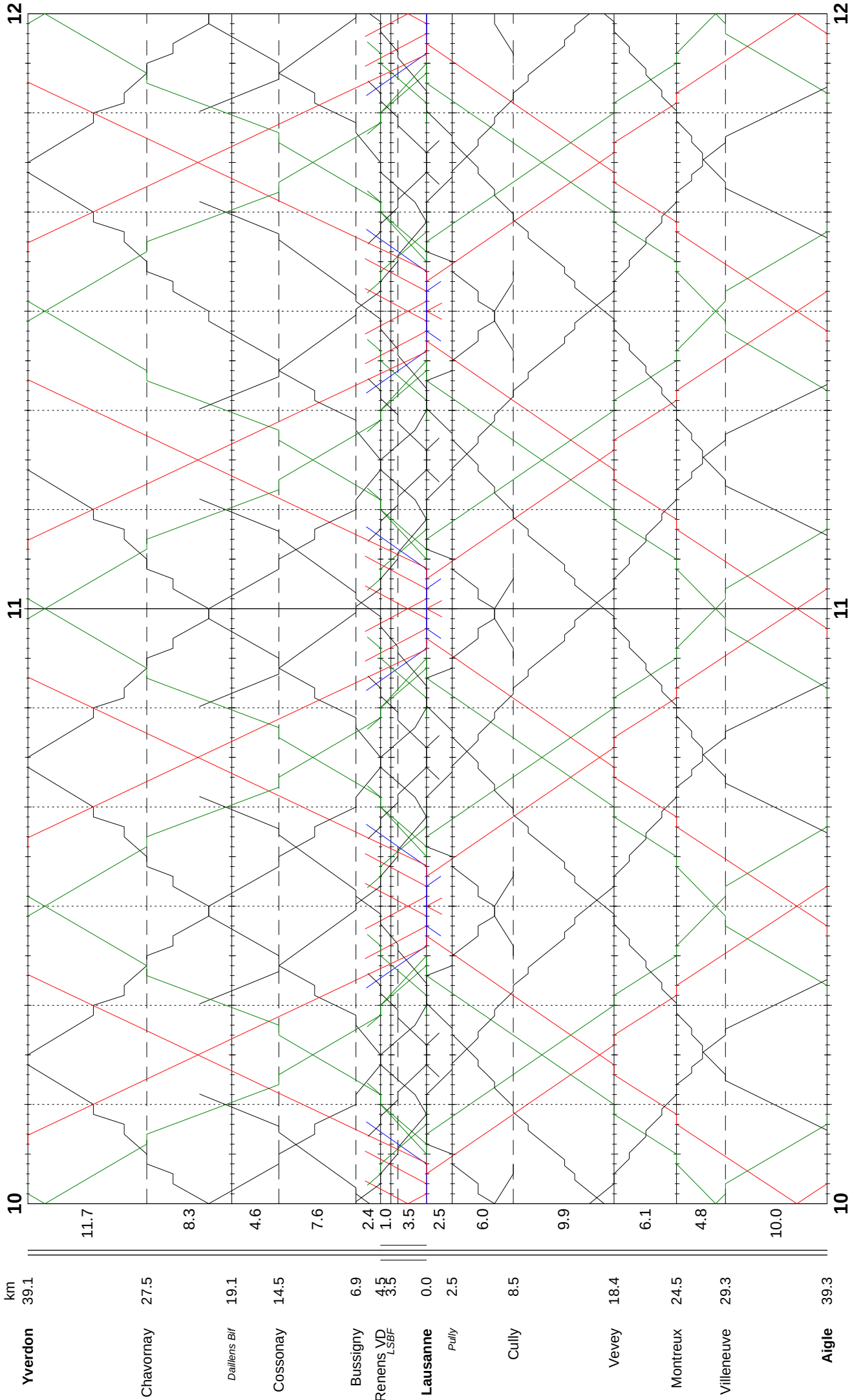


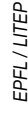


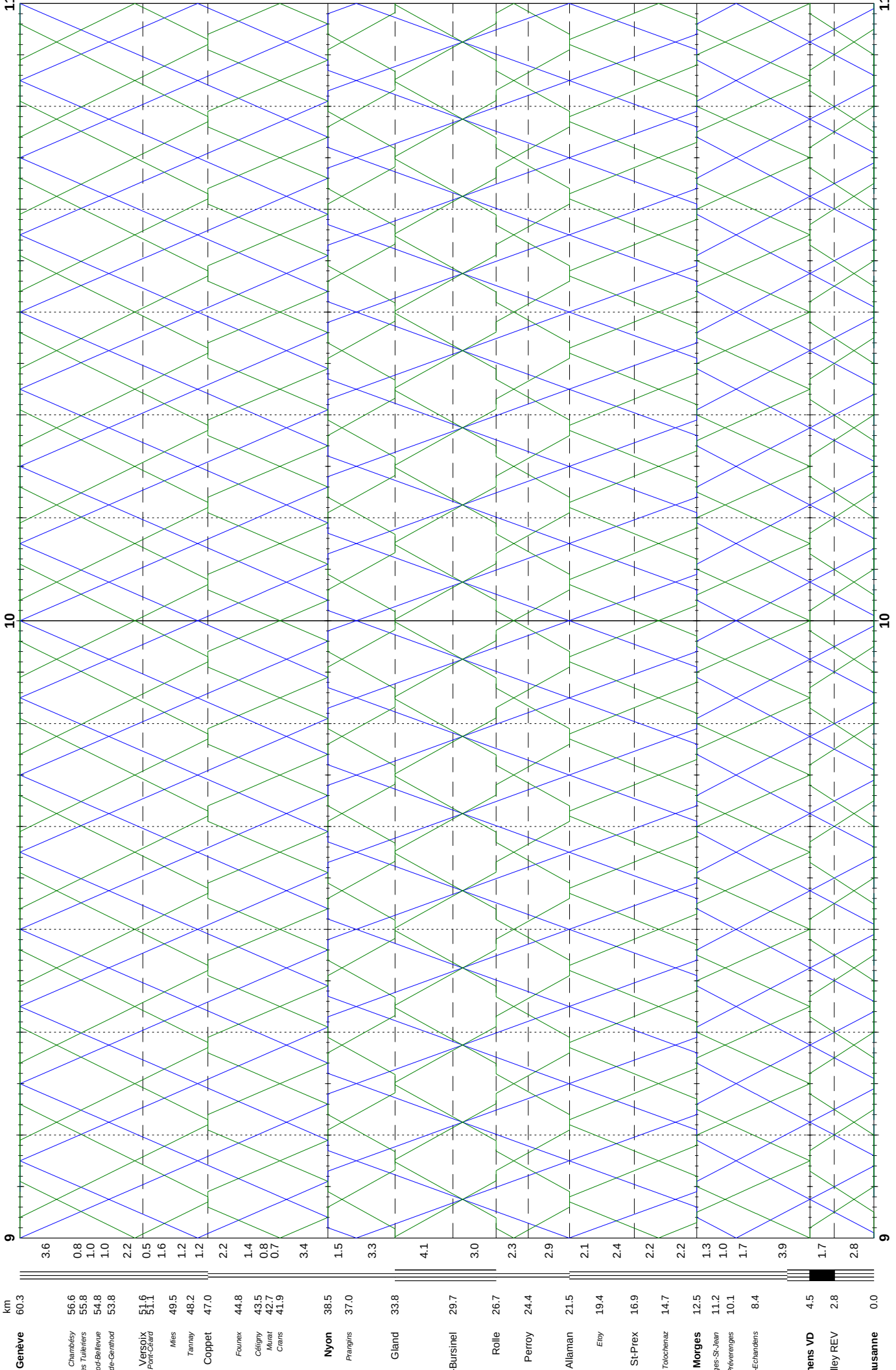


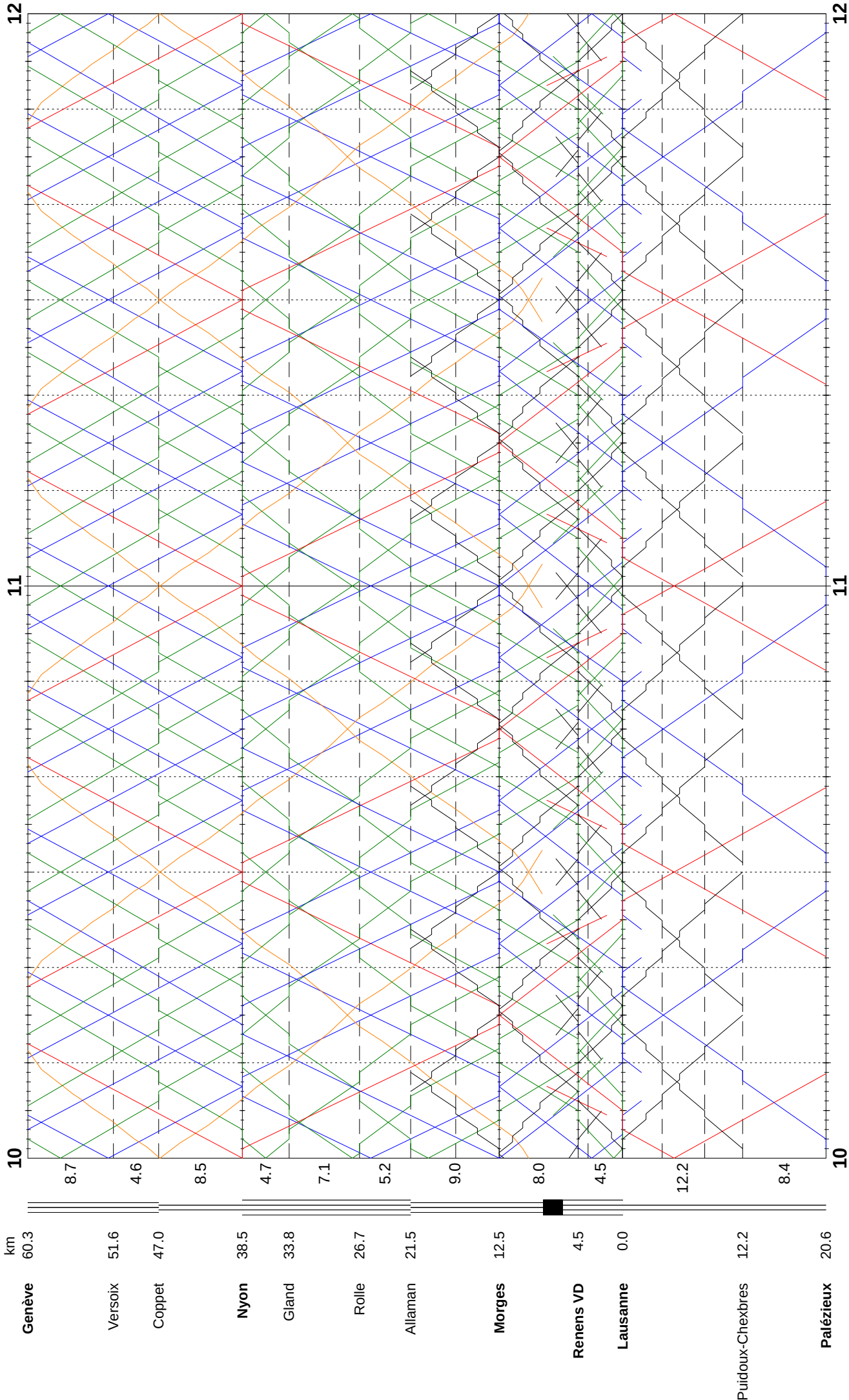




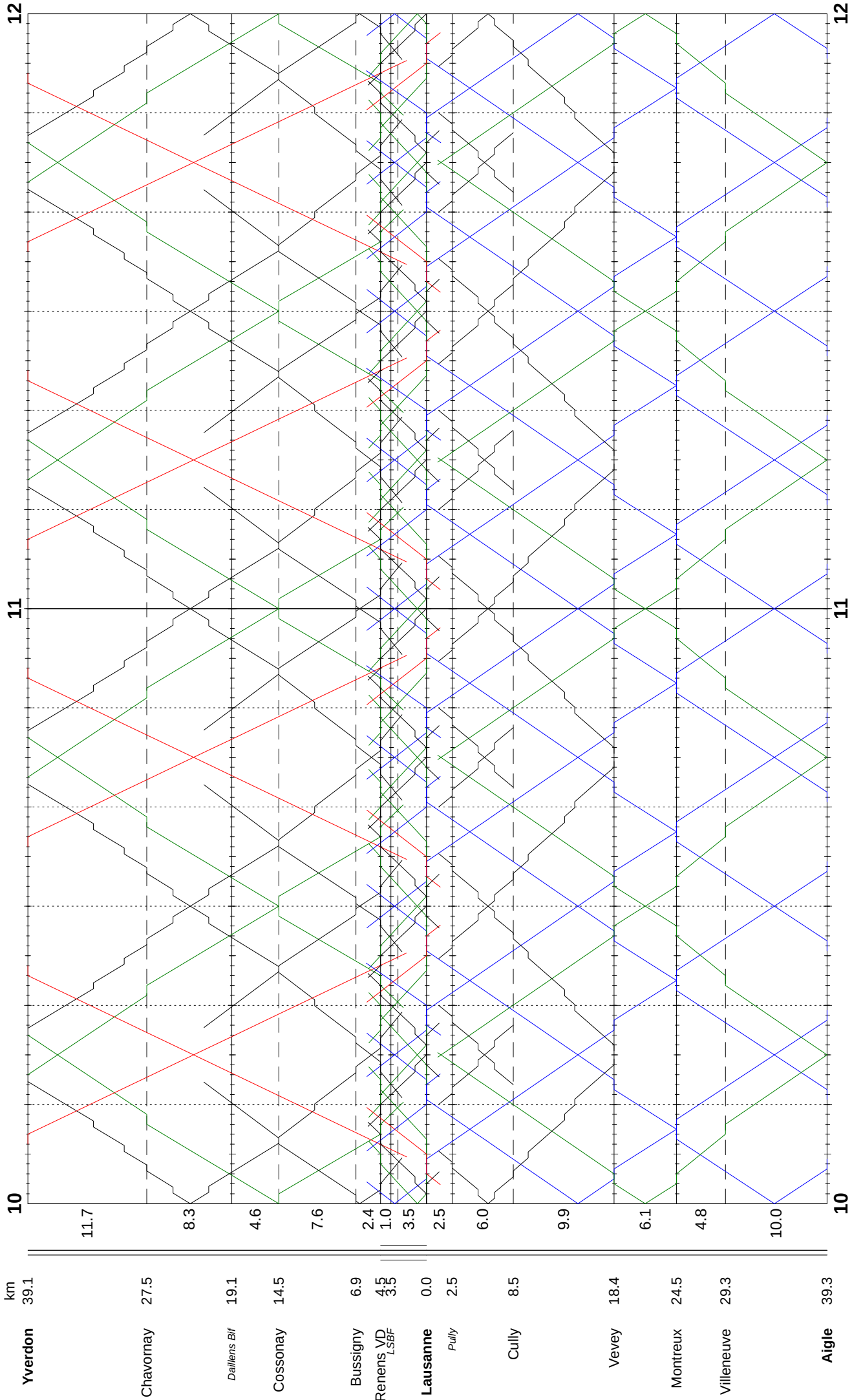


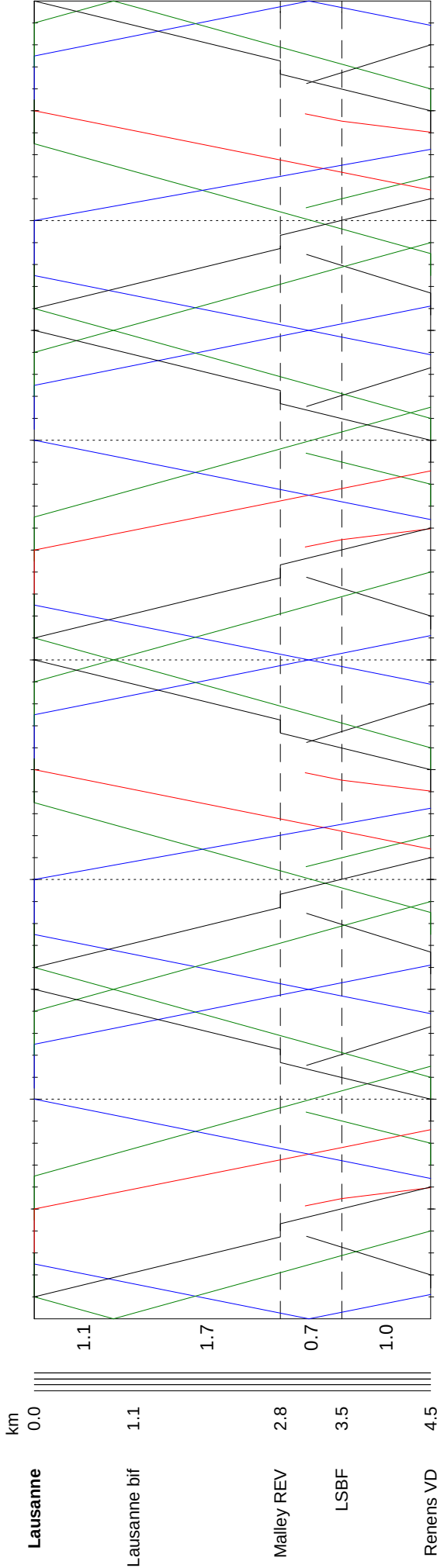






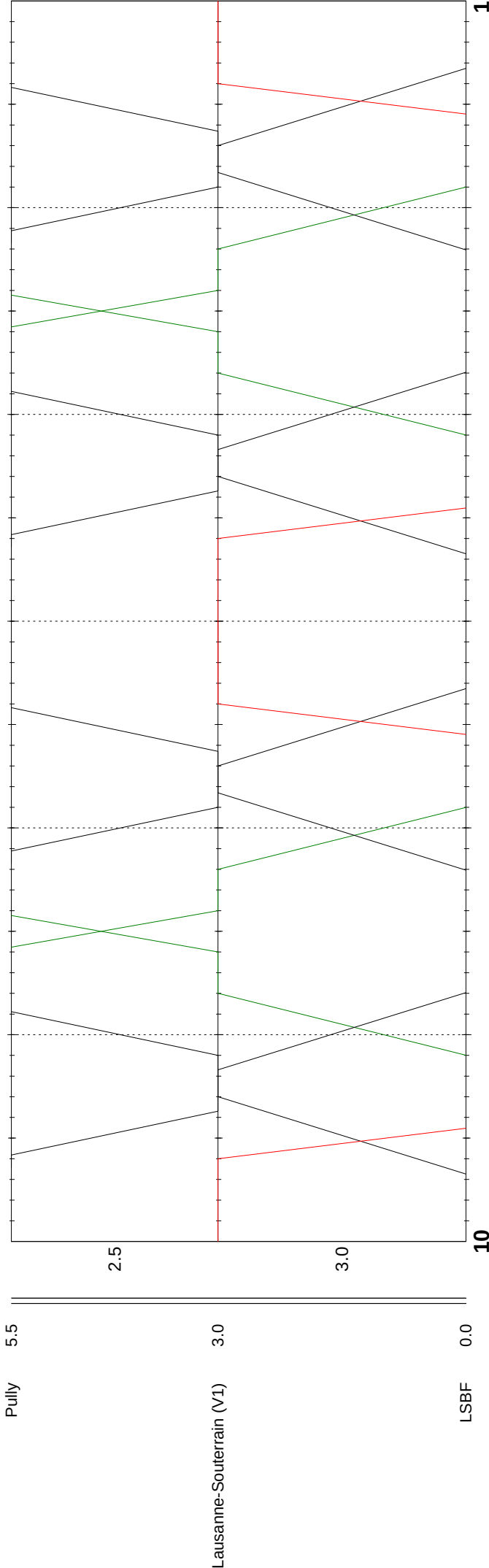


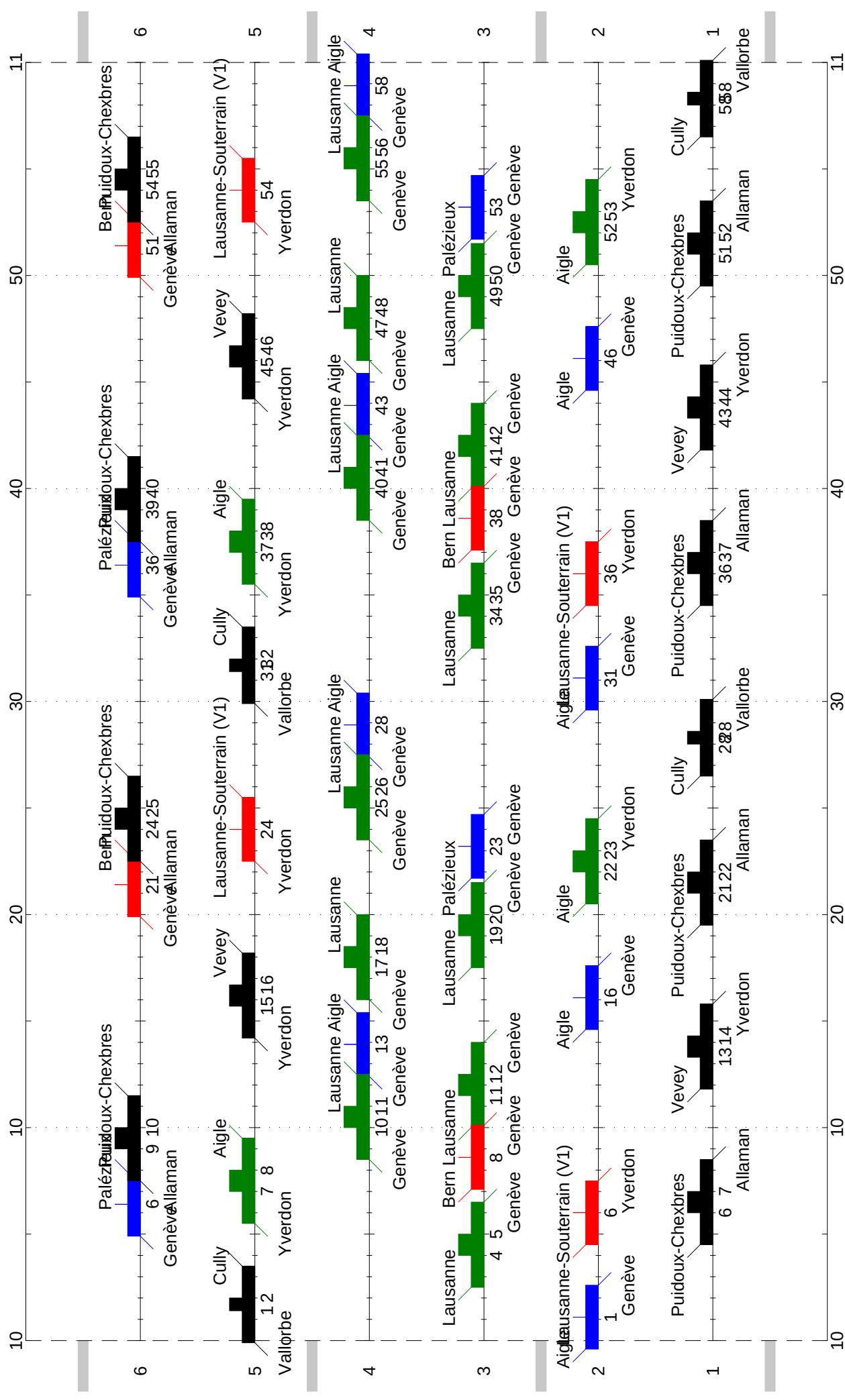




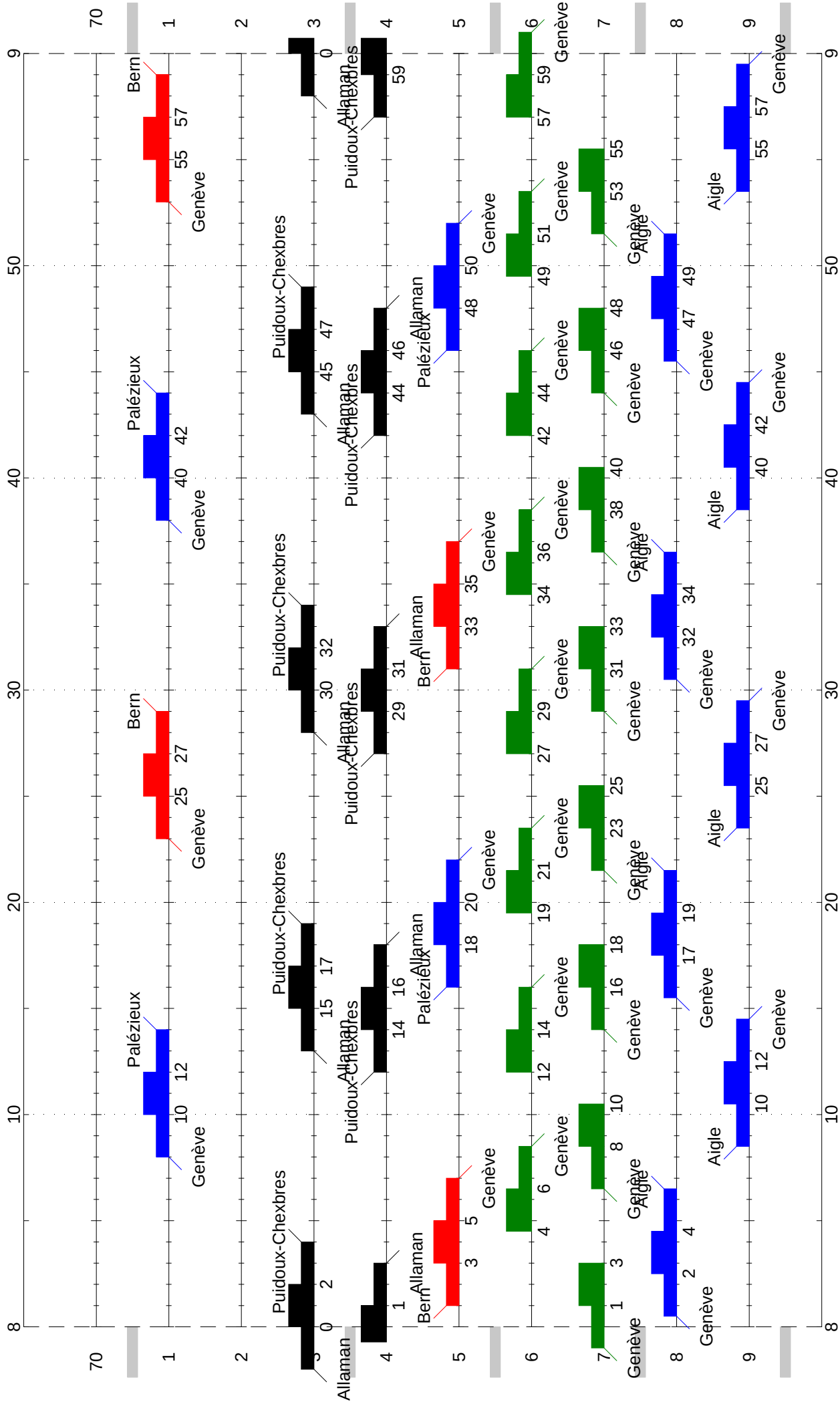
10

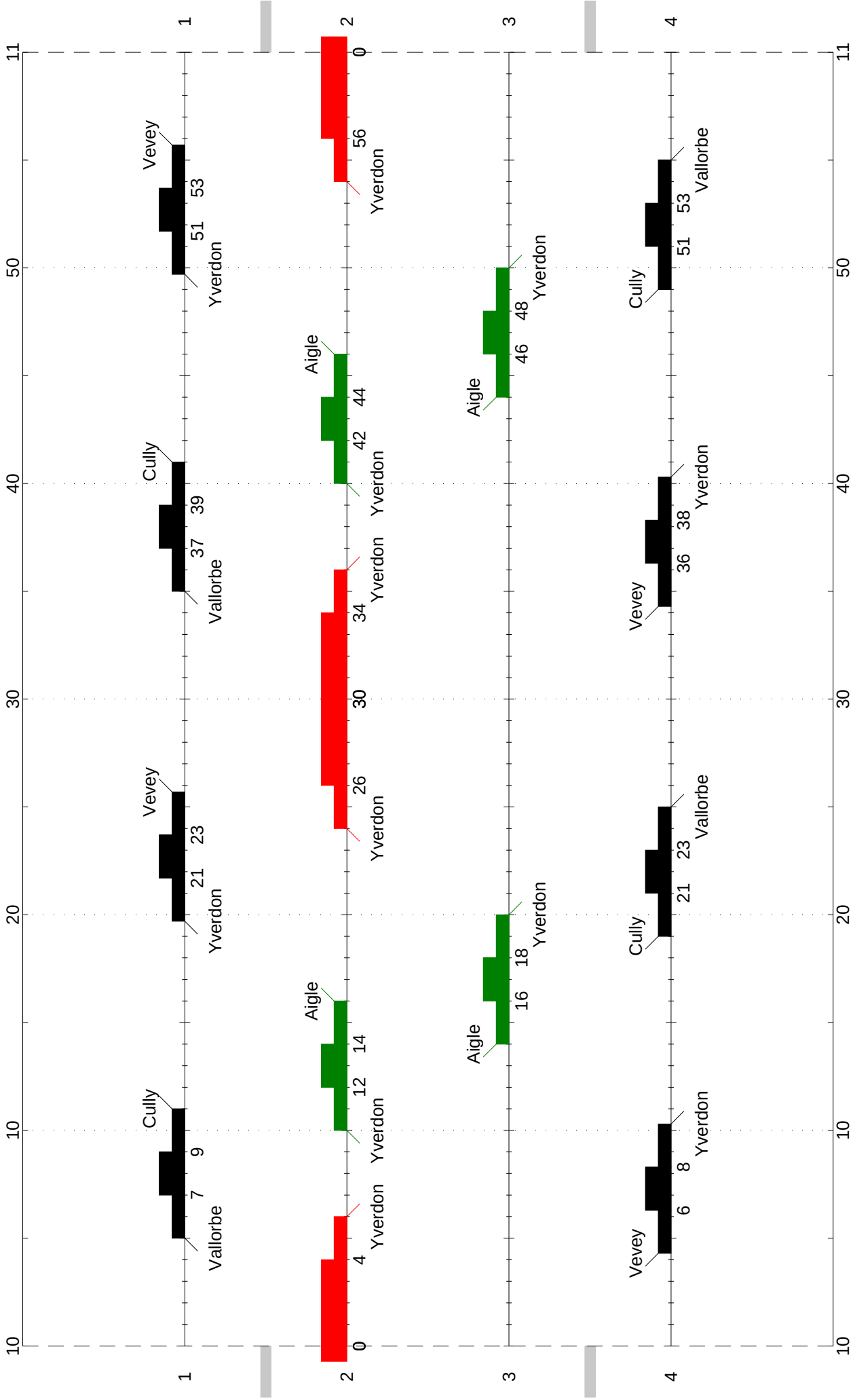
11

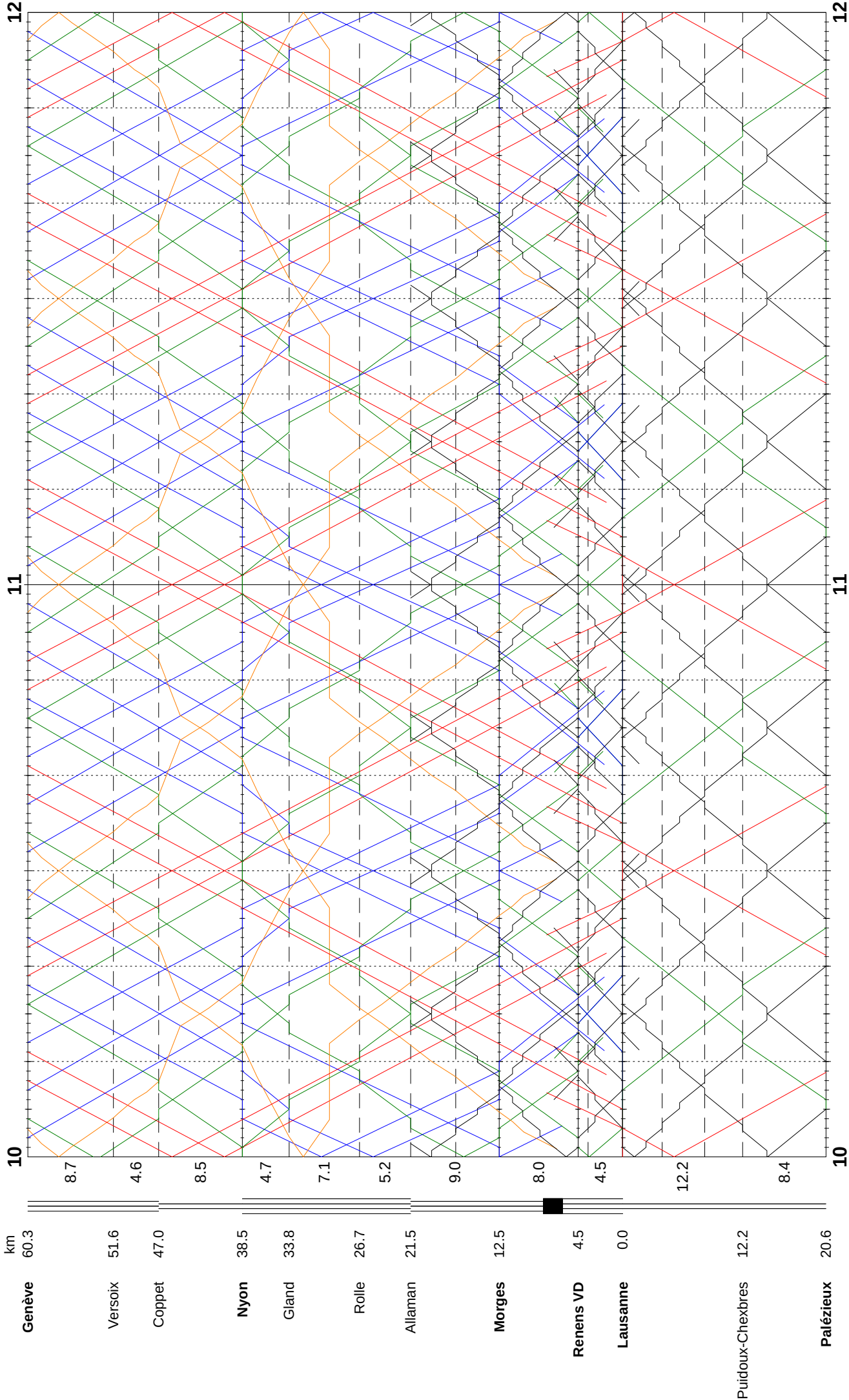


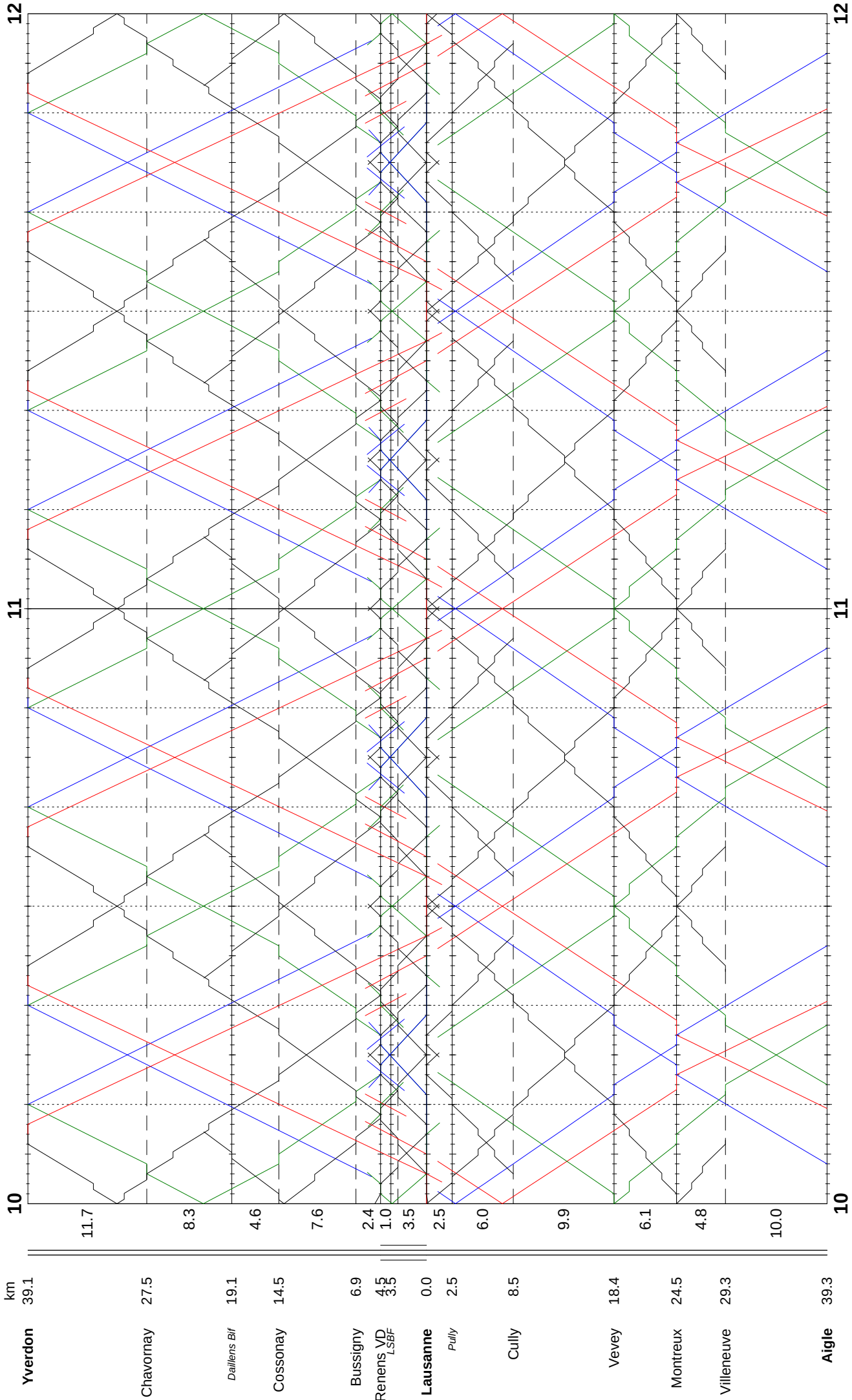


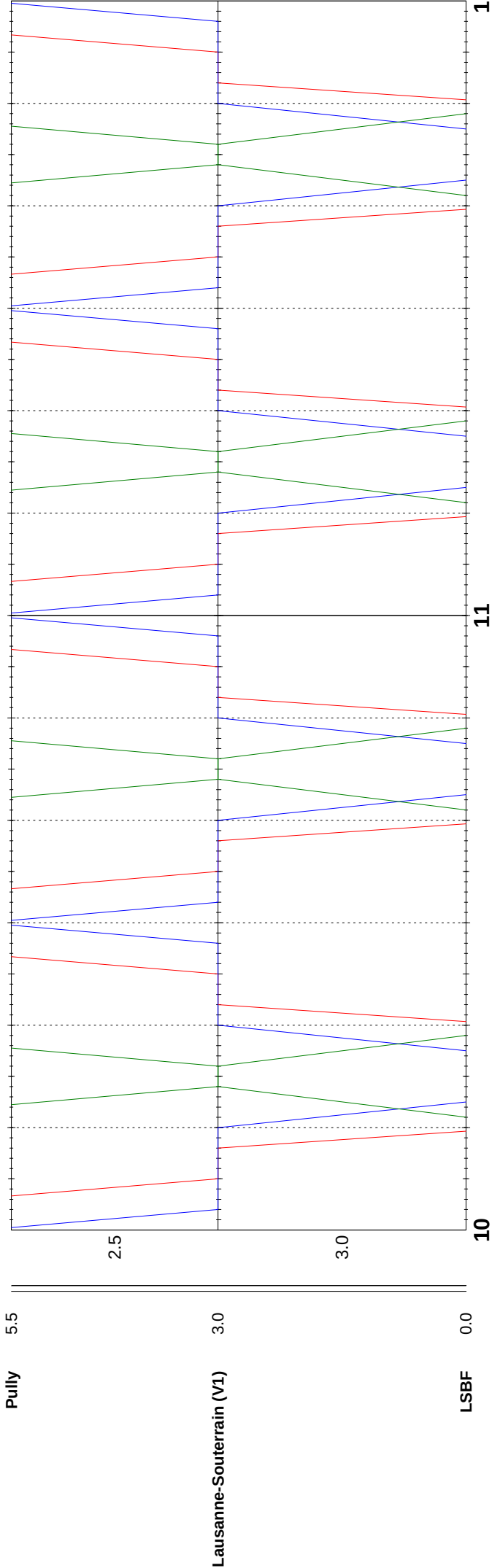
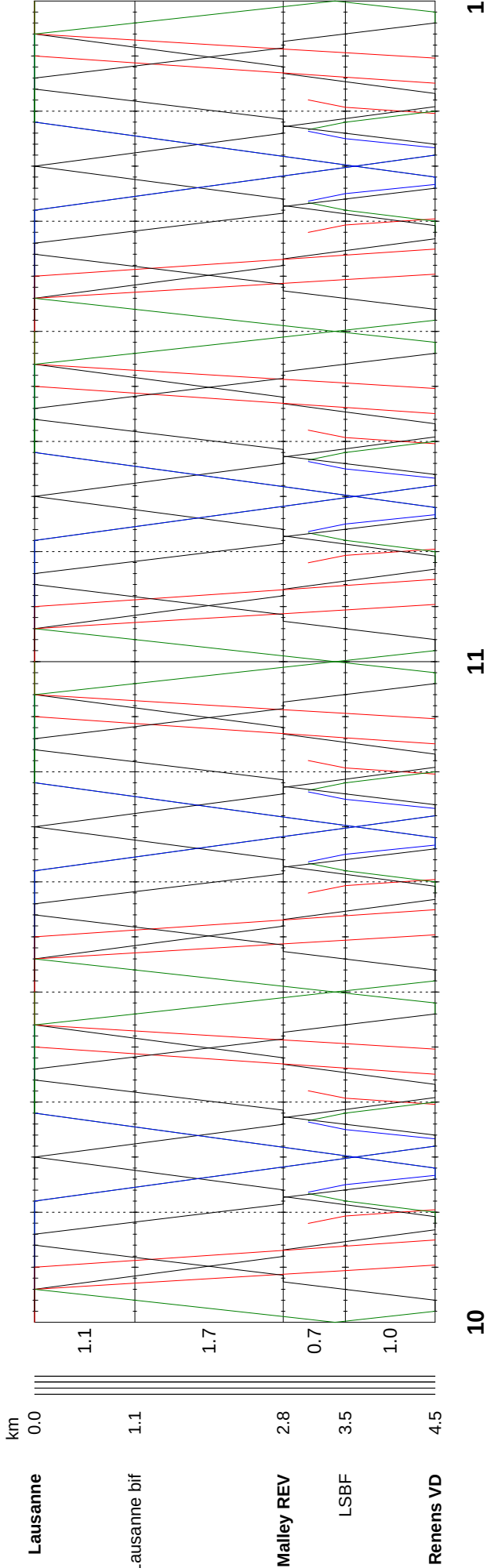


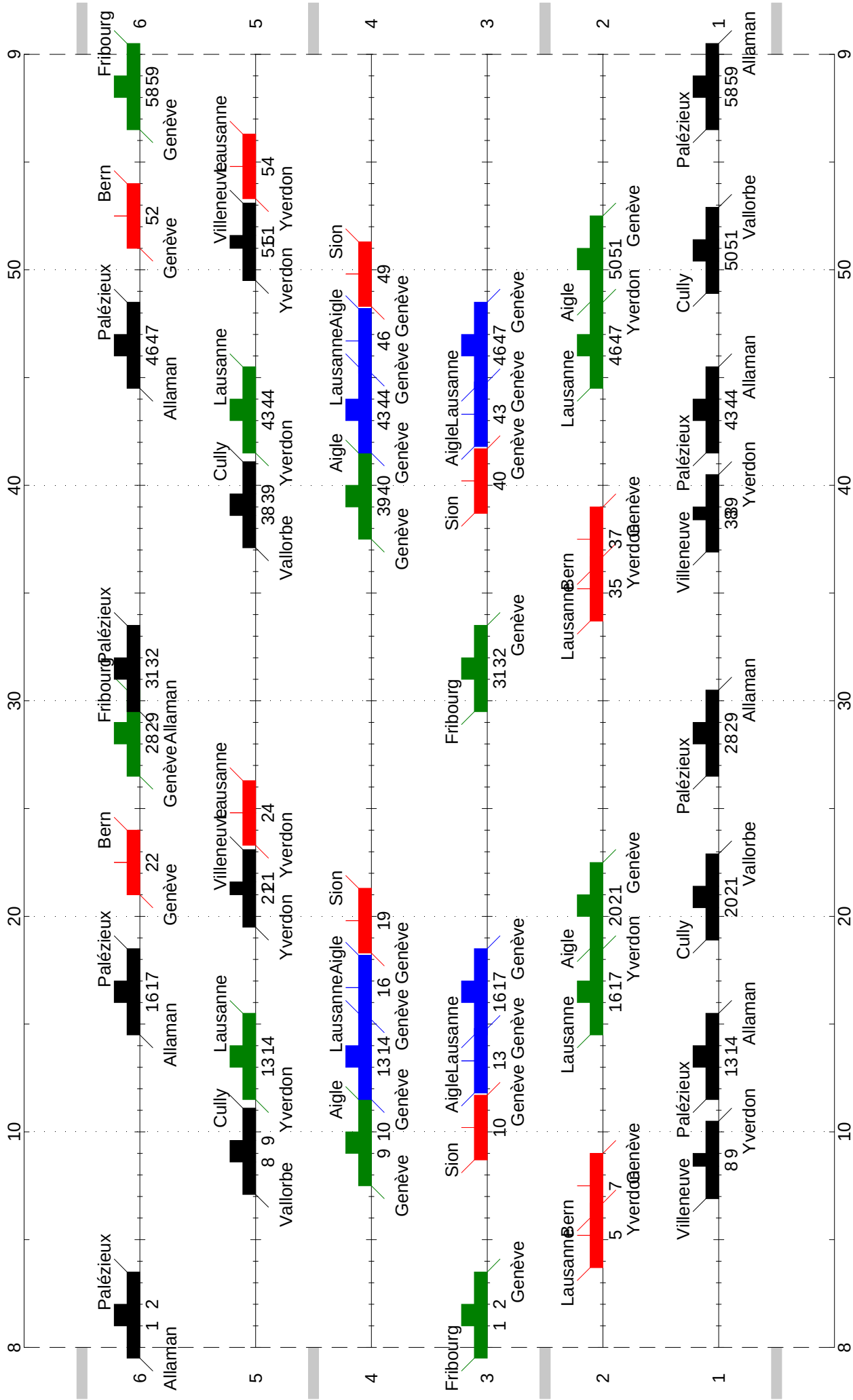


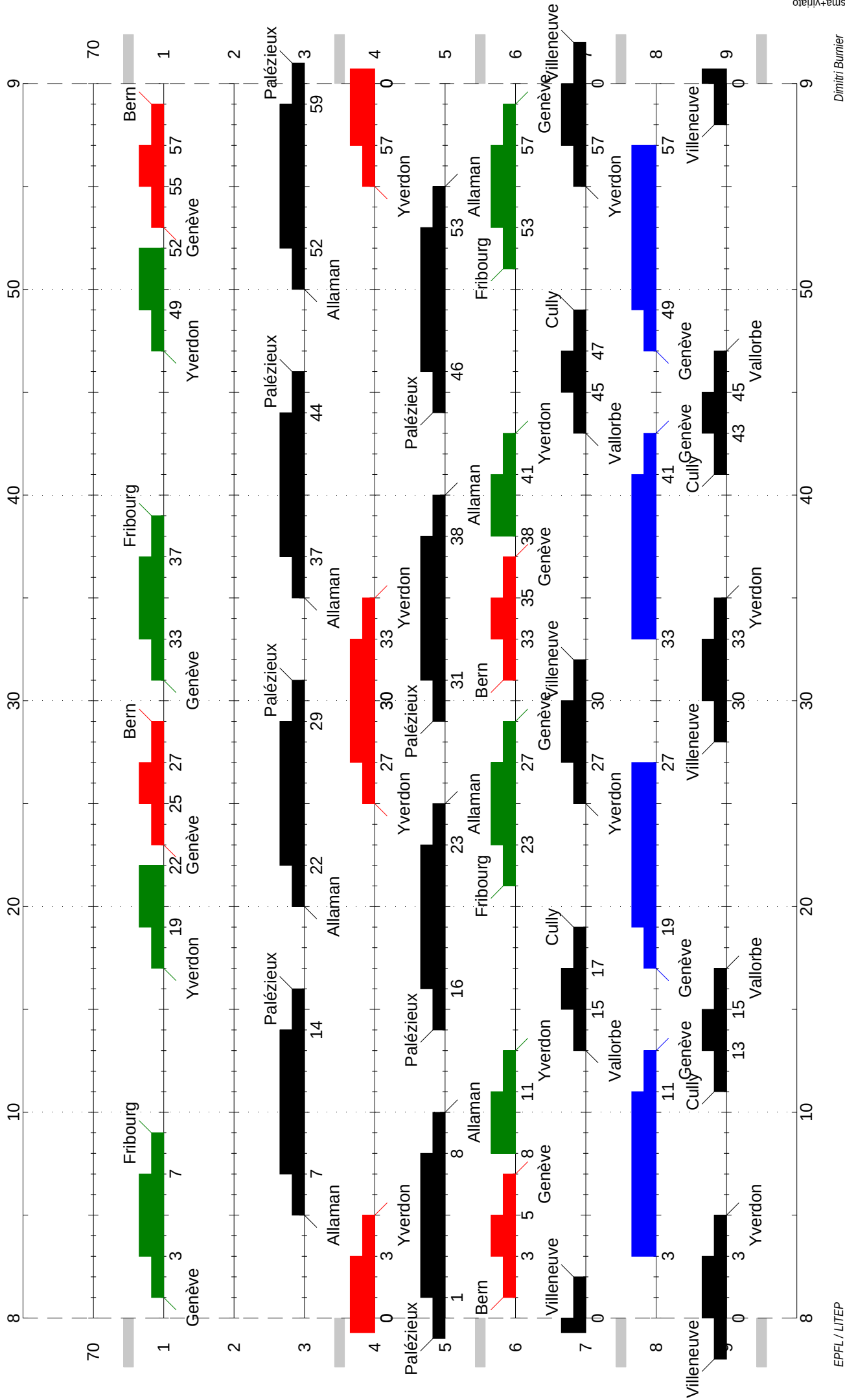












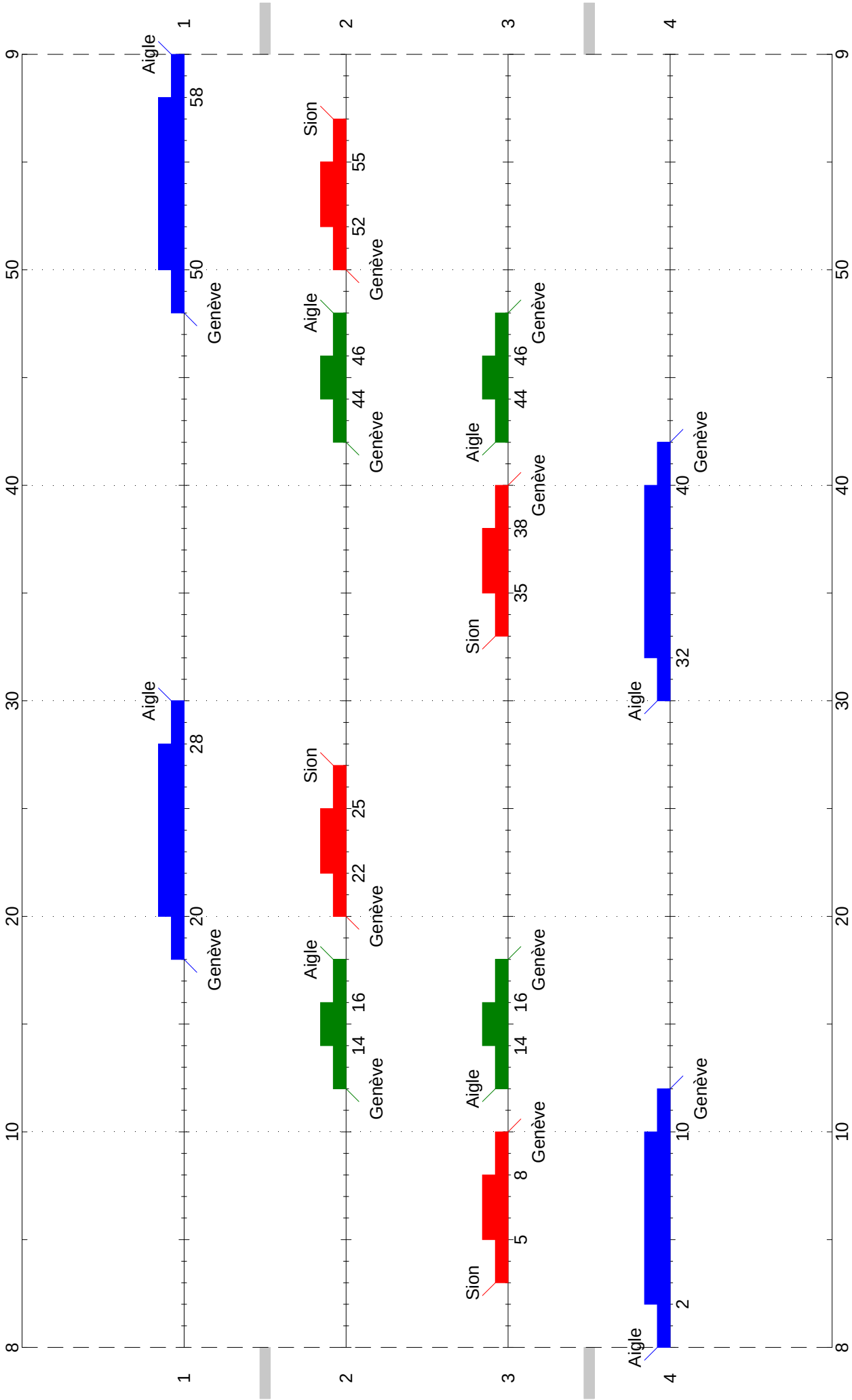
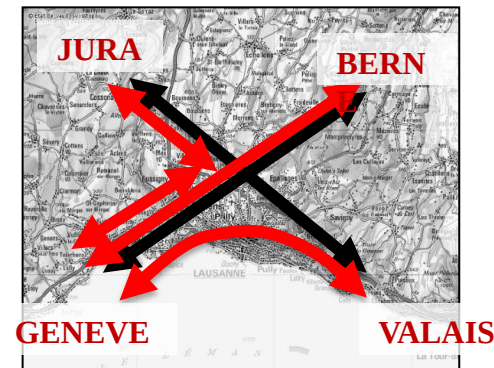


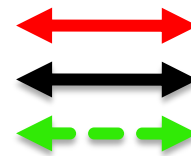


Figure 30: Génération de concepts:

Ensemble des flux présents à Lausanne



Légende:



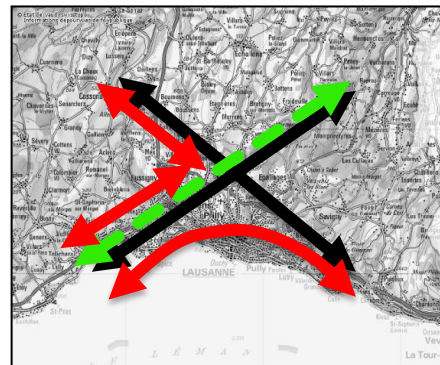
Trains grande/moyenne distance (IC/IR/RE)

Trafic régional

Trafic en souterrain

## 1<sup>ère</sup> GENERATION DE CONCEPTS

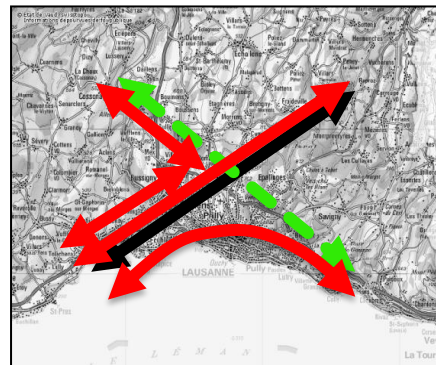
Direct Genève-Berne en souterrain (DGBs)



Genève-Valais en souterrain (GVs)



Jura-Valais en souterrain (JVS)



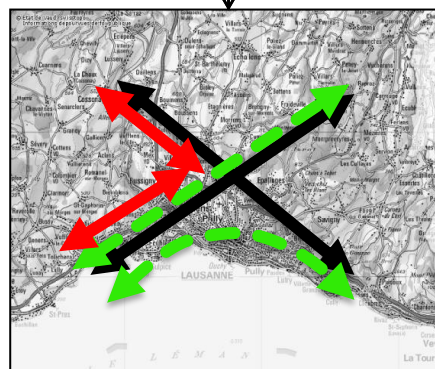
Régionaux Genève-Berne en souterrain (RGBs)



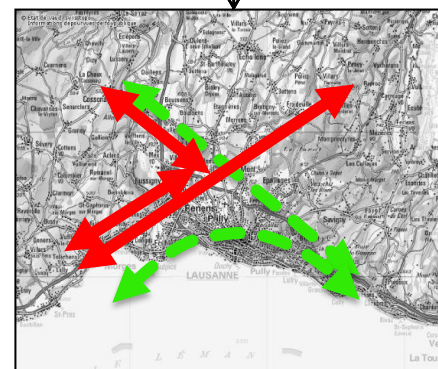
Trains rebrousant en souterrain (REBs)



## 2<sup>ème</sup> GENERATION DE CONCEPTS



Grande ligne en souterrain (GLs)



Trafic mixte en souterrain (MIs)



RER en souterrain (RERs)

Tableau 12: Evaluation des concepts:

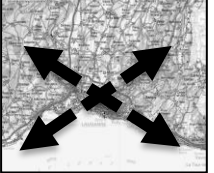
|                |                           |             | CONCEPTS DE PREMIERE GENERATION                                                   |    |                                                                                    |    |                                                                                     |     |                                                                                     |    |                                                                                     |      | CONCEPTS DE DEUXIEME GENERATION                                                     |    |                                                                                     |    |                                                                                     |     |
|----------------|---------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|                |                           |             |  |    |  |    |  |     |  |    |  |      |  |    |  |    |  |     |
|                | Concepts                  | Pondération | GVs                                                                               |    | JVs                                                                                |    | RGBs                                                                                |     | DGBs                                                                                |    | REBs                                                                                |      | GLs                                                                                 |    | MIs                                                                                 |    | RERs                                                                                |     |
|                | Critères                  |             |                                                                                   |    |                                                                                    |    |                                                                                     |     |                                                                                     |    |                                                                                     |      |                                                                                     |    |                                                                                     |    |                                                                                     |     |
| INFRASTRUCTURE | Dimension de la gare      | 1           | Normale                                                                           | 0  | Normale                                                                            | 0  | Normale                                                                             | 0   | Normale                                                                             | 0  | grande (trains rebroussant)                                                         | -1   | grande (même minutes)                                                               | -1 | normale                                                                             | 0  | normale                                                                             | 0   |
|                | Longueur des tunnels      | 2           | Moyen-Long                                                                        | -2 | Court                                                                              | -1 | Court                                                                               | -1  | Très long                                                                           | -3 | Très court                                                                          | -0.5 | Très long                                                                           | -4 | dépend du cas.                                                                      | -2 | court                                                                               | -1  |
|                | Abandon d'infrastructures | 0.5         | Non                                                                               | 0  | Non                                                                                | 0  | Non                                                                                 | 0   | Non                                                                                 | 0  | Voies des Paleyres                                                                  | -1   | Non                                                                                 | 0  | Non                                                                                 | 0  | Non                                                                                 | 0   |
|                |                           |             |                                                                                   |    |                                                                                    |    |                                                                                     |     |                                                                                     |    |                                                                                     |      |                                                                                     |    |                                                                                     |    |                                                                                     |     |
| OFFRE          | Capacité gare             | 2           | Directs en moins                                                                  | 1  | -                                                                                  | 0  | -                                                                                   | 0   | Directs en moins                                                                    | 1  | Directs en moins                                                                    | 1    | Directs en moins                                                                    | 1  | Trafic mélangé favorable                                                            | 2  | -                                                                                   | 0   |
|                | Offre en ligne            | 2           | Améliore bcp l'offre en direction du Valais                                       | 2  | Améliore l'offre en direction du Valais                                            | 1  | Améliore l'offre en direction du Valais                                             | 0.5 | Améliore bcp l'offre en direction de Berne                                          | 1  | -                                                                                   | 0    | Améliore bcp l'offre en direction de BE et VS                                       | 3  | Améliore l'offre en direction de BE et VS                                           | 2  | Améliore un peu l'offre en direction de BE et VS                                    | 1.5 |
| AUTRE CRITERES | Phasage                   | 2           | Ne permet pas le concept "RERs"                                                   | -1 | Permet tout                                                                        | 0  | Ne permet pas le concept "GLs"                                                      | -1  | Ne permet pas le concept "RERs"                                                     | -1 | Permet tout                                                                         | 0    |                                                                                     |    |                                                                                     |    |                                                                                     |     |
|                | Adpatation offre          | 2           | Peut permettre aussi JVS selon emplacement sortie                                 | 1  | Permet GVS                                                                         | 1  | Ne permet rien d'autre                                                              | 0   | Ne permet rien d'autre                                                              | 0  | Ne permet rien d'autre                                                              | 0    | Ne permet rien d'autre                                                              | 0  | Peut permettre plusieurs scénarios selon les sorties.                               | 2  | Peut év.pemettre d'autre scénarios VS                                               | 1   |
|                | Logique, Interface        | 1           | Bonne                                                                             | 0  | Bonne                                                                              | 0  | Bonne                                                                               | 0   | Bonne                                                                               | 0  | Absence de logique                                                                  | -1   | Bonne                                                                               | 0  | Moins de logique, plus de correspondances sur 2 niveaux                             | -1 | Bonne                                                                               | 0   |
|                |                           |             |                                                                                   |    |                                                                                    |    |                                                                                     |     |                                                                                     |    |                                                                                     |      |                                                                                     |    |                                                                                     |    |                                                                                     |     |
|                | NOTE FINALE               |             |                                                                                   | 2  |                                                                                    | 2  |                                                                                     | -3  |                                                                                     | -4 |                                                                                     | -1.5 |                                                                                     | -1 |                                                                                     | 7  |                                                                                     | 3   |

Figure 31: Horaire graphique réticulaire de la variante 7.5

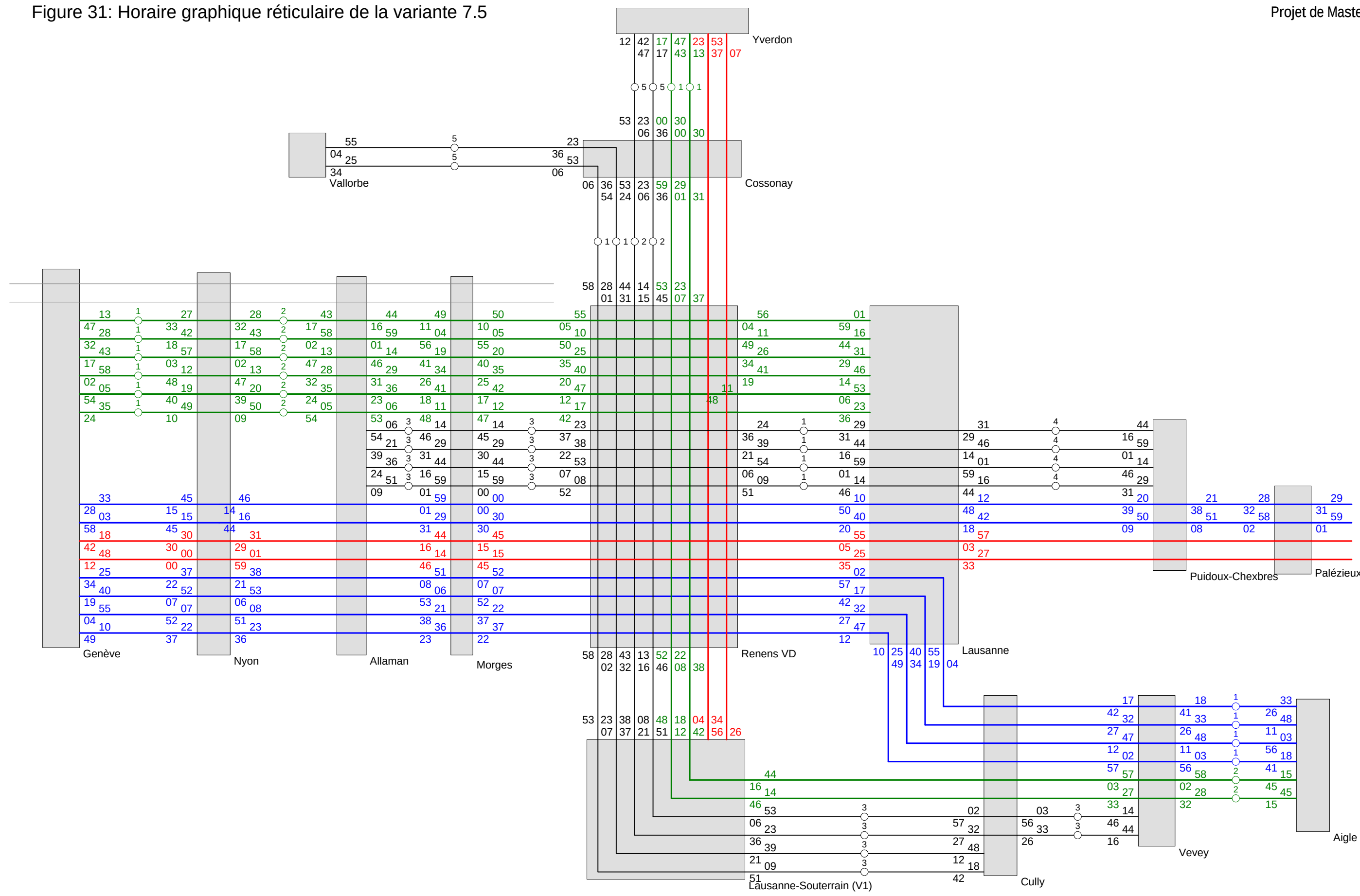


Figure 32: Horaire graphique réticulaire de la variante "Bouquet"

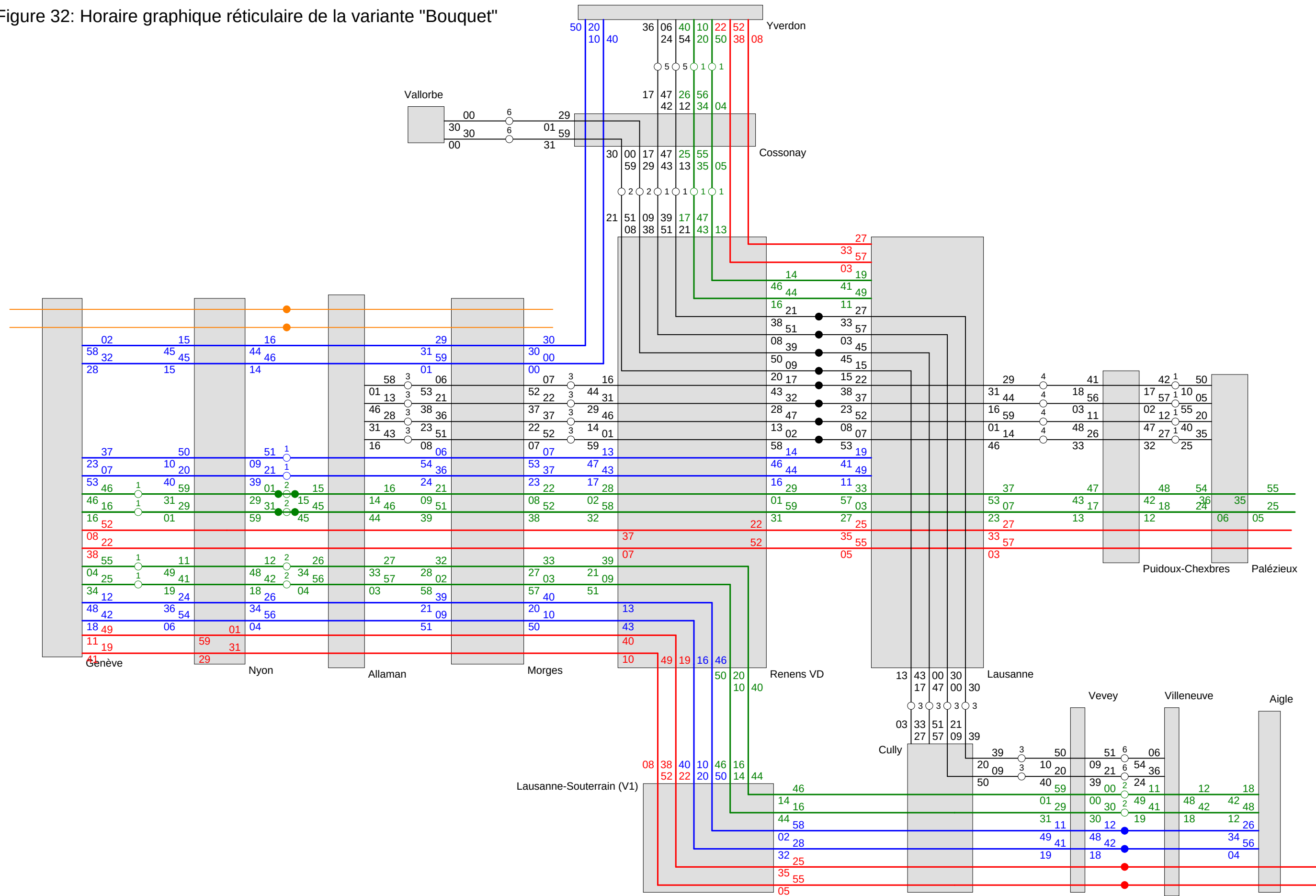




Figure 35 : Synthèse des infrastructures proposées.

