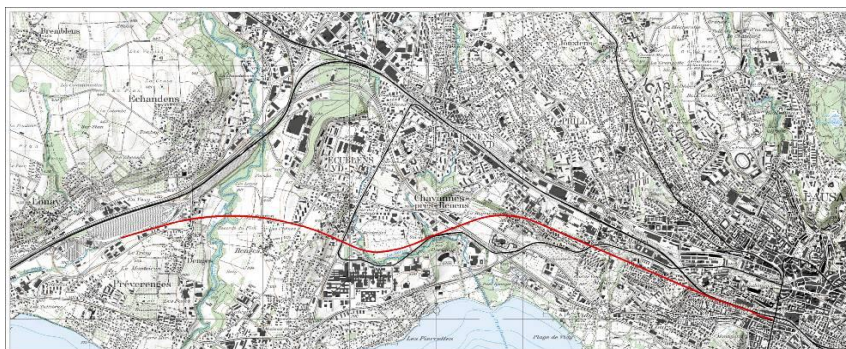


Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

Nouvelle liaison ferroviaire Lausanne-Morges
via les Hautes Ecoles



Rapport d'étude



Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

Nouvelle liaison ferroviaire Lausanne-Morges via les Hautes Ecoles

Rapport d'étude

Version	-	a	b
Document	7202.19-RN009		
Date	6 février 2014		
Elaboration	Olivier de Watteville (BG) Dimitri Simos (BG) Martin Schuler (EPFL- CEAT)		
Visa	Laurent Vulliet		
Collaboration			
Distribution	EPFL: 1 expl BG: 1 expl.		

© BG

Table des matières	Page
0. Executive Summary	1
1. Introduction	2
1.1 Contexte	2
1.2 Objectifs	2
1.3 Périmètre	3
1.4 Horizon de planification	3
1.5 Etapes de travail	3
1.6 Critères d'analyse	4
2. Analyse d'opportunité	5
2.1 Evolution de la demande	5
2.2 Développement du contexte urbain	8
2.3 Utilité d'une nouvelle ligne ferroviaire via les Hautes Ecoles	11
3. Concept d'offre de référence: Léman 2030	14
4. Principes d'offres proposés	15
4.1 Types de trafic admis	15
4.2 Offres proposées	15
4.3 Définition des infrastructures fonctionnelles	19
4.4 Synthèse du chapitre	21
5. Etude de variantes de tracé	22
5.1 Géotechnique	22
5.2 Variantes d'emplacement de la gare EPFL/UNIL	22
5.3 Insertion côté Lausanne	24
5.4 Insertion du côté de Morges	30
5.5 Tracés	33
5.6 Déclinaison de la variante nord (nord M1)	35
5.7 Proposition d'insertion environnementale	37
6. Estimation sommaire des coûts de réalisation	39
6.1 Hypothèses de travail	39
6.2 Estimations des coûts	39



EPFL - Nouvelle liaison ferroviaire Lausanne - Morges

7.	Autres opportunités liées au projet	41
7.1	Impacts sur les systèmes de transports	41
7.2	Urbanisation	41
8.	Conclusion et recommandation	43
Annexes 1		
	Annexe 1 – Nombre et répartition des habitants et des emplois	1
	Annexe 2 - Evolution de la demande	3
	Annexe 3 – Chiffrage de la variante nord	1
	Annexe 3 – Chiffrage de la variante nord-M1	2

0. Executive Summary

La croissance de l'EPFL et de l'UNIL va induire des effets de surcharge sur les systèmes de transports et pourrait avoir un effet pénalisant sur leur développement. L'accessibilité rapide depuis des origines internationales devient un facteur de succès de telles institutions à vocation mondiale. Parallèlement, le développement régional va contribuer à augmenter la demande en transport dans la région des Hautes Ecoles.

Dans ce contexte, le Professeur Martin Schuler de l'EPFL-CEAT a émis l'idée d'une ligne ferroviaire reliant directement Lausanne à Morges via l'EPFL avec création d'une gare dédiée à la desserte du site des Hautes Ecoles. Pour réaliser cette étude exploratoire, l'EPFL a sollicité le bureau BG Ingénieurs Conseil.

L'analyse de la demande a été conduite pour l'horizon 2030. Il est montré qu'entre 2011 et 2030, la population des Hautes Ecoles subira une forte augmentation de 42% de ses effectifs, correspondant à une augmentation de 26'000 à 37'000 personnes. En ce qui concerne les utilisateurs des transports publics, leur part, qui a augmenté de 58% à 61% entre 2001 et 2011, passerait à 61 % en 2020 et 64% en 2030 ; en cas de réalisation du projet, cette proportion pourrait atteindre 69%, ce qui correspondrait à un total de 20'700 voyageurs par jour.

Trois variantes de tracés ont été étudiées, pour différents types de trafic, passant à l'ouest, au sud ou au nord du campus. Des variantes d'insertions au réseau existant ont été analysées en détail côté Lausanne et côté Morges. La solution préférée envisage une insertion depuis la gare de Lonay, un tracé essentiellement souterrain de 8.4 km de longueur avec gare "Hautes Ecoles" située au sud du Centre des congrès et une insertion côté Lausanne à Sébeillon. Le coût estimatif est de 1'140 MCHF, correspondant à un coût par kilomètre dans la moyenne des projets récents en Suisse et dans l'arc alpin.

Cette proposition contient de nombreux avantages, non seulement pour les deux Hautes Ecoles, mais pour toute l'agglomération de Lausanne-Morges. Dans un périmètre proche de l'emplacement de cette nouvelle gare, huit grands projets urbanistiques couvrant 80 ha sont actuellement en étude. Sur la nouvelle ligne, la construction de deux autres gares peut être envisagée, à la Bourdonette et à Denges-Préverenges. La création de pôles d'intermodalité avec le M1 renforcera son rôle, tout en rendant superflu des grands investissements tels que le dédoublement intégral du métro, autrement indispensables à moyen terme.

De nombreuses parties prenantes sont concernées par ce projet et le dialogue sera essentiel. Un plan de communication ainsi qu'un plan de financement devront être rapidement développés afin de compléter cette étude technique.

1. Introduction

1.1 Contexte

L'EPFL et l'UNIL, les deux Hautes Ecoles situées dans l'Ouest lausannois, sont desservies depuis 1991 par le M1 reliant le Flon avec la gare de Renens. Au cours des dernières décennies, et notamment depuis 2000, la croissance du nombre d'étudiants et d'emplois a été de l'ordre de 4% annuellement. Pour éviter une saturation des systèmes de transports dans cette partie très dynamique de l'agglomération Lausanne-Morges, une série d'améliorations logistiques, des lignes de bus supplémentaires et une augmentation de la cadence et de la capacité du M1 ont été introduites. Selon les perspectives, la croissance va se poursuivre et les effets de surcharge se multiplier.

L'entrée en vigueur du nouvel horaire des CFF en décembre 2012 a vu la suppression de l'arrêt des IR Genève – Valais à Renens, avec comme conséquence la perte d'une correspondance importante à destination des Hautes-Ecoles par le biais du métro M1. Cette dégradation de l'offre s'inscrit plus généralement dans un contexte de saturation des possibilités de dessertes du site des Hautes Ecoles offertes par les transports publics. Il est à craindre qu'à long terme cette desserte ne soit plus suffisante.

La question de la mobilité et de l'accessibilité du site pourrait alors s'avérer un élément pénalisant pour l'Université et l'Ecole Polytechnique soumises à un contexte de forte concurrence internationale entre les grandes universités alors même que le campus est appelé à encore développer ses infrastructures, à renforcer son statut d'acteur majeur de l'économie helvétique et à asseoir son rôle de centre de compétences intellectuelles et de pôle d'innovation dont le rayonnement est mondial. Un saut qualitatif et quantitatif de qualité de la desserte s'impose.

Dans ce contexte, le Professeur Martin Schuler de l'EPFL-CEAT a émis l'idée d'une ligne ferroviaire reliant directement Lausanne à Morges via l'EPFL avec création d'une gare dédiée à la desserte du site des Hautes Ecoles. La proposition a été faite au Président de l'EPFL P. Aebischer fin novembre 2012 et une première esquisse du projet a été présentée lors de la réunion des Chefs de services de l'EPFL en février 2013. La Direction de l'EPFL a approuvé le principe et a souhaité développer cette idée par le biais d'une étude exploratoire afin de définir les caractéristiques principales d'une telle ligne (offre ferroviaire, tracé, faisabilité, coûts, délais).

Pour réaliser cette étude exploratoire, l'EPFL a sollicité le bureau BG Ingénieurs Conseil en avril 2013 qui a répondu favorablement à la demande.

1.2 Objectifs

Cette étude exploratoire a les objectifs suivants :

- Etudier l'opportunité et la faisabilité d'une nouvelle ligne ferroviaire reliant directement Lausanne à Morges via l'EPFL/UNIL.
- En fonction des hypothèses de demande et d'offre, définir au mieux le ou les tracés les plus probables et les caractériser du point de vue de leur réalisation (faisabilité-coûts).
- Etablir la liste des synergies avec les autres projets ferroviaires.

1.3 Périmètre

Cette étude se concentrera sur un périmètre délimité comme suit :

- à l'Est par la gare CFF de Lausanne;
- à l'Ouest par la gare CFF de Morges;
- au Nord par la ligne CFF actuelle Lausanne – Genève;
- au Sud par le Lac Léman.

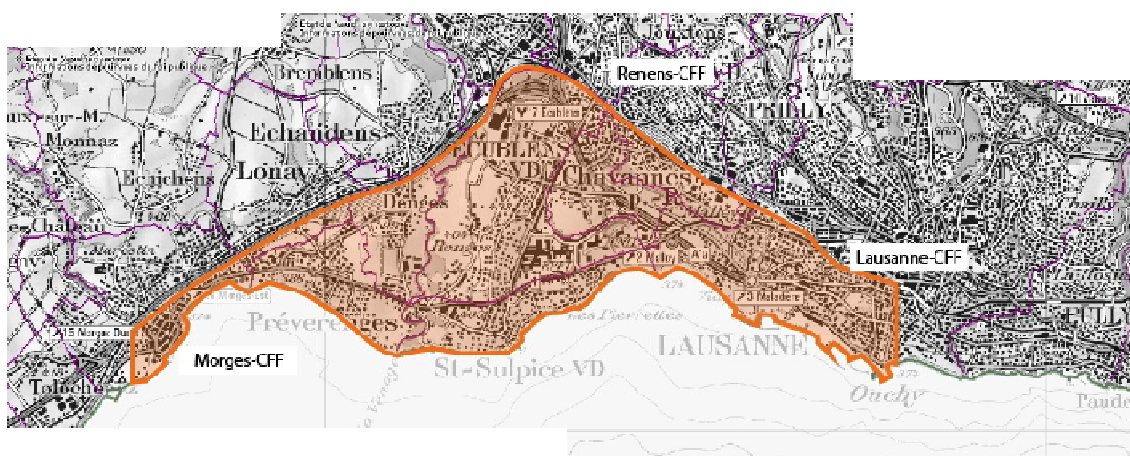


Figure 1 Périmètre d'étude

1.4 Horizon de planification

S'agissant d'une infrastructure relativement conséquente, sa réalisation ne peut être envisagée qu'à moyen-long terme. BG propose donc de retenir un horizon de planification situé en 2030+, c'est-à-dire après la mise en place du Projet Léman 2030 qui verra une augmentation conséquente de l'offre de transport ferroviaire régionale. Cet horizon correspond également à l'horizon limite du projet FAIF (Financement et Aménagement de l'Infrastructure Ferroviaire) qui comporte entre autre une enveloppe de 6.4 milliards de francs de 2018-2025 et une augmentation du pourcentage de TVA jusqu'en 2030.

1.5 Etapes de travail

La première étape de travail consistait à recueillir des données concernant l'évolution de la demande et l'évolution de l'offre. Il s'agissait ensuite d'établir des principes d'offres, c'est-à-dire de définir quels types de trafics devraient être admis sur la nouvelle ligne ferroviaire, d'estimer le nombre de trains/heure/sens et les principes de répartition du trafic entre la nouvelle et l'ancienne liaison Lausanne-Morges.

En parallèle, une seconde étape concernant les études de variantes de tracé a été étudiée, permettant de fournir des données caractéristiques telles que: temps de parcours, principes de raccordement au réseau et nombre de voies. C'est notamment le principe de raccordement au réseau qui motive la proposition d'étudier les deux étapes en parallèle puisque, en fonction de la

difficulté technique de faire passer un type de trafic, une variante d'offre peut être préférée à une autre. Un tracé de référence sera ainsi proposé.

Enfin, une analyse de faisabilité du tracé de référence avec une estimation sommaire des coûts a été proposée afin de compléter la caractérisation du projet.

1.6 Critères d'analyse

La liste suivante de critère a permis d'arrêter un choix sur la ou les variantes optimales, que nous séparons en deux catégories:

- Critères d'analyse offre-demande:
 - bonne adéquation entre offre et demande;
 - possibilité pour les trains de pouvoir s'insérer dans le trafic existant sans le gêner;
 - amélioration des relations Genève aéroport – Sion/Brigue et Fribourg/Berne pour les personnes à destination ou en provenance de l'EPFL/UNIL;
 - lisibilité de l'horaire.
- Critères de génie-civil:
 - la nouvelle gare sur le campus doit être aisément accessible depuis tout point du site;
 - la création d'une nouvelle ligne implique une forte emprise et peut engendrer de réticences et d'oppositions ; il faudra donc réduire autant que possible l'impact sur le bâti;
 - impact sur l'environnement (en particulier respect du plan de protection de la Venoge (PAC n°284));
 - coûts de réalisation.

2. Analyse d'opportunité

2.1 Evolution de la demande

2.1.1 Demande actuelle

La croissance des besoins en déplacement que l'on observe sur le campus des Hautes Ecoles et dans l'agglomération Lausanne-Morges est symptomatique d'un développement à plus large échelle de l'arc lémanique, actuellement deuxième pôle économique le plus dynamique de Suisse. Près de 50'000 voyageurs transitent chaque jour entre Lausanne et Genève, 11'000 voyageurs sur le futur réseau RER franco-valdo-genevois (RER FVG) et 27'000 voyageurs sur le RER Vaud. Les estimations du nombre de voyageurs entre Lausanne et Genève prévoient un doublement de la fréquentation à l'horizon de 2030 pour atteindre environ 100'000 voyageurs par jour.

Nous donnons en figure 42 et 43 en annexe 1 la répartition actuelle des emplois et des habitants sur l'aire d'étude.

L'OFS¹ fournit les chiffres exacts de la croissance de la population estudiantine de l'EPFL (mais pas de l'UNIL) des années 2000 à 2012. Une recherche de l'OFS a aussi estimé l'évolution du nombre d'étudiants à l'EPFL et à l'UNIL jusqu'en 2020 selon trois scénarios: un scénario de référence et deux autres l'encadrant (un scénario « bas » et un scénario « haut »)². Le scénario de référence table sur une augmentation de 20 % de 2012 à 2020 et de 15% de 2020 à 2030.

Ces chiffres sont cependant à prendre avec prudence, l'OFS effectuant la différence selon les niveaux bachelor, master et doctorat mais ne contiennent pas les employés de ces deux Hautes Ecoles et les institutions annexes ni la part de doctorants travaillant sur d'autres sites (Neuchâtel, Sion, Fribourg, Genève).

Ces tendances ont donc été croisées avec la population effective du campus afin d'avoir des chiffres pour les horizons précités.

Chaque année depuis 2003, le LITEP³ mène une enquête destinée à connaître les moyens de transport ainsi que le temps de trajet des personnes fréquentant le campus (enquête mobilité des hautes écoles, appelée aussi RUMBA). Cette enquête contient le lieu de départ du pendulaire, l'heure du départ, la durée du trajet, les moyens de transports utilisés ainsi que, pour les personnes venant en train, le lieu du dernier changement de gare (Lausanne, Renens, Morges).

Sur mandat de la Vice-Présidence « Planification et Logistique » de l'EPFL, un groupe de chercheurs de la CEAT et de TRANSP-OR a analysé ces informations très riches et son évolution sur les dix dernières années en distinguant les différents acteurs selon le genre, l'âge, le statut (employés et étudiants), les deux Hautes Ecoles et leurs facultés, leur domicile et le trajet choisi ainsi que le nombre de trajets hebdomadaires. Suite à une participation de seulement 30%.⁴, un travail d'extrapolation important a dû être mené afin de simuler le comportement de l'ensemble de la population des deux sites.

¹ Office Fédéral de la Statistique.

² "Perspectives de la formation, Scénarios 2012–2021 pour le système de formation", Babel, J.; Gaillard, L.; Strübi, P.; OFS, 18.12.2012.

³ Groupe Intermodalité Transport Et Planification de l'EPFL, dirigé par le Dr. P. Tzieropoulos.

⁴ "Mobilité des pendulaires EPFL-UNIL, Analyse spatialisée des résultats de l'enquête RUMBA", Alain Jarne, Martin Schuler, Jean-Pierre Leyvraz, CEAT, mars 2011.

Grâce à cette enquête il est possible de connaître la répartition modale de la population du site ainsi que son évolution sur les dix dernières années. On sait ainsi, grâce à elle, que 70% de la population du campus vit dans l'agglomération lausannoise.⁵

Cette enquête sur la mobilité des pendulaires permet d'obtenir une donnée particulièrement intéressante dans le cadre de notre étude: il s'agit de la dernière gare CFF par laquelle sont passées les personnes interrogées avant d'arriver sur le site de Dorigny. Cette donnée relève l'importance de la gare de Renens en termes de volume par rapport à celle de Lausanne, sans doute du fait que cette dernière présente une alternative comportant un plus grand nombre de rupture de charges (changement de bus ou de train et attente à l'arrêt) dans une chaîne de déplacement TC.

2.1.2 Projection pour 2030

Dans le cadre de ce projet, nous avons élaboré une projection du nombre d'acteurs qui étudieront ou travailleront sur le site des deux Hautes Ecoles en 2020 et en 2030, ainsi qu'une projection de leur mode de transport pour se rendre à Dorigny ou à Ecublens. Les données pour 2000 et 2010 issues des deux sources citées forment la trame de nos estimations pour une évolution future ; la projection moyenne de l'OFS est utilisée comme référence pour l'évolution des étudiants et doctorants de l'EPFL et de l'UNIL.

De nombreux facteurs supplémentaires ont dû être intégrés dans nos estimations. Il s'agit des éléments suivants :

- Les effectifs et l'évolution du nombre d'employés des deux Hautes Ecoles. Si les effectifs en 2012 sont documentés, il n'y a pas de données officielles disponibles quant à leur évolution future.
- Le nombre d'employés de l'EPFL travaillant sur d'autres sites en Suisse romande (Neuchâtel, Sion, Fribourg, Genève).
- Le nombre actuel et surtout futur des emplois des institutions annexes situées sur le site, notamment du Quartier de l'Innovation de l'EPFL, du ROLEX-centre, du Swiss Tech CC, ainsi que du Parc Chavannes, le site actuel des terrains de foot au Nord de la Sorge.
- Une estimation du nombre de visiteurs quotidiens, ventilés selon leur motif et destination (collaboration de recherche, bibliothèque, conférences, usagers d'autres prestations des sites).
- Une estimation grossière des utilisateurs et usagers du nouveau Centre de Congrès a été menée, de même que pour le nouveau quartier de l'innovation.
- Une estimation de l'ampleur de la future décentralisation des instituts et laboratoires de l'EPFL sur d'autres lieux. Ce processus a été assez marqué depuis quelques années et il va s'intensifier dans l'avenir ce qui va causer de nombreux mouvements de « visiteurs » à moyenne distance.

⁵ Mobilité des pendulaires EPFL-UNIL, Analyse spatialisée des résultats de l'enquête RUMBA", Alain Jarne, Martin Schuler, Jean-Pierre Leyvraz, CEAT, mars 2011.

- Le taux de présence au lieu d'étude (durant les semestres) ou de travail. L'enquête RUMBA fournit la majeure partie des informations; l'EPFL dispose également des estimations selon les groupes d'acteurs. Pour nos projections, ces taux sont différenciés par groupe d'acteurs et nous supposons une diminution de ce taux de présence.
- Une gare des Hautes Ecoles pourra également desservir des quartiers à proximité des communes d'Ecublens, de Chavannes-près-Renens et de St-Sulpice. La population et les emplois de ces zones seront également orientés sur la nouvelle offre. Il en va de même pour les habitants sur le campus.
- D'éventuelles gares supplémentaires sur ce tronçon s'intégreront dans d'autres tissus urbanistiques.
- Finalement, nous avons estimé la répartition modale de chacun des sous-groupes selon la mobilité individuelle motorisée, les transports publics et la mobilité douce.

Nous observons (Figure 47 et Figure 48 en annexe 2) que si la part des modes doux reste constante, l'évolution des transports individuels motorisés (TIM) diminue par contre au profit de l'utilisation des transports en commun (TC). De manière synthétique nous arrivons aux conclusions suivantes:

- a) Entre 2011 et 2030, la population des Hautes Ecole subira une forte augmentation de 42% de ses effectifs, correspondant à une augmentation de 26'000 à 37'000 personnes. La plus forte augmentation est celle des emplois sur les sites annexes de l'EPFL, suivie par le nombre d'étudiants et de visiteurs.
- b) En admettant des taux de présence variés selon les groupes et montrant des évolutions différenciées (mais en recul pour les étudiants et doctorants), le nombre de personnes présentes durant les périodes des semestres va s'élever de 21'100 à 29'200 par jour.
- c) En ce qui concerne les utilisateurs des transports publics, leur part a augmenté entre 2001 et 2011 de 58% à 61%. Ce taux augmentera d'ici 2020 (61%) et 2030 (64%) ; en cas de réalisation du projet, cette proportion pourrait atteindre 69%, ce qui correspondrait à un total de 20'700 voyageurs par jour.

En calculant le rapport entre la population n'habitant pas sur l'axe Lausanne-Morges par rapport à la population totale se rendant sur le campus, nous estimons que 45% des utilisateurs TC seraient susceptibles d'utiliser la nouvelle liaison ferroviaire.

Nous pouvons ainsi établir les hypothèses suivantes:

- la demande induite par la création d'une nouvelle infrastructure de transport devrait faire augmenter la part d'utilisateurs des CFF passant de 45% à 50%;
- l'heure de pointe du matin représente 33% de la charge journalière, soit environ 3'400 personnes;
- la répartition de la charge entre Lausanne et Morges est de 60% en direction ou en provenance de Lausanne/Bern/Valais et 40% en direction/provenance de Genève.

La charge de dimensionnement est donc d'environ 2'050 passagers par heure et par sens.

2.2 Développement du contexte urbain

Les deux Hautes Ecoles, l'UNIL et l'EPFL portent chacune la référence de Lausanne dans son titre mais elles se trouvent dans le district de l'Ouest Lausannois, sur les territoires des communes de Chavannes-près-Renens, d'Ecublens et, très partiellement, de St-Sulpice. L'ampleur des deux sites et leur évolution fulgurante a très fortement marqué cette partie de l'agglomération et les communes concernées ; pourtant, la construction et le développement des deux écoles s'est fait de manière étonnamment souple et sans heurts majeurs. L'aspect foncier a été facilité par l'existence de grandes propriétés et une part importante de terrains en possession des mains publiques.

Le pari osé du déplacement des deux Ecoles du centre de Lausanne à la périphérie sud-ouest au bord du Lac a été couronné de succès, notamment grâce à l'espace généreux mis à disposition permettant un développement ininterrompu sur quatre décennies. Néanmoins, le problème de son accès n'a trouvé une solution que seulement vingt ans après l'inauguration de la première étape de l'Université en 1969 et de l'EPFL une année plus tard. En effet, la construction du M1 ou « TSOL » n'a pu être réalisée qu'en 1991.

Trois périodes majeures ont caractérisé le développement de l'Ouest lausannois. Ces trois périodes coïncident avec une amélioration substantielle des systèmes de transports. La première, entre 1880 et 1910, a induit une forte industrialisation à la suite de la création de la gare de triage de Renens en 1874, puis celle pour voyageurs, tandis que la deuxième trouve son expression dans l'ouverture de l'autoroute A1 qui a positionné l'Ouest lausannois au milieu de la Suisse romande. Si la construction de ces deux infrastructures était à l'origine du développement urbain, la troisième infrastructure – le métro M1 dit "TSOL" - a été la conséquence du choix urbanistique du site des deux Hautes Ecoles. Durant ces dernières années, l'Ouest lausannois a franchi un nouveau cap en s'affirmant comme un pôle d'excellence à l'échelle mondiale dans de nombreux domaines et notamment la recherche.

Les deux Hautes Ecoles sont restées longtemps lausannoises dans leurs conceptions et relations. Le rapprochement avec l'Ouest lausannois s'est tissé lentement et pourrait être vu comme un effet de la croissance urbaine. Pourtant, d'autres facteurs semblent plus décisifs dans ce changement géopolitique : l'institutionnalisation de la région (à laquelle participe d'ailleurs aussi la Ville de Lausanne) et du district de l'Ouest lausannois qui a permis de surmonter les anciens clivages entre les huit communes, notamment à travers la création du SDOL (Schéma directeur de l'Ouest lausannois) ; la transformation de l'ouest d'une zone industrielle sinistrée dans les années 1990 vers un centre de services de haute qualification (de manière exemplaire dans la transformation du bâtiment de l'usine IRIL pour l'ECAL) ; le changement démographique de la région en lien avec la croissance des deux Ecoles et finalement, une réorientation de ce site, offrant bibliothèques et archives, centres de sport, centre de congrès, habitations et services, un centre d'innovation et – bientôt – d'autres fonctions publiques dans les télécommunications. L'Ouest lausannois est devenu une ville de 70'000 habitants et de 40'000 emplois ; le site des deux Ecoles pourrait aussi répondre au concept de « Ville ». Un symbole de ces changements est matérialisé par quelques publications parues récemment.⁶

⁶ SDOL, « L'Ouest pour horizon », 2012, Infolio, un magnifique ouvrage de cette ancienne banlieue lauréate du Prix Wakker en 2011 ; Olivier Robert, 2011, « De la cité au campus – 40 ans de l'UNIL à Dorigny », éd. Peter Lang. L'EPFL dispose aussi de deux livres qui relatent son développement : Maurice Cosandey, 1999, « L'Histoire de l'Ecole polytechnique Lausanne : 1953-1978 », PPUR, ainsi que Michel Pont (2010), « Chronique de l'EPFL 1978-2000 », PPUR.

Sur le plan urbanistique, cette évolution a été accompagnée par un changement de paradigme. Si les premiers plans de zones communales des années 1960 avaient encore prévu que la totalité du territoire soit constructible, les adaptations autour de 1985 et surtout de la période récente du SDOL ont permis de hiérarchiser le territoire. La crise de l'urbanisation au début des années 2000 était marquée par la surcharge de trafic, la pollution de l'air, la non-coordination des projets de développement, notamment des grandes surfaces commerciales. Depuis, le SDOL, soutenu fortement par le Canton, est parvenu à coordonner les collaborations, à devenir un acteur incontournable. La réaffectation des friches industrielles a permis d'améliorer fortement l'attractivité de l'Ouest et à contribuer à augmenter sensiblement le nombre d'emplois. Parmi les moteurs de cette évolution, on retrouve l'EPFL et l'UNIL qui ont créé, au sud de la région, un pôle économique important à côté des pôles historiques autour de la gare de Renens et à la sortie d'autoroute de Crissier.

L'utilisation de la ligne M1 ainsi que des autres lignes de bus reliant l'EPFL s'est fortement intensifiée, en partie à cause de la croissance des deux Hautes Ecoles et du développement des activités le long du métro mais également grâce à un report modal encourageant, soutenu par une politique volontariste de l'UNIL et de l'EPFL.

Cette évolution commence cependant à montrer ses limites : un grand nombre de mesures souples (augmentation de la fréquence, introduction de lignes supplémentaires de bus, mesures d'encouragement pour la mobilité douce, politique de stationnement plus ou moins restrictive, heures de début des cours décalée entre les deux Ecoles, etc.) ont été appliquées ces dernières années. A l'avenir, il sera plus difficile d'intensifier, ou même de poursuivre ce type d'innovations souples. Notons enfin l'impact négatif sur la desserte du site des Hautes Ecoles suite à la suppression des haltes des trains interrégionaux à Renens, la détérioration de la ligne de bus vers Morges et l'absence desserte vers la nouvelle gare de Prilly-Malley.

Au chapitre 2.1.2, nous avons proposé une projection de la demande en transports pour 2030 des utilisateurs du site des deux Hautes Ecoles, afin de souligner l'importance d'un changement qualitatif et quantitatif de la desserte du sud de l'ouest lausannois. Pourtant, dans cette partie de la région, les deux Ecoles ne sont de loin pas les seuls acteurs à proposer la réalisation de grands projets.

Sur la carte suivante, nous avons marqué huit planifications en vigueur ou en cours d'élaboration le long de la ligne M1 sur les communes de Lausanne, Prilly et surtout Chavannes. Il s'agit de projets sur les sites de :

- Malley (A),
- Dorigny (B),
- Pré Vidy (C),
- Cèdres (D),
- Anciennes Serres (E)
- Côtes de Bourdonnette (F),
- Concorde (G),
- La Sorge (H).

Dans les huit cas, il s'agit de grands projets de chaque fois 5 à 10 hectares impliquant habitations, emplois et services avec un fort impact sur les systèmes de transports.

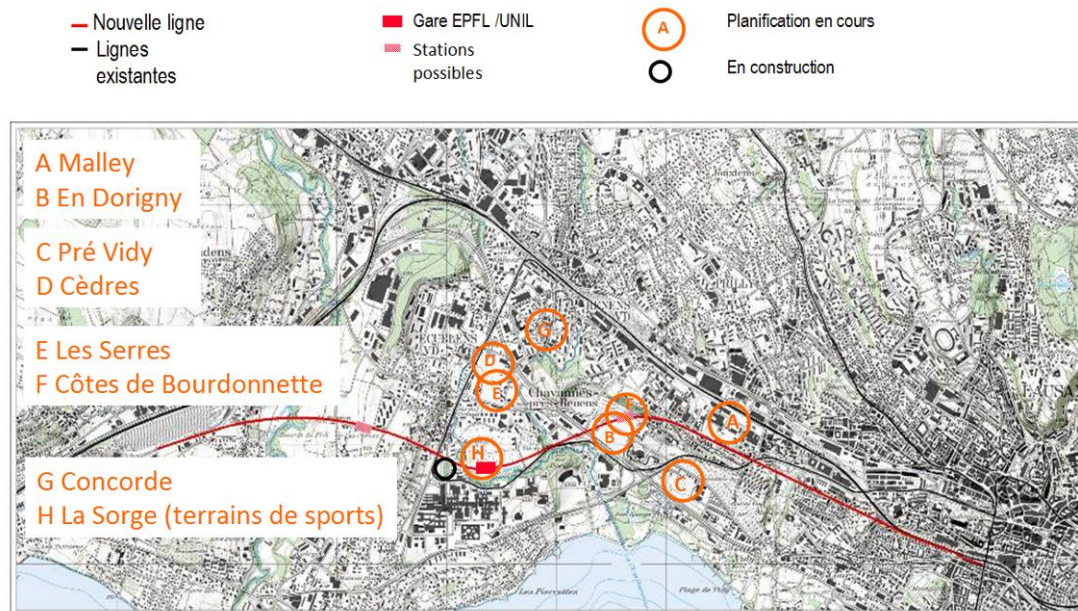


Figure 2 Projets de développements aux alentours du Campus

	n°	Site	surface en ha	plancher brut	logement	bureau	commerce
C	233	Prés de Vidy	120000				
B	232a	En Dorigny	56600	162000	60700	63400	37900
F	232b	Côtes de Bourdonnette	86000	110000	77000	33000	
	232c	Le Taluchet	60000				
	234	Centre de congrès	xxx				
	235	EPFL-Centre d'innovation	xxx				
D	231a	Cèdres	86240	112112			
	231b	Les Oches	112000				
E	231c	Serres	50000				
	236	La Sorge (sports)	100000				
G	238	Concorde	174000	84000	44400	29600	10000
		Total	844840				

Source: sites des les différents projets; pour l'énumération: SDOL, Bilan d'activité, 2012

Figure 3 Caractérisation des projets de développements aux alentours du Campus

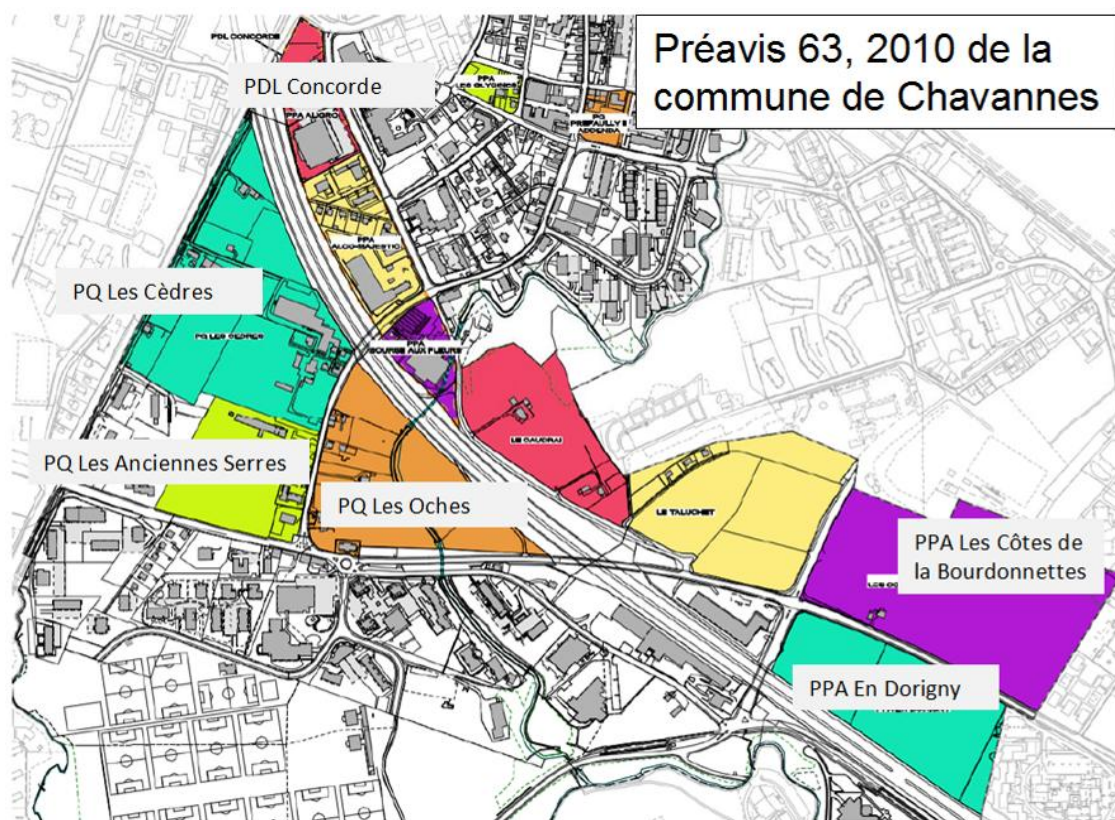


Figure 4 les différents plans de quartiers de la commune de Chavannes

2.3 Utilité d'une nouvelle ligne ferroviaire via les Hautes Ecoles

Les analyses et projections développées dans les deux chapitres précédents ont souligné l'intensité du développement de l'Ouest lausannois et les processus de spécialisations qui s'y sont opérés. En outre, les prévisions, pourtant modérées par rapport à l'évolution du passé, montrent très clairement que les changements futurs seront d'une ampleur considérable, à la fois en ce qui concerne l'UNIL et l'EPFL et les autres projets situés dans ce secteur. En effet, si jusqu'ici, l'environnement immédiat du site des deux Ecoles se distingue par une densité urbaine plutôt faible (à l'exception de la Bourdonnette et du Sud de Chavannes), de nombreux grands projets seront réalisés dans un avenir proche, traduisant l'expression d'une urbanisation d'intensité toute nouvelle.

Les deux Hautes Ecoles de Lausanne profitent d'un grand nombre d'atouts qui les rendent attractives et compétitives à l'échelle internationale : qualité de la formation et de la recherche, excellent niveau des infrastructures et équipements (pourtant aussi sous pression financière), contexte urbanistique favorable et vie culturelle en effervescence, qualité exceptionnelle de l'environnement, haute performance institutionnelle et économique de la Suisse, larges possibilités sur le marché de l'emploi, position centrale de la Suisse, multilinguisme du pays, etc. Actuellement, le bémol le plus pesant sur l'attractivité de Lausanne comme site de nouvelles activités est la situation tendue sur le marché du logement.

Cependant, à moyen et à long terme, nous considérons que la qualité de l'accessibilité représentera le handicap majeur pour le développement du site universitaire et de son parc scientifique.

Le M1, déjà aujourd'hui à la limite de saturation, se trouvera dans l'incapacité d'absorber la forte demande supplémentaire ; pour l'autoroute et le réseau routier local, le même constat s'impose, tout comme pour la capacité de stationnement dans le périmètre.

La problématique décrite n'est pas le propre de Lausanne ; une Suisse de 9.5 millions d'habitants en 2030 sera partout confrontée à des enjeux de saturation mais dans une comparaison interuniversitaire suisse, le site de Lausanne montre déjà aujourd'hui les conditions les moins favorables pour l'accessibilité en transports publics (cf. figure 5). Ainsi la distance-temps par rapport à la gare de Lausanne nécessite deux changements de transports, tandis que partout ailleurs un tram ou un bus direct mènent les voyageurs à destination. Cette faiblesse de desserte concerne à la fois les niveaux mondial, national et régional. Toutes les villes universitaires suisses sont desservies par des trains directs depuis un ou plusieurs aéroports du pays (Lugano sous peu depuis Malpensa) ; pourtant, la liaison à partir de la gare centrale des villes universitaires est de faible qualité pour Lausanne. Ce même constat est valable pour les visiteurs et usagers à l'échelle nationale transitant par Lausanne (ou Renens), puisque l'accès est long et demande un double changement de moyen de transport. Au niveau de l'agglomération, presque aucune demande de trajet mène directement, sans débordement à Dorigny ou Ecublens. En ce concerne l'accessibilité par la route, la situation se présente de manière nettement plus favorable, grâce à la proximité relative de la sortie d'autoroute ; ceci pourtant dans un contexte de surcharge croissant de trafic, notamment sur la A1.

		Transports publics (TP)				Transports individuel motorisé (TIM)		
	Niveau d'accessibilité	mondial	national		régional	mondial	national	régional
	Point de référence	depuis l'aéroport		depuis la gare CFF		depuis le réseau TC		
	Critère analysé →	chaîne de transport	nombre de transbord.	temps d'accès (min.)	situation dans le réseau urbain	distance en km	accès depuis la sortie	charge du réseau
Uni/EPF	taille de l'Uni/EPF (échelle CH) ↓							
Uni Genève (multisite)	grande	urbain	1	16	centrale	10	difficile	surchargé
EPF Lausanne	moyenne	train/M2/M1	2	22	décentral	56	bon	moyen
Uni Lausanne	moyenne	train/M2/M1	2	20	décentral	56	bon	moyen
Uni Neuchâtel	petite	train/funi	1	12	centrale	121	bon	accessible
Uni Fribourg	moyenne	train/pied	0/1	5	centrale	136	bon	accessible
Uni Berne (multisite)	grande	train/bus	0/1	5/15	centrale	126	bon	accessible
Uni Bâle (multisite)	moyenne	train/tram	1	15	centrale	14/84	difficile	surchargé
Uni Zurich (2 sites)	très grande	urbain	1	12/18	centrale	10	moyen	surchargé
EPF Zurich (2 sites)	grande	urbain	1	12/26	centr/décentr.	10	moyen	surchargé
Uni Saint-Gall	petite	train/bus	1	15	périphérique	79	moyen	accessible
Uni Lucerne	petite	train/bus	0/1	8	centrale	65	moyen	surchargé
Uni Lugano	petite	train/funi	1	14	centrale	9/67	bon	surchargé

Légende des couleurs

bon	moyen	faible
-----	-------	--------

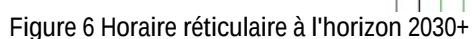
Figure 5 Accessibilité comparée des sites des Hautes Ecoles suisses

L'EPFL et l'UNIL se trouvent donc dans le besoin d'envisager une amélioration nette de leur accessibilité depuis l'aéroport de Genève-Cointrin pour une clientèle mondiale et surtout de leur positionnement à l'échelle nationale pour des congrès et des contacts rapides et réguliers. Mais le point essentiel de l'amélioration de l'accessibilité semble la nécessité d'ancrer plus fortement le site des deux Hautes Ecoles à l'intérieur de l'agglomération de Lausanne-Morges afin d'éviter un étouffement à moyen terme.

Partant de l'analyse de l'évolution récente de la mobilité, de la lecture comparative entre les universités suisses et de notre prospective, nous arrivons à la conclusion que la qualité de la desserte dans le sud de l'Ouest lausannois nécessite un saut qualitatif important.

Face à ces enjeux, nous proposons la construction d'une ligne qui compléterait le réseau CFF en créant une desserte du campus de l'Ouest lausannois via une nouvelle gare CFF. Cette nouvelle ligne, en grande partie souterraine, sera longue d'environ 7 km et s'insérera entre les gares de Lausanne et de Morges. Selon la variante retenue, cette nouvelle ligne sera un raccourci par rapport à la ligne actuelle via Renens et elle constituera une offre performante dans le système du RER Vaud et dans les liaisons interrégionales. Cette gare des « Hautes Ecoles », pourra être éventuellement complétée par deux autres gares, l'une à l'est (dans le périmètre de la Bourdonnette) et l'autre à l'Ouest (Denges ou Préverenges), alimentant ainsi des centralités en devenir le long de l'axe.

- 4 IC entre GEAP et LS mais ne s'arrêtant pas à Renens, 2 en direction de Berne, 1 Neuchâtel, 1 Valais;
- 4 IR entre GEAP et LS et s'arrêtant à Renens, 3 en direction du Valais et 1 vers Neuchâtel;
- 4 RE entre GEAP et LS s'arrêtant à Renens et allant tous en direction de Palézieux;
- 2 RER entre Allaman et LS en direction de Villeneuve.



4. Principes d'offres proposés

La proposition de principe d'offres permet de définir les caractéristiques principales auxquelles doit répondre la ligne en terme de nombre de voies, rampe admissible, longueur de quai, vitesse de projet etc.

4.1 Types de trafic admis

Par hypothèse, nous admettons que seul le trafic voyageur circulera sur cette nouvelle ligne. En effet, l'acceptation du trafic marchandise imposerait de réaliser cette ligne avec des rampes limitées à environ 11‰ ce qui ne serait pas compatible avec la topographie entre le campus de Dorigny et la gare de Lausanne (la différence de niveau est trop importante).

Pour le trafic voyageur, il existe quatre types de trains qu'il est possible de mettre en place afin de répondre à la demande:

- Les Intercity (IC) qui peuvent transporter jusqu'à 902 personnes assises;
- Les Interrégionaux (IR) qui peuvent transporter jusqu'à 1200 personnes assises;
- Les Regioexpress (RE) qui peuvent transporter 1260 personnes, assises et debout.
- Les Régionaux (RER) qui peuvent transporter de 720 (double-traction) à 1080 (triple-traction) personnes assises et debout.

Trois possibilités se présentent pour agir sur l'offre:

- Dérouter sur la nouvelle ligne des trains déjà prévu dans le concept Léman 2030 passant par Renens;
- Compléter l'offre Léman 2030 avec des trains circulant entre Morges et Lausanne via EPFL-UNIL, ces trains pouvant aussi s'intégrer au réseau au-delà de Lausanne/Morges;
- Combiner les deux options ci-dessus.

La première option est intéressante dans la mesure où elle facilite l'intégration des trains dans le réseau, pour autant que le temps de parcourt global Lausanne – Morges reste inchangé via la nouvelle ligne (y compris au moins un arrêt à la nouvelle gare EPFL-UNIL). Ce point sera à vérifier une fois les premiers tracés esquissés.

4.2 Offres proposées

A partir de l'offre prévue Léman 2030, nous proposons de développer 4 concepts d'offres, le nombre de trains étant exprimé par heure et par sens:

- Concept 1: 2 IR (déroutés via EPFL-UNIL) + 2 RER (nouveaux),
- Concept 2: 4 RER (nouveaux),
- Concept 3: 2 IR (déroutés via EPFL-UNIL) + 2 RE (déroutés via EPFL-UNIL),
- Concept 4: 2 RE (déroutés via EPFL-UNIL) + 2 RER (nouveaux).

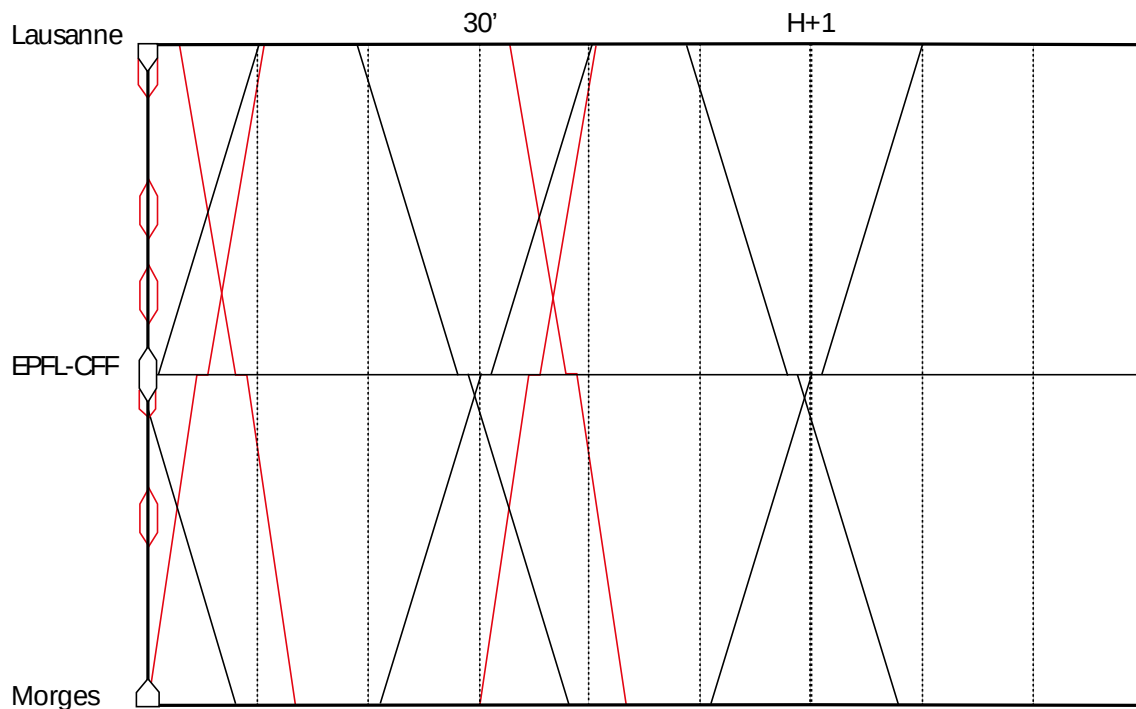


Figure 8 Concept 1, 2 IR + 2 RER.

4.2.2 Concept 2

Le concept de desserte uniquement par RER ouvre le champ à la création de gares intermédiaires à la Bourdonnette, Malley ou Prévèrènges par exemple mais ferme la possibilité de relier directement le campus à l'aéroport de Genève.

La capacité offerte est de 2'880 pers./heure/sens.

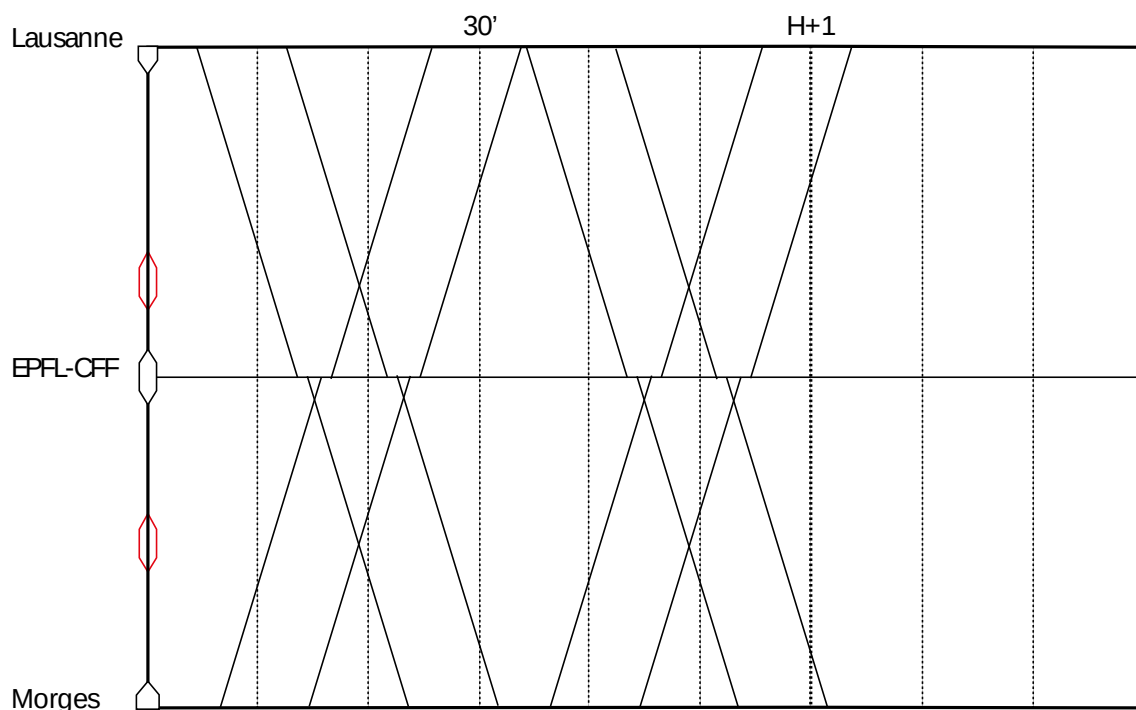


Figure 9 Concept 2, 2 RER + 2 RER.

4.2.3 Concept 3

Ce concept favorise les circulations mixtes et peut se décliner en 4 variantes qui offrent chacune une capacité de 4'920 pers./heure/sens, ce qui reste au-dessus des 2'050 pers./heure/sens de demande estimée.

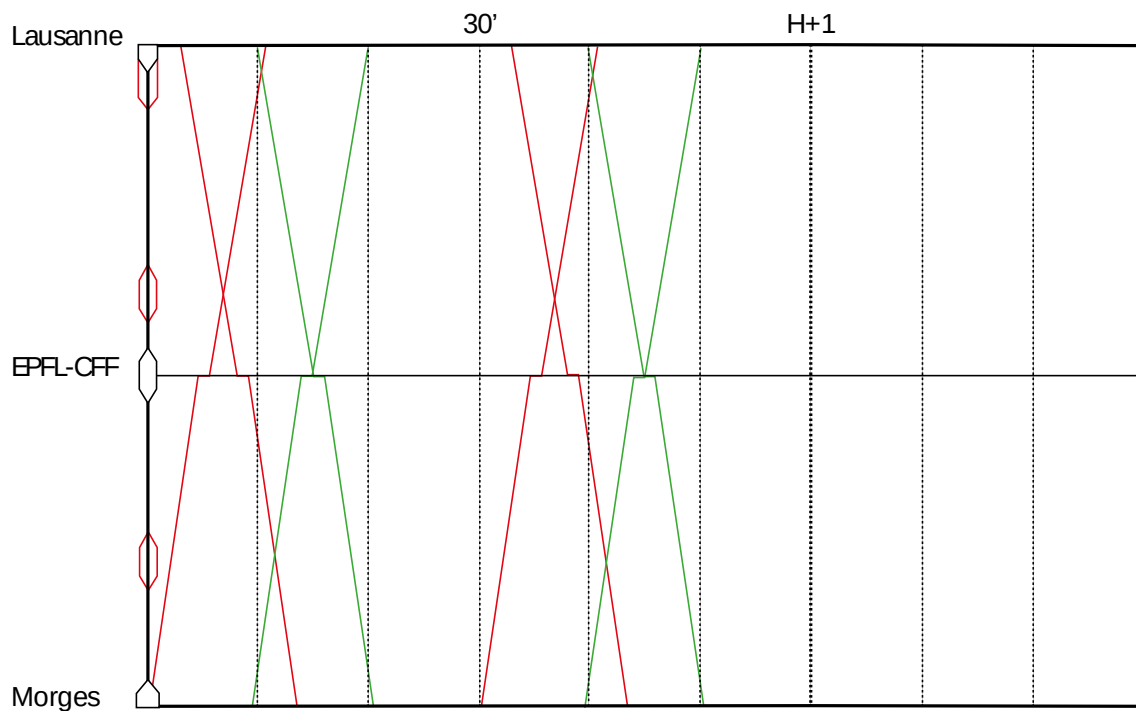


Figure 10 Concept 3, 2 IR + 2 RE.

4.2.4 Concept 4

Lier les circulations entre RE permet de donner un statut clairement régional à la gare de l'EPFL. On voit d'ailleurs que les points de croisement nécessaire ne sont que très peu nombreux dans le cas de la variante A.

La capacité offerte par 2 RE et 2 RER est de 3'960 pers./heure/sens.

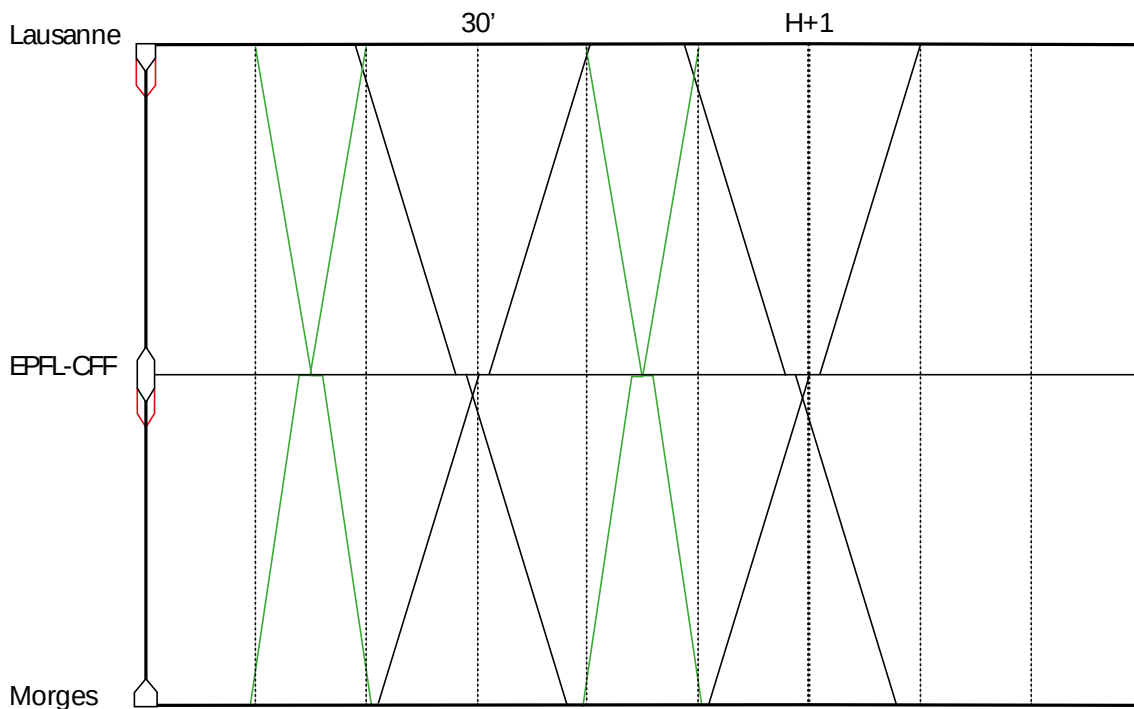


Figure 11 Concept 4, 2 RE + 2 RER.

4.2.5 Synthèse des offres

Ces concepts d'offre confrontent deux logiques, entre lesquelles il appartiendra plus tard aux exploitants de trancher. Il faudra choisir entre une exploitation qui favorise les circulations régionales ou une exploitation de trains grandes lignes qui favorise les connections internationales.

4.3 Définition des infrastructures fonctionnelles

En fonction des différentes caractéristiques des concepts d'offre imaginés précédemment, nous pouvons identifier les principales caractéristiques auxquelles devra répondre l'infrastructure.

4.3.1 Nombre de voies en ligne

Parmi les différentes variantes d'offres, aucun croisement spécifique ne revient de manière récurrente.

Pour des raisons de souplesses d'exploitation il est donc préférable de prévoir de la double voie tout au long du tracé.

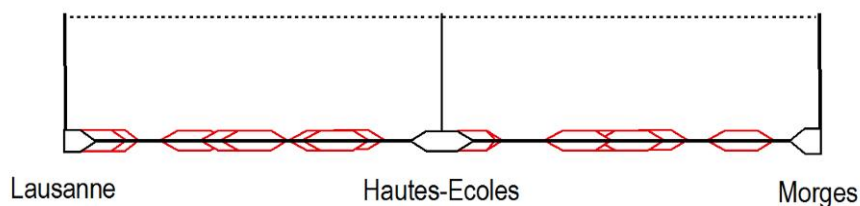


Figure 12 Superposition des points de croisements nécessaires selon les différents concepts d'offre

4.3.2 Pente et rampe maximale

Les RE et RER peuvent se permettre de circuler sur une pente de 40‰, les IR et IC eux, ne peuvent pas dépasser une pente maximale de 25‰.

Afin de ne pas préteriter l'utilisation future de la ligne, une déclivité de référence de 25 ‰ maximum est à retenir (des déclivités plus importantes sur de courtes distance restant possibles).

4.3.3 Longueur des quais

Les RER et RE se contentent d'une longueur de quai de 225m, les IC et IR ont besoin d'une longueur de quai de 420m.

Afin de ne pas préteriter l'utilisation future de la ligne, la longueur des quais pour la gare EPFL/UNIL devra être de 420 m.

4.3.4 Définition de la vitesse de projet

Les paramètres des différents tracés sont soumis à un certain nombre de contraintes et qui tournent principalement autour du temps de parcours. La vitesse dépend bien évidemment de la géométrie de ce nouveau tracé mais la longueur de la nouvelle ligne est relativement courte (9.6 km pour la plus longue variante), il n'est donc pas nécessaire de dépasser des vitesses de 160 km/h admissibles pour les nouveaux matériels roulants⁷.

La géométrie du tracé a donc été choisie pour correspondre à une vitesse $V_R = 160$ km/h. Avec une telle vitesse:

- Les rayons de courbures minimaux sont de $R = 1080$ m avec des dévers maximaux de $d = 150$ mm et des insuffisances de dévers maximales $id = 130$ mm.
- Le rayon vertical est $R_v = 0.35V^2 = 8960$ m mais il peut atteindre les limites suivantes $R_v = 0.25V^2 = 6400$ m en cas de raccordements convexes et $R_v = 0.175V^2 = 4480$ m pour les raccordements concaves.

NB: Les contraintes géologiques nous ont obligés à inscrire, par endroit et sur des tronçons de longueurs réduites, des pentes plus fortes que la pente maximale tolérée à cette vitesse (25‰). Les rayons de courbures, verticaux et horizontaux ont aussi dû être adaptés aux contraintes de terrains et la vitesse modifiée en conséquence.

⁷ Rames Duplex Regio.

4.4 Synthèse du chapitre

En reprenant les différents éléments développés jusqu'ici, il est possible d'établir le tableau suivant qui expose les offres possibles et les infrastructures nécessaires:

Concept	Offre horaire	Capacité offerte pour le trafic de/vers EPFL/UNIL [pass./h/sens]	Réserve de capacité [pass./h/sens]	Longueur de quai nécessaire [m]	Rampe maximale de référence
1	2 IR (VS) + 2 RER	2640	590 (22%)	420	25 ‰
2	4 RER	2880	830 (29%)	170	40 ‰
3	2 IR (VS) + 2 RE	2460	410 (17%)	420	25 ‰
4	2 RE (BE) + 2 RER	2700	650 (24%)	220	40 ‰

Figure 13 Synthèse des offres

Les trains en rouge sont ceux qui sont ajouté au projet Léman 2030.

Le calcul de la capacité offerte pour le trafic de/vers l'EPFL/UNIL est fait de la manière suivante: on estime qu'à l'heure de pointe, un maximum de 50% des passagers des trains détournés ont pour destination le site des Hautes-Ecoles. Dans le cas des trains RER ajoutés cette proportion est de 100%.

5. Etude de variantes de tracé

Pour permettre la génération de tracé de variante, plusieurs points particuliers ont été étudiés afin de guider notre réflexion:

- A) Quelles sont les conditions de géotechnique à respecter?
- B) Où positionner la gare EPFL/UNIL?
- C) Où se connecter à la ligne CFF côté Lausanne?
- D) Où se connecter à la ligne CFF côté Morges?

5.1 Géotechnique

L'environnement géologique et ses contraintes est un point important de notre projet puisqu'une large majorité de la ligne est enterrée. Les trémies d'accès sont souvent les éléments les plus chers à construire, parce qu'ils demandent des techniques d'excavations, que les éléments de soutènements sont conséquents et que le travail se fait proche de sections de voies sous exploitation: il faut donc tenter de limiter au maximum leurs longueurs.

La couverture de sol suffisante pour être en souterrain est d'environ 3 m au-dessus du gabarit ferroviaire. On estimera donc qu'à partir de 9 m de profondeur depuis le plan de voie, nous sommes en tranchée couverte. Il faut compter une couverture de 15-20 m de profondeur pour envisager d'excaver au tunnelier.

Pour s'assurer une bonne assise, il faut privilégier les sols stables et profiter autant que possible de la molasse, un grès très présent dans les collines environnant le bassin lausannois.

A contrario, les plaines de Vidy sont très humides, le sol est saturé et augmente la difficulté des travaux.

Les cours d'eau présent le long du tracé, comme la Sorge, la Mèbre et la Venoge, coulent sur un lit d'argiles très fines et saturées en eau, le terrain est donc difficile.

5.2 Variantes d'emplacement de la gare EPFL/UNIL

Trois choix s'offrent à l'implantation de la gare sur le campus des Haute Ecoles: à l'ouest, au sud ou au nord.

Une variante passant sous le campus universitaire est exclue, puisque chaque bâtiment est construit sous des pieux longs de plusieurs dizaines de mètres qui vont se ficher dans les couches géologiquement stables sous la moraine glaciaire. Il faut donc faire le choix de passer:

- A l'ouest en face du Centre des Congrès, seule implantation qui permette une variante depuis Malley (voir § 5.3).
- Au sud du campus, en face du "Génopode" et du "Biophore", une position centrale.
- Au nord du campus, sur des terrains appelés à être développés par l'EPFL et devenir le nouveau centre de gravité des Hautes Ecoles. Une variante secondaire (dite nord M1) prévoit la gare au niveau de la halte M1 devant le Centre des congrès (Swiss Tech Center).

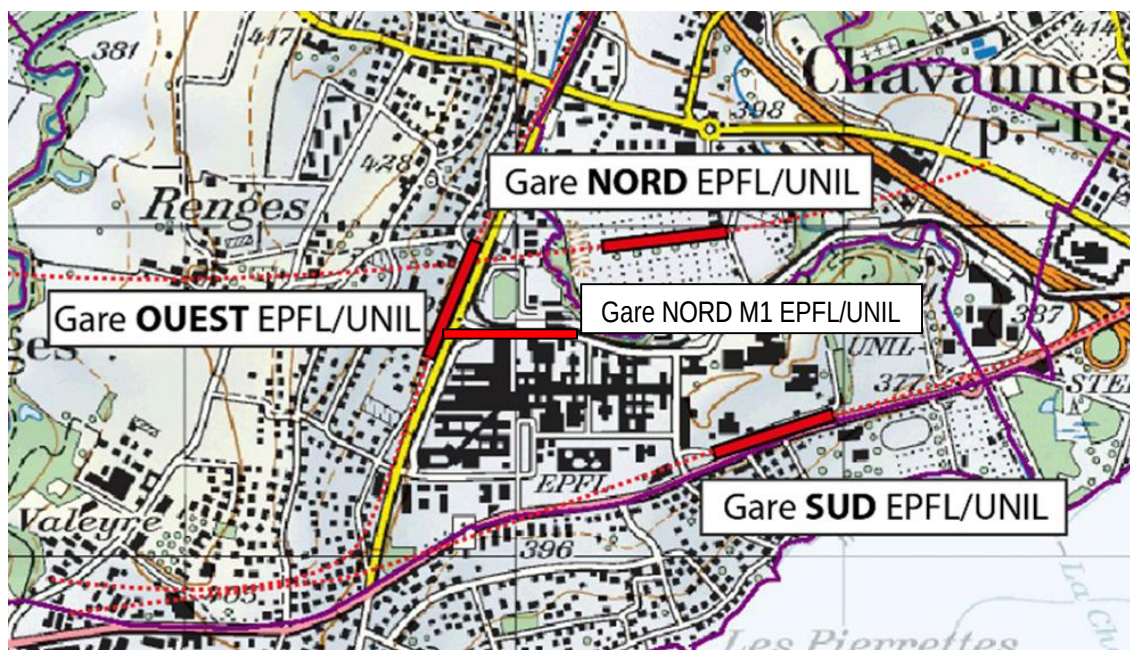


Figure 14 Variantes d'emplacement de gares

5.2.1 A l'ouest du campus

Une implantation à l'ouest du campus est la seule solution permettant un raccordement entre Renens et le futur saut-de-mouton permettant ainsi de maximiser les possibilités de desserte coté est de la gare de Lausanne (cf. § 5.3.1). De plus, cette solution aurait le mérite d'offrir un accès direct au nouveau centre des congrès fraîchement construit et de profiter de l'absence de construction sur la parcelle lui faisant face le long de l'avenue du Tir Fédéral.

5.2.2 Au sud du Campus

Cette implantation offre une alternative intéressante du fait de son faible impact sur le bâti et l'environnement ainsi que de la proximité du Learning Center. Cela dit son rayon d'influence (distance à laquelle il est intéressant d'aller à la gare à pied) couvre principalement des zones peu densément bâties où il n'y a, pour l'heure, pas de grands projets de développement. Par ailleurs, le sud du campus ne dispose pas de la même qualité de desserte qu'au nord avec le métro M1 ce qui pourrait être corrigé par une nouvelle gare CFF mais celle-ci ne pourra alors pas constituer un véritable pôle multimodal.

5.2.3 Au nord du campus

L'EPFL projette son futur développement au nord du campus, sur les parcelles destinées actuellement aux terrains de football de Chavannes et possédées par la Ville de Lausanne. Une implantation Nord serait donc idéale puisque la gare se trouverait sur le nouveau centre de développement de l'EPFL et que la position reste tout de même centrale, quasiment à équidistance du PSE⁸ et du bâtiment Anthropôle.

⁸ Parc Scientifique de l'EPFL.

Par ailleurs, la gare permettrait de desservir les nouveaux quartiers prévus par la commune de Chavannes. La variante desservant le Centre des Congrès permettrait une liaison idéale avec le M1 et un accès direct au Centre des Congrès.

5.2.4 Gares intermédiaires

Il reste intéressant de garder en option la possibilité de créer des gares intermédiaires pour la desserte en RER que ce soit à Malley, Bourdonnette ou même Préverenges.

5.3 Insertion côté Lausanne

En fonction des contraintes d'exploitation du nœud lausannois et des contraintes urbaines, nous avons identifié quatre sites potentiels pour accrocher notre projet à la ligne CFF côté Lausanne:

- Au niveau de la tête ouest de la gare côté sud du plan des voies ;
- Au niveau de la tête ouest de la gare côté nord du plan des voies ;
- Au niveau de la gare marchandise de Sébeillon (au nord ou au sud des voies) ;
- A l'ouest la halte de Prilly-Malley, entre celle-ci et la gare de Renens.

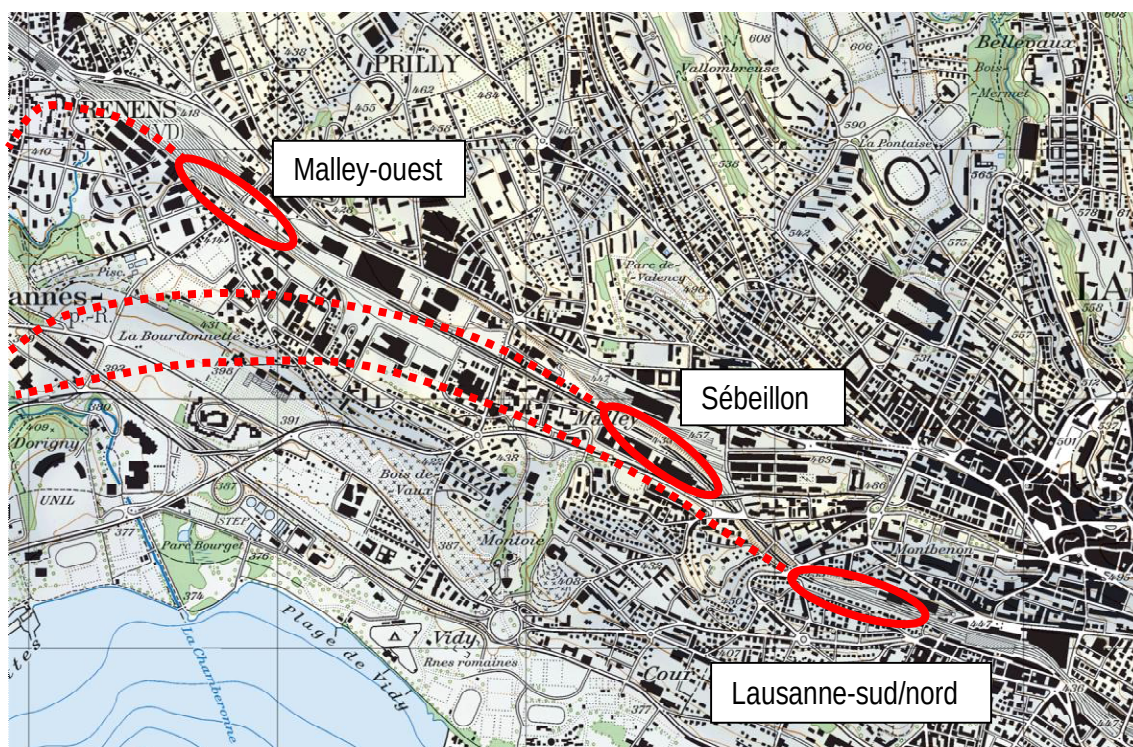


Figure 15 Variantes d'emplacement de l'insertion côté Lausanne

5.3.1 Le nœud ferroviaire lausannois

Le nœud ferroviaire lausannois est en phase de transformation et plusieurs travaux effectués dans le cadre du projet "Léman 2030" vont modifier son fonctionnement. C'est particulièrement le cas du prolongement et de l'élargissement des quais en gare de Lausanne et la création d'une 4^{ème} voie entre Lausanne et Renens avec un saut-de-mouton, ouvrage permettant de décroiser les flux de trafic.

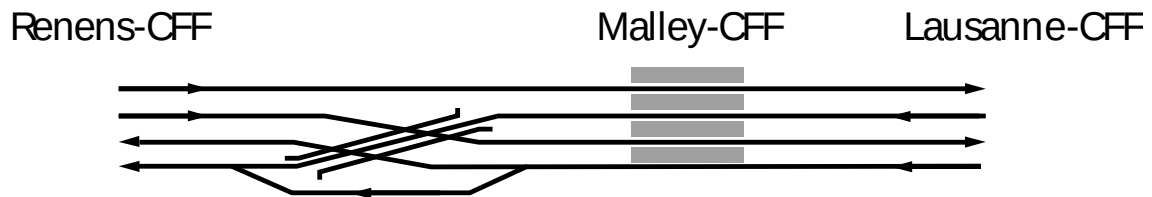


Figure 16 Schéma du saut-de-mouton avant Malley

Cette nouvelle infrastructure va modifier la circulation des trains à l'intérieur de la gare de Lausanne CFF. Actuellement tous les trains venant de l'ouest passent sur les voies 1 à 4 alors que ceux venant de l'est circulent sur les voies 5 et 7 à 9. La voie 6 est bidirectionnelle.

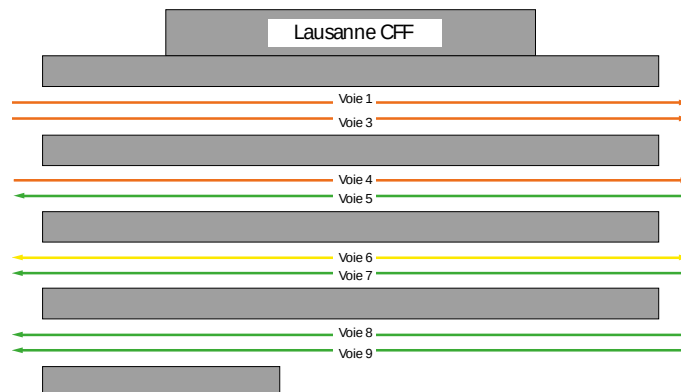


Figure 17 Circulations à la gare de Lausanne 2013

Avec la réorganisation des circulations, la gare de Lausanne fonctionnera en deux sous-gares.

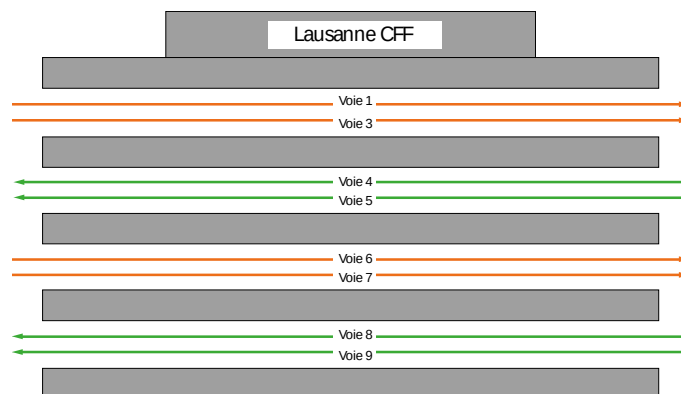


Figure 18 Circulations de la gare de Lausanne 2030

Il résulte de cette nouvelle configuration que pour raccorder notre projet côté Lausanne, nous devons effectuer un choix quant à la sous-gare à laquelle nous souhaitons nous raccorder et donc la direction de/pour l'est de la gare: Berne/Plateau ou Riviera/Valais. En effet, ce choix est impératif afin d'éviter de recréer les cisaillements qui ont été justement supprimés par la création du nouveau saut-de-mouton.

Il existe cependant une possibilité d'éviter de devoir faire ce choix qui consiste à raccorder notre projet côté ouest du futur saut-de-mouton (entre celui-ci et la gare de Renens), de sorte qu'il est alors possible de donner/recevoir du trafic indifféremment sur/de les deux sous-gares lausannoises. Cependant, un tel raccordement modifie passablement le tracé, comme nous le verrons plus loin (cf. § 5.5.1).

5.3.2 Contraintes pour l'accroche en gare de Lausanne

Le milieu environnant la gare de Lausanne est caractérisé par une forte urbanisation et une densité importante d'habitations et d'activités. Il ne faut pas oublier également le futur pôle muséal qui sera un centre culturel important.



Figure 19 Schéma des contraintes à Lausanne

5.3.3 Variantes d'insertion côté Lausanne

L'insertion doit, comme dit plus haut, se faire de manière à ne pas cisailer des trains venant de sens opposé. Par ailleurs, les difficultés résident dans le manque de place et l'accès à différents types de circulations. Il s'ensuit de ces contraintes d'insertions que nous pouvons imaginer différentes façons de s'insérer sur les 4 voies à destination de la gare de Lausanne:

- A) Insertion entre le saut-de-mouton et la gare de Lausanne, avec là aussi plusieurs possibilités:
- Insertion sur les deux voies côté sud, permettant une desserte de/pour la direction Riviera/Valais,
 - Insertion sur les deux voies côté nord, permettant une desserte de/pour la direction Berne/Plateau,

Ces deux variantes sont imaginables aussi bien au niveau de la tête ouest de la gare de Lausanne qu'au niveau de la gare marchandise de Sébeillon.

B) Insertion à l'ouest de Malley entre la gare de Renens et le saut-de-mouton, permettant de donner/recevoir l'ensemble du trafic de la gare de Lausanne.

Insertion Lausanne sud

Afin d'éviter les problèmes de croisements il est possible d'imaginer une trémie unique. L'emprise d'une telle accroche est d'environ 20 m. Une trémie au sud de la gare de Lausanne a cependant un fort impact sur le bâti, puisqu'il s'agirait de raser une vingtaine de bâtiments.

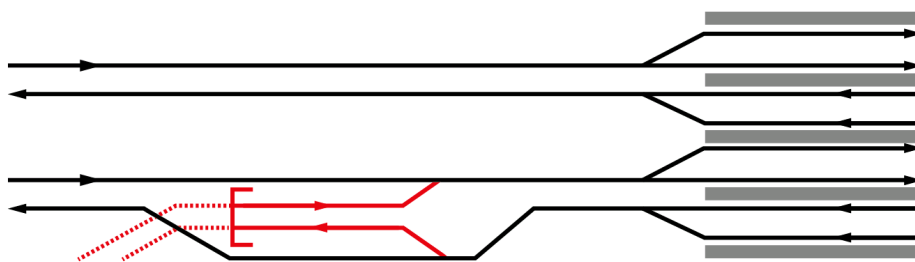


Figure 20 Schéma du plan des voies et concept d'insertion Lausanne sud



Figure 21 Insertion sur Lausanne sud

Insertion Lausanne nord

Une variante Nord permet d'éviter d'impacter le bâti, a contrario elle impacte le futur pôle muséal, fruit de longues discussions et tractations politiques

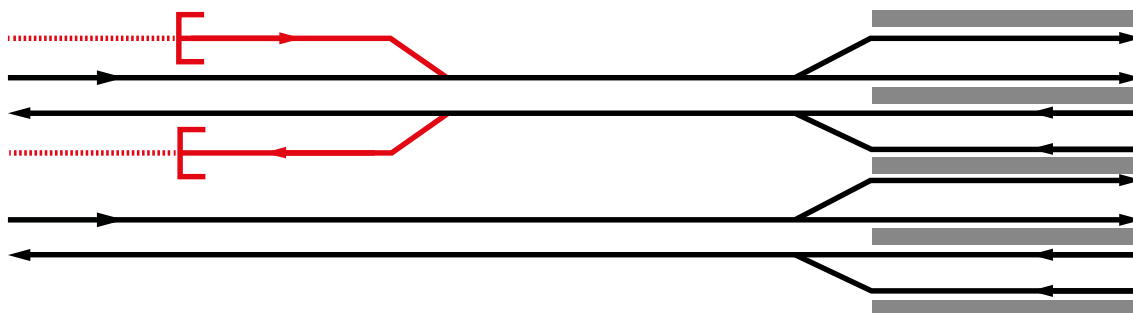


Figure 22 Schéma du plan des voies et concept d'insertion nord

Le principe de branchement peut se faire soit parallèlement avec les trémies de part et d'autre ou en succession. La première solution à l'avantage de se faire sur une courte distance tandis que la seconde option prend moins de place latéralement.

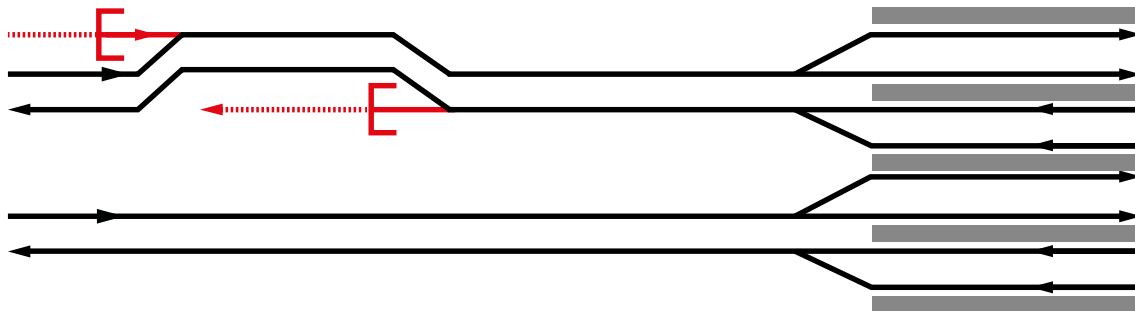


Figure 23 Schéma du plan des voies et concept d'insertion



Figure 24 Insertion sur Lausanne nord

Comme nous le voyons sur les figures précédentes, il y a très peu d'espace en gare de Lausanne et la construction d'une quatrième voie prendra la place disponible actuellement sur le tronçon qui longe l'avenue du Belvédère. Ainsi, les insertions Lausanne-sud et Lausanne-nord poseront de sérieux problèmes politiques pour les autorités et les habitants de Lausanne. Nous avons donc imaginé une possibilité d'insertion du côté de Sébeillon.

Insertion Sébeillon

Une insertion à Sébeillon permet de profiter de l'espace qu'offre la zone industrielle. La variante proposée ne donne accès qu'aux trains en direction ou à destination de Berne/Plateau, il est toutefois possible de développer une variante pour accéder aux voies à destinations de Riviera/ Valais qui nécessiterait cependant de déplacer toutes les voies.



Figure 25 Insertion à Sébeillon nord

Insertion Malley-ouest

Une insertion à Malley-ouest entre la gare de Renens et le saut-de-mouton permet de donner et recevoir l'ensemble du trafic de/pour la gare de Lausanne.

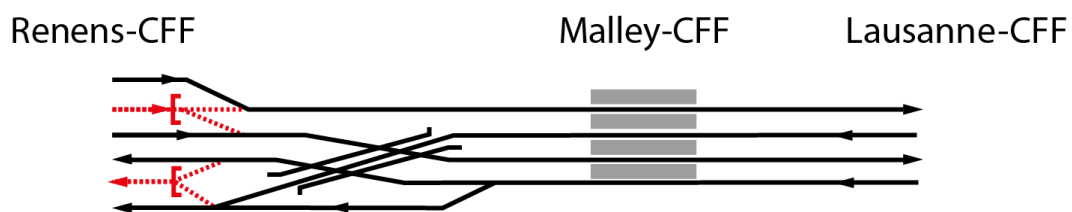


Figure 26 Principe d'insertion à Malley-ouest

Cependant cette insertion implique plusieurs difficultés constructives non négligeables comme nous le verrons lors de l'établissement du tracé (cf. § 5.5.1):

- le franchissement de la Mèbre (non visible sur la figure ci-dessous) qui se trouve juste après la zone où les trémies devront être implantées (figurant par des tracés bleu sur la figure ci-dessous),
- la longueur totale du tracé qui est supérieur au tracé par la ligne historique.



Figure 27 Insertion à Malley-ouest

5.4 Insertion du côté de Morges

5.4.1 Contraintes pour l'accroche côté Morges

Côté Morges, le point de rattachement le plus direct et le plus simple à partir du site des Hautes Ecoles est aux environs de l'actuelle gare de triage de Lonay-Préverenges. La présence des faisceaux de voies et de l'autoroute A1 présente cependant des contraintes importantes. En effet, le fonctionnement de la gare de triage est particulier et une insertion dans son faisceau de voie n'est pas envisageable pour l'exploitation.

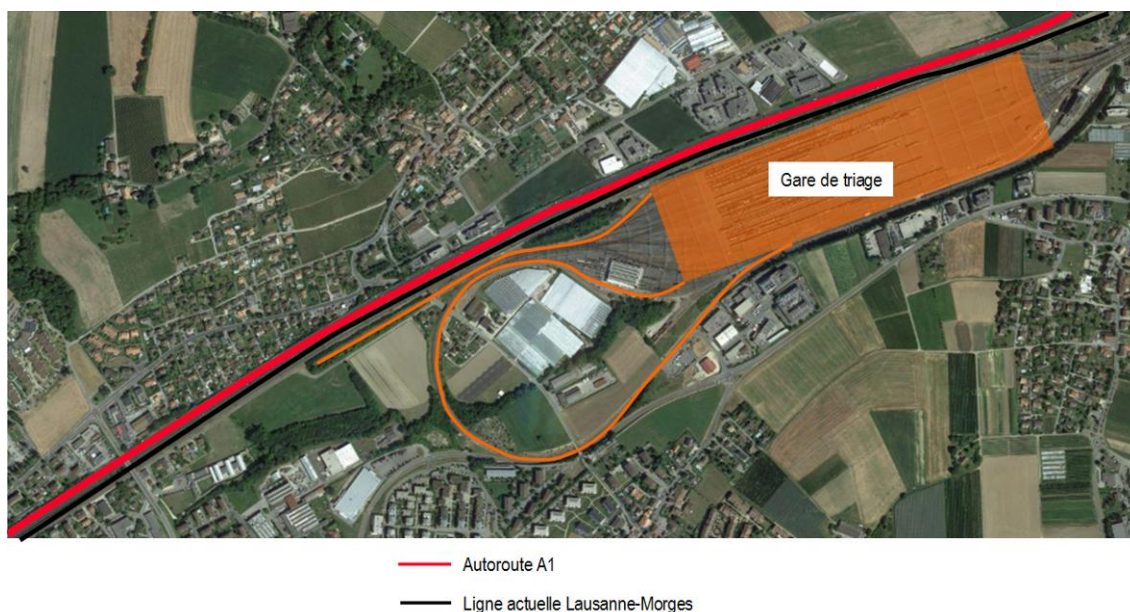


Figure 28 Schéma des contraintes à Lonay-Préverenges

5.4.2 Variantes d'insertion côté Morges

Nous proposons deux variantes d'accroche pour Morges:

- Une première variante située entre la gare de triage et la halte de Morges-st-Jean,
- Une seconde variante située à l'extrémité ouest de la gare de Lausanne-triage.

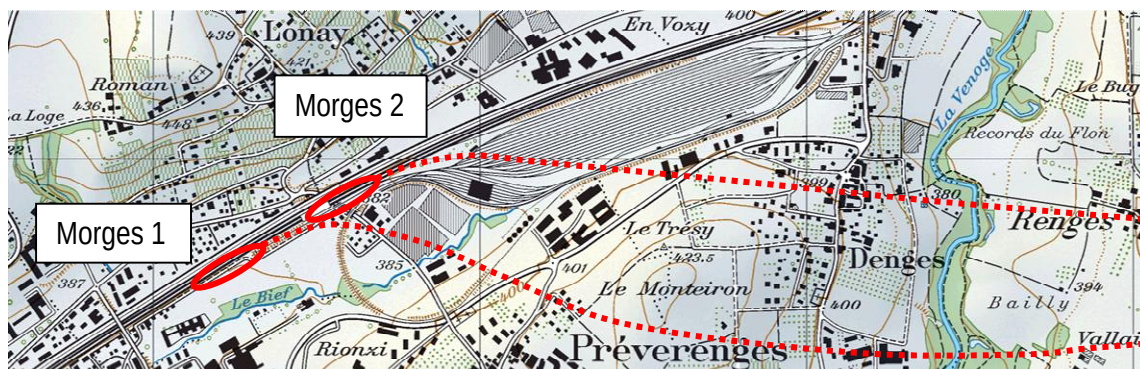


Figure 29 Schéma d'insertion du côté de Morges

Morges variante 1

La première variante comporte une trémie unique et évite d'impacter le faisceau de voies de la gare de triage mais nécessite tout de même de déplacer le quai de la halte de Lonay-Préverenges direction Genève ainsi que le tiroir actuel.

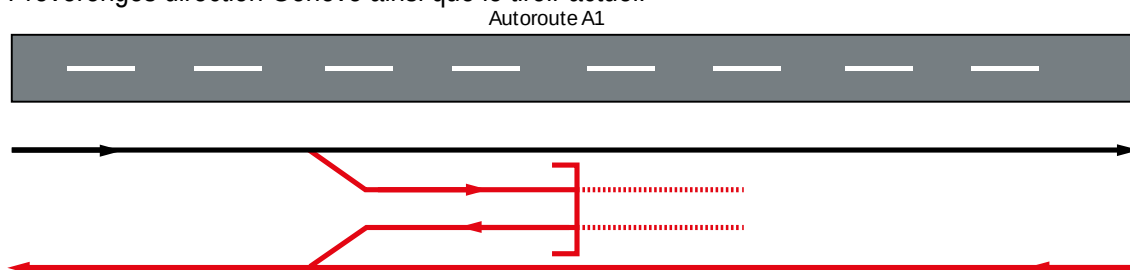


Figure 30 Schéma d'insertion du côté de Morges

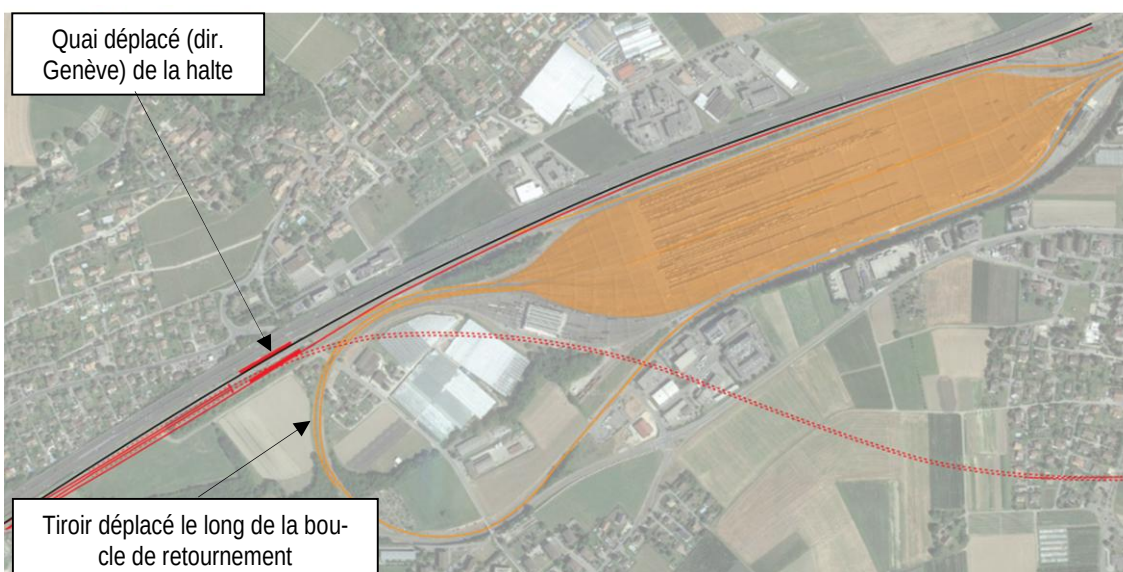


Figure 31 Variante 1 d'insertion côté Morges

Cette variante ne perturbe pas le fonctionnement de la gare de triage. Seul le tiroir est déplacé afin qu'il longe la boucle.

Morges variante 2

Dans cette variante, il est proposé de profiter de la réalisation de la trémie pour y ajouter sur la voie direction EPFL-UNIL une sortie par seconde trémie donnant sur la voie de réception des trains frets provenant de Genève. Cet aménagement permet ainsi d'éviter le cisaillement actuel des trains marchandises venant de Genève à destination de la gare de triage. De cette manière la capacité de la ligne Genève-Lausanne serait augmentée. La variante 2 est donc plus intéressante car, bien que plus compliquée techniquement, elle permet une nette amélioration de l'exploitation actuelle de la ligne.

Notons que là aussi il sera nécessaire de reprendre les quais de la halte de Lonay-Préverenges.

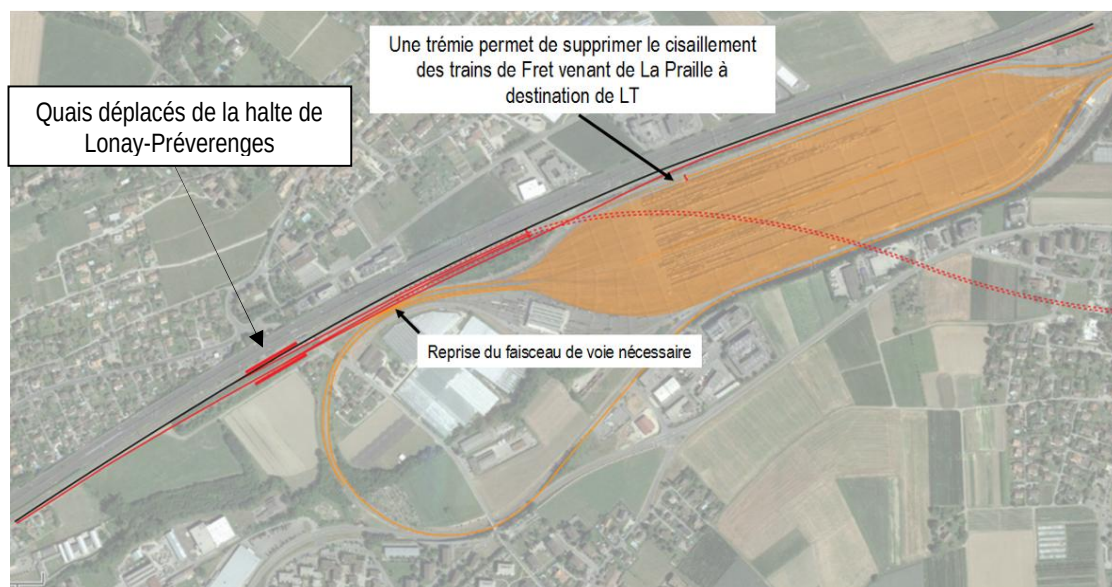


Figure 32 Variante 2 d'insertion côté Morges

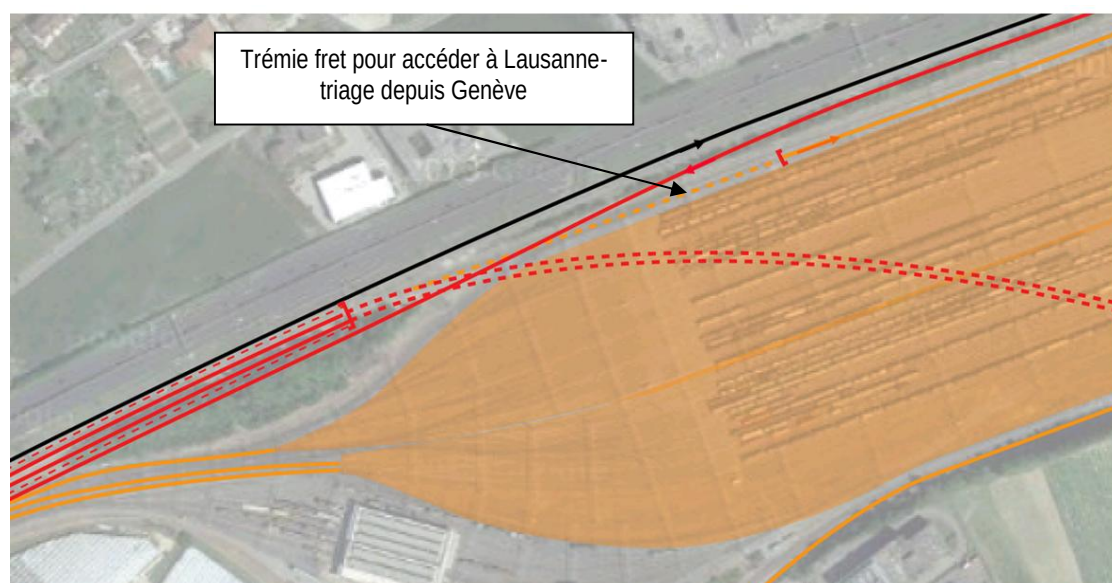


Figure 33 Zoom sur la trémie fret

5.5 Tracés

L'emplacement des gares ainsi que les variantes d'insertion permettent d'esquisser des variantes de tracés. Afin d'illustrer le fait qu'aucune proposition n'est encore définitive, nous avons ajouté des fuseaux qui rendent visibles différentes possibilités de changement au sein d'un même tracé. Les plans de chaque tracé sont disponibles en annexe de ce rapport.

5.5.1 Tracé gare ouest

Si l'on envisage de pouvoir donner et recevoir l'ensemble du trafic de/pour la gare de Lausanne, il est nécessaire de s'insérer côté Lausanne avant le saut-de-mouton, soit au niveau de Malley-ouest (cf. § 5.3.3).

Une telle insertion étant déjà très à l'ouest sur la ligne historique, il n'est alors possible de desservir le site des Hautes-Ecoles que par la création d'une gare située à l'ouest du campus.

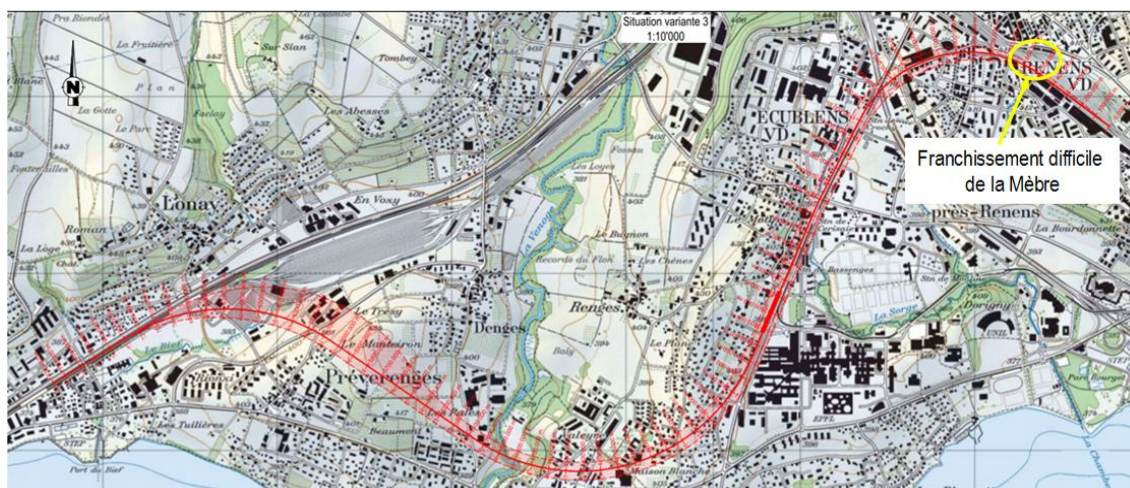


Figure 34 Tracé de la variante ouest

La courte longueur du nouveau tracé en fait la variante la moins chère. Cependant, c'est aussi sa longueur totale qui la pénalise puisque le projet ainsi dessiné est de 7.75 km au lieu des 7.0 km sur la ligne actuelle. Le temps de parcours serait donc plus long que celui qui existe actuellement. Il existe aussi une difficulté technique de taille puisque la trémie d'accès devrait croiser la Mèbre canalisée près de la gare de Renens.

Si ce tracé ne peut être raccordé côté Lausanne qu'au niveau de Malley-ouest, il est par contre possible de le raccorder côté Morges aussi bien à la variante 1 qu'à la variante 2.

Les plans de la variante ouest figurent en annexe dans le dossier de plans.

5.5.2 Tracé gare sud

Le tracé desservant la gare sud évite de franchir autant de cours d'eau que le tracé nord mais les couches géologiques sont moins bonnes et fortement saturée en eau.



Figure 35 Tracé de la variante sud

Ce tracé peut être raccordé côté Lausanne aussi bien à Sébeillon (nord ou sud) qu'à la tête ouest de la gare (nord ou sud) mais pas à Malley pour une question de sinuosité trop marquée.

Côté Morges il est par contre possible de le raccorder aussi bien à la variante 1 qu'à la variante 2.

Les plans de la variante sud figurent en annexe dans le dossier de plans.

5.5.3 Tracé gare nord

Le tracé nord profite de couches géologiques plus stables mais il doit franchir la Mèbre et la Sorge (cf. § 5.7).

Ce tracé peut être raccordé côté Lausanne aussi bien à Sébeillon (nord ou sud) qu'à la tête ouest de la gare de Lausanne (nord ou sud) mais pas à Malley pour une question de sinuosité trop marquée.

Côté Morges il est par contre possible de le raccorder aussi bien à la variante 1 qu'à la variante 2.



Figure 36 Tracé de la variante nord

Les plans de la variante nord figurent en annexe dans le dossier de plans.

5.6 Déclinaison de la variante nord (nord M1)

Globalement, la variante de tracé nord obtient notre préférence. A ce stade, nous proposons une légère modification afin de voir s'il est possible de créer une déclinaison qui offre une solution plus intéressante que l'originale.

La variante nord s'articule autour d'une gare située sur les actuels terrains de foot de Chavannes. La sous-variante nord-M1 consiste à placer la gare EPFL/UNIL sous l'actuelle station de métro M1 – EPFL. Elle profite ainsi du rapprochement des deux modes de transports publics pour créer une excellente interface TC.

Toutefois certains points restent délicats:

- Le franchissement de la Sorge qui coule à proximité.
- La présence de pieux sous les bâtiments de l'EPFL.
- La présence de la voie du métro M1, si des travaux devaient être entrepris en sous-œuvre leurs coûts doubleraient et les risques que des tassements empêchent l'exploitation du métro sont grand.
- La présence d'un passage inférieur au droit de l'avenue du Tir fédéral.

Ces problèmes peuvent être en partie résolus par la construction d'une gare à 20 m de profondeur sous la route actuelle. Reste que des tassements aux alentours du chantier et donc sur les voies du métro sont possibles et que le franchissement en souterrain de la Sorge reste un point sensible (cf. § 5.7.2).

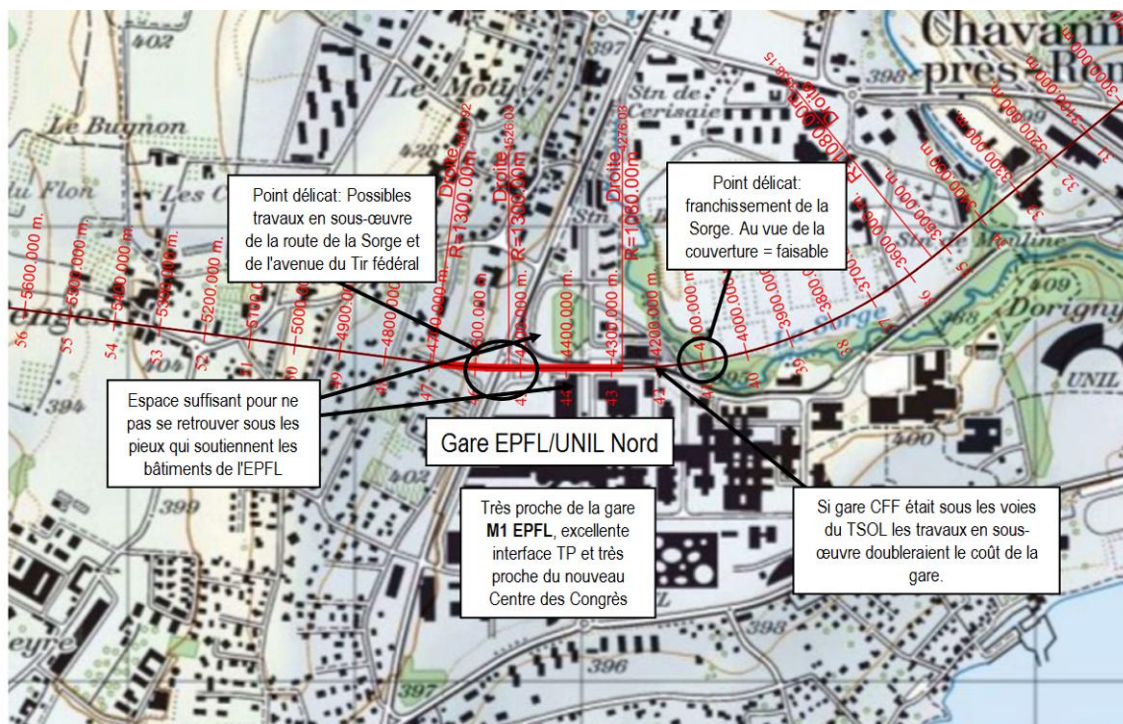


Figure 37 Gare EPFL/UNIL placée sous l'arrêt de métro actuel

Le tracé de la variante Nord-M1 prend donc la forme ci-dessous et bien qu'elle soit plus chère et techniquement plus compliquée à faire elle a le grand avantage de créer une très bonne interface pour les transports publics.

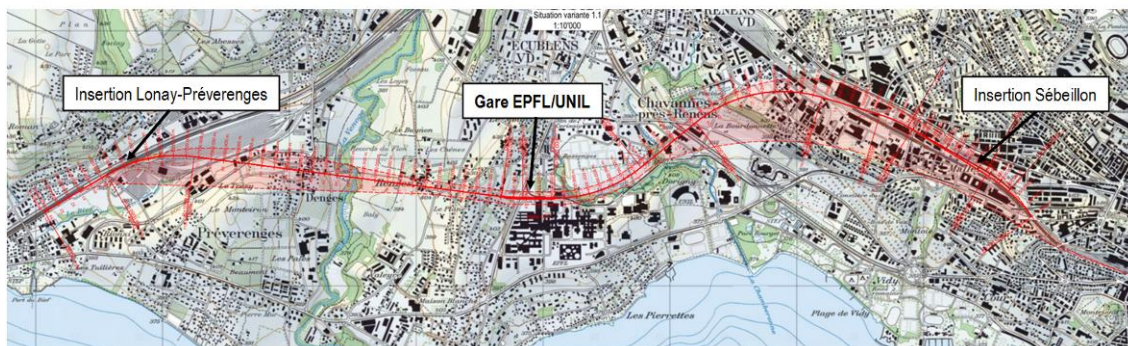


Figure 38 Tracé de la variante nord-M1

Les plans de la variante nord-M1 figurent en annexe dans le dossier de plans.

5.7 Proposition d'insertion environnementale

5.7.1 Franchissement de la Venoge et de la Mèbre

La variante Nord prévoit de franchir La Venoge et la Mèbre au moyen d'un tunnelier, soit sans tranchée. Ces franchissements n'auront donc pas d'impact sur les rivières et les milieux naturels, ni en phase travaux ni en phase d'exploitation.

Lors de la conception des ouvrages on prendra garde à éviter les risques de pollution en phase travaux notamment, et les éventuelles risque de "drainer" les cours d'eau. Le tunnel étant étanche ce dernier point ne devrait pas poser problème.

5.7.2 Franchissement de La Sorge

Constat

Le franchissement de la Sorge ne peut pas se faire au moyen d'un tunnelier. En effet la couverture est trop faible. Ce franchissement nécessite donc la construction de l'ouvrage en tranchée. C'est uniquement lors de la phase de travaux que le risque d'impacts sur la rivière est le plus important car il n'y a pas d'ouvrage en surface dans ce secteur.

La figure suivante présente l'état écomorphologique de la Sorge dans le secteur. On observe que le cours d'eau a une écomorphologie naturelle et on peut également noter la présence de castors sur le site.



Figure 39 : état écomorphologique de la Sorge (Source DGE-Eau)

Dans ce secteur, les berges de la Sorge sont ponctuellement renforcées par des blocs et la rivière a tendance à s'enfoncer. Ce dernier point provoque les seules atteintes à la rivière soit quelques chutes limitant le transit piscicole (truite lacustre) et une tendance à la déconnexion entre le lit mineur et le lit majeur.



Figure 40 : La Sorge vue vers l'aval

Proposition et recommandation hydraulique et environnementale

Au droit de la tranchée, la remise en état doit permettre de recréer un milieu de qualité et diversifié. La création d'un lit majeur fréquemment inondé serait un atout car c'est ce type de milieux qui tend à disparaître avec l'enfoncement de la rivière. On soignera la remise en place des matériaux excavé et les plantations. L'expérience montre que très rapidement après la fin des travaux la nature reprend ses droits.



Figure 41 : La Sorge au nord de la halte du M1 - morphologie à reproduire après les travaux

Des mesures de compensation pourraient être entreprises plus à l'aval notamment pour améliorer le franchissement du passage sous la route cantonale par la faune terrestre.

La gestion des crues en phase chantier devrait faire l'objet d'une attention particulière, sachant que la Sorge a des crues importantes et subites (bassin fortement urbanisés).

6. Estimation sommaire des coûts de réalisation

Le chiffrage à +/-50% des variantes de tracés a été fait par tronçons, comportant chacun plusieurs sections. Les sections sont réparties entre celles à ciel ouvert, en trémie que ce soit mono ou bidirectionnel, ainsi qu'en tunnel, également en mono ou bidirectionnel.

Les coûts sont établis par catégories:

- génie civil,
- génie ferroviaire,
- acquisitions foncières.

Viennent en plus les risques et honoraires qui englobent la prise en compte des aménagements connexes (gares et aménagement des faisceaux de voies), les travaux sous exploitation, la rémunération de la maîtrise d'œuvre et les divers et imprévus qui concernent particulièrement les conditions géologiques qui peuvent modifier les mesures de soutènements et leur coûts.

6.1 Hypothèses de travail

- Le tracé utilise un profil en long optimisé et compatible avec une vitesse d'au maximum 160 km/h;
- la géologie est en partie connue, il s'agit de moraine et d'autres grès aux abords de Sébeillon et Malley et des collines du Trésy et de Monteiron, ou de dépôts glacio-lacustre. Le terrain est parfois difficile et souvent proche des aquifères;
- les réaménagements fonciers et levées d'opposition sont estimés à 3% du coût total des sections à ciel ouvert;
- les aménagements connexes sont estimés à 10% du total;
- les prix sont tirés de l'analyse préliminaire des coûts du projet J. Perrelet et H. Bosshard "Nouvelles lignes de chemin de fer à grande vitesse Roggwil-Altstetten & Olten-Schöftland", menée par Y. Trottet (BG) et E. Loutan sur la base des prix de 2011 pour l'ensemble du génie civil, des équipements et des aménagements connexes;
- les prix comprennent les études et réalisations ainsi que les prestations des bureaux d'ingénieurs, architectes, géomètres et experts en environnement;
- l'acquisition du matériel roulant n'est pas comprise dans ces coûts.

6.2 Estimations des coûts

6.2.1 Tracés nord et nord-M1

Les tracés nord et nord-M1 prévoient deux trémies séparées côtés Lausanne et une seule du côté de Lonay-Préverenges. Il s'agira donc de calculer les coûts à la création de deux tunnels séparés puis d'un tronçon plus important avec un tunnel bidirectionnel.

Pour les différents types d'ouvrages, les coûts de construction ont été répartis entre le génie civil, les équipements et le foncier. Les résultats aboutissent à un coût par mètre linéaire (à double-voies) pour:

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| • tunnel bidirectionnel | 90'000 CHF (avec galerie de secours); |
| • tunnel monodirectionnel | 60'000 CHF |
| • trémie d'accès bidirectionnelle | 114'000 CHF |
| • trémie d'accès monodirectionnelle | 94'000 CHF |
| • tronçons à l'air libre | 27'500 CHF |

Les aiguillages coutent 1'200'000 CHF la pièce.

Il faut ajouter 10% du total pour les aménagements connexes:

- aménagement des gares et des faisceaux de voies;
- aménagements des réseaux existants (routier, eau, électrique, égout,...);
- parois antibruit;
- qualité paysagère et environnementale.

Ceci nous permet donc d'évaluer globalement le coût des variantes Nord et Nord-M1. Le chiffrage détaillé figure aux annexes 2 et 3.

Variante	Longueur	MCHF/km	Coût MCHF (HT) +/- 50%
Tracé nord	8.35 km	134.61	1'124
Tracé nord M1	8.40 km	135.48	1'138

Figure 42 Tableau des coûts

6.2.2 Tracés sud et ouest

Nous avons évalué plus sommairement les coûts des variantes sud et ouest comme suit:

Variante	Longueur	MCHF/km	Coût MCHF (HT) +/- 50%
Tracé ouest	7.75 km	129.03	1'000
Tracé sud	9.60 km	135.42	1'300

Figure 43 Tableau des coûts

6.2.3 Benchmarking

Dans le cadre de la nouvelle ligne de chemin de fer Roggwil-Altstetten et Olten-Schöftland, le coût de la ligne, qui comprend 64% de tronçon en tunnel dans un terrain très stable, aboutit à un total de l'ordre de 70 à 80 millions de CHF/km. A l'instar de notre projet, l'exploitation ferroviaire existante ne serait que très peu perturbée pendant la construction de la ligne précitée.

A titre de comparaison toujours, nous avons mené un benchmarking de différentes lignes ayant été récemment construites ou qui seront à construire en Suisse et dans l'arc alpin.

Ouvrage	Coût MCHF HT	longueur km	MCHF/km
Tunnel à double voie sur le tronçon Gléresse-Douanne	390.0	2.15	181.40
Liaison Lyon-Turin (LTF)	13 129.5	74.20	176.95
Tunnel du Brenner (BBT)	7 854.0	55.60	141.26
Ligne ferroviaire tracé nord m1 EPFL/UNIL	1 138.0	8.40	135.48
Tunnel de base du Gothard Nord (GBT)	12 088.5	90.60	133.43
Tunnel de base du Lötschberg (KBT)	5 065.5	40.20	126.01
Troisième voie Renens-Allaman	1 900.0	16.00	118.75
Roggwil-Altstetten et Olten-Schöftland	6 160.0	70.80	87.01
Tunnel de base du Zimmerberg	800.0	11.30	70.80

Figure 44 Benchmarking de différents projets et constructions en Suisse et dans l'arc alpin

Cette comparaison place, en termes de coûts en CHF/km, la ligne ferroviaire passant par l'EPFL/UNIL proche de la moyenne des projets précités.

7. Autres opportunités liées au projet

La construction d'une nouvelle ligne ferroviaire dans une agglomération en forte croissance créera de nombreuses opportunités en termes de développement urbain. Un projet de cette ampleur aurait des impacts significatifs sur les systèmes de transports dans la région, sur l'urbanisation et la densification mais également sur le statut de tout l'Ouest lausannois.

7.1 Impacts sur les systèmes de transports

7.1.1 Développement du RER-Vaud

Une nouvelle ligne de 7 km offre, en plus de la construction de la gare des Hautes Ecoles, la possibilité de créer des gares supplémentaires, l'une à l'est dans le périmètre de la Bourdonnette et l'autre à l'ouest, dans le périmètre de Lonay/Préverenges. Ces gares permettraient d'étoffer l'offre régionale actuelle.

7.1.2 Développement de la ligne CFF Genève - Lausanne

La suppression du cisaillement à l'entrée de la gare de triage de Denges permet d'augmenter la capacité de la ligne Genève – Lausanne sur ce tronçon.

Par ailleurs, le dédoublement de la ligne Morges-Lausanne augmente sa capacité globale et permet de diminuer la vulnérabilité du système face à des problèmes techniques. Toutefois, il est possible que le dédoublement de la ligne actuelle complique l'exploitation du nœud ferroviaire lausannois et complique la lisibilité de l'horaire avec des trains allant dans la même direction mais ne passant pas par les mêmes gares.

7.1.3 Possibilités de création de nouvelles intermodalités avec le M1

Actuellement, le métro M1 fait le trajet du Flon jusqu'à la gare de Renens. Le futur tram Renens - Lausanne le fera dès 2018 également mais par un trajet plus court. Une liaison ferroviaire entre une nouvelle gare aux Hautes Ecoles et celles à Lonay/Préverenges et à la Bourdonnette bouleverserait tout le système de transport public lausannois et créerait de nouvelles interfaces multimodales, où se croiserait trains grandes lignes, trains RER, métro léger ainsi que réseau de bus.

7.1.4 Système ferroviaire suisse à long terme (2050)

La liaison via les Hautes Ecoles pourrait s'inscrire dans un projet de liaison à (plus) haute vitesse entre Genève et Lausanne (cf. publication de CITRAP 2014), ceci surtout en combinaison avec une gare souterraine à Lausanne et une éventuelle ligne directe vers Romont/Moudon et Fribourg-Berne via un tunnel sous le Jorat (cf. projet développé par Olivier Français).

7.2 Urbanisation

L'Ouest lausannois est lieu privilégié du développement de l'agglomération Lausanne-Morges et deviendra central dans les années à venir. Le centre des congrès ouvert en 2014 ajoute au statut international de ce district qui pourrait être encore plus renforcé par une nouvelle infrastructure ferroviaire le desservant directement (variante nord-M1 ou ouest).

Sans la construction de cette nouvelle ligne passant par l'Ouest lausannois, une forte amélioration du système actuel sera de toute façon indispensable avec création d'un saut qualitatif qui passerait par des aménagements lourds sur la ligne de métro actuel M1. Descendre sous la ca-

dence des 5 minutes à l'heure de pointe, tel qu'actuellement, ne pourrait être fait qu'au prix du doublement de certains tronçons et péjorerait fortement la capacité des carrefours de la Bourdonnette et du Tir-fédéral. Une autre mesure serait d'augmenter la capacité des rames de métro mais cela ne serait possible qu'en allongeant les quais de chaque station de métro et en commandant de nouvelles rames plus longues. Les coûts de ces mesures devraient être pris en compte en tant qu'économies gagnées par la nouvelle ligne ferroviaire.

Une desserte ferroviaire directe des Hautes Ecoles avec deux autres gares sur cette ligne permettrait de répondre aux demandes de mobilité en forte croissance suite aux multiples projets de construction réalisés depuis 2000 et planifiés pour la période 2015-2025. Le potentiel autour d'une gare à Préverenges/Denges/Lonay ne serait certes pas de la même dimension mais cette gare pourrait desservir un bassin de 8'000 habitants.

8. Conclusion et recommandation

Une nouvelle installation ferroviaire n'a de sens que si elle est construite dans un but précis de satisfaction d'une demande qui engorge les réseaux de transports existants. Comme nous l'avons vu, le site des Hautes Ecoles se trouve au centre d'un pôle lémanique en pleine expansion économique et démographique où le besoin en nouvelles infrastructure se fait déjà pressant actuellement. Les moyens de transport publics arrivent à leurs capacités maximales en termes d'amélioration structurelle.

La qualité de l'accessibilité est et sera le point sensible du développement pour ne pas dire la faiblesse de l'EPFL et de l'UNIL. Si ce pôle d'innovation qu'est devenu le site des Hautes Ecoles veut pouvoir rester compétitif dans le milieu très fermé des centres de recherches et de formations, il faudra impérativement développer les infrastructures en conséquence. Ainsi, à moyen terme, les projets prévus ou en étude dans le périmètre du M1 vont avoir un effet considérable sur la fréquentation de cette ligne et si aucune amélioration n'est apportée, vont diminuer l'attractivité de l'accès des Hautes Ecoles en transports publics par leur saturation.

Face à ce constat, nous proposons de développer un projet innovant et audacieux consistant à relier le site des Hautes Ecoles au réseau ferroviaire suisse par une nouvelle ligne ferroviaire entre Morges et Lausanne, permettant d'assurer une desserte d'envergure régionale et nationale, tout en augmentant sensiblement la capacité de l'axe historique Genève – Lausanne.

Au terme de cette première étude de faisabilité, nous constatons donc que cet audacieux projet de ligne ferroviaire est non seulement possible techniquement et économiquement mais peut également apporter les réponses aux nombreux problèmes d'exploitations et de capacités auxquels le nœud ferroviaire lausannois devra faire face dans un futur relativement proche.

De nombreuses parties prenantes sont concernées par ce projet et le dialogue sera essentiel. Un plan de communication ainsi qu'un plan de financement devront être rapidement développés afin de compléter cette étude technique.

Nous recommandons donc à court terme de:

- développer un dialogue avec les parties prenante en tenant compte des diverses planifications des grands projets de l'Ouest Lausannois, notamment à Chavannes-Sud et à la Bourdonnette,
- développer un plan de financement,
- développer un plan de communication,

ceci afin de permettre aux acteurs locaux concernés de s'approprier ce projet afin de le défendre au sein des différents cercles de décisions.

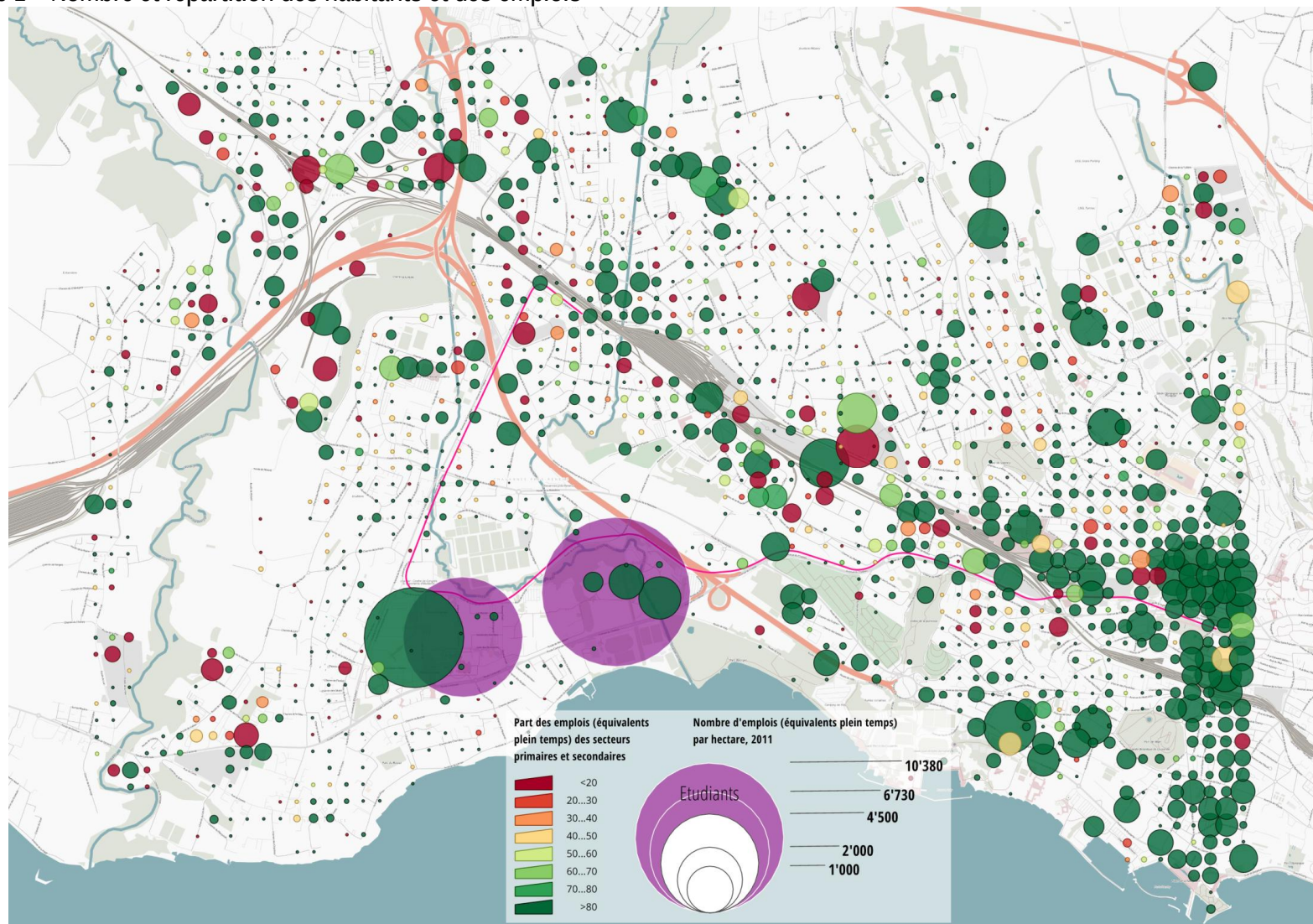


Figure 45 Nombre et répartition des emplois en 2011 sur le site des Hautes Ecoles

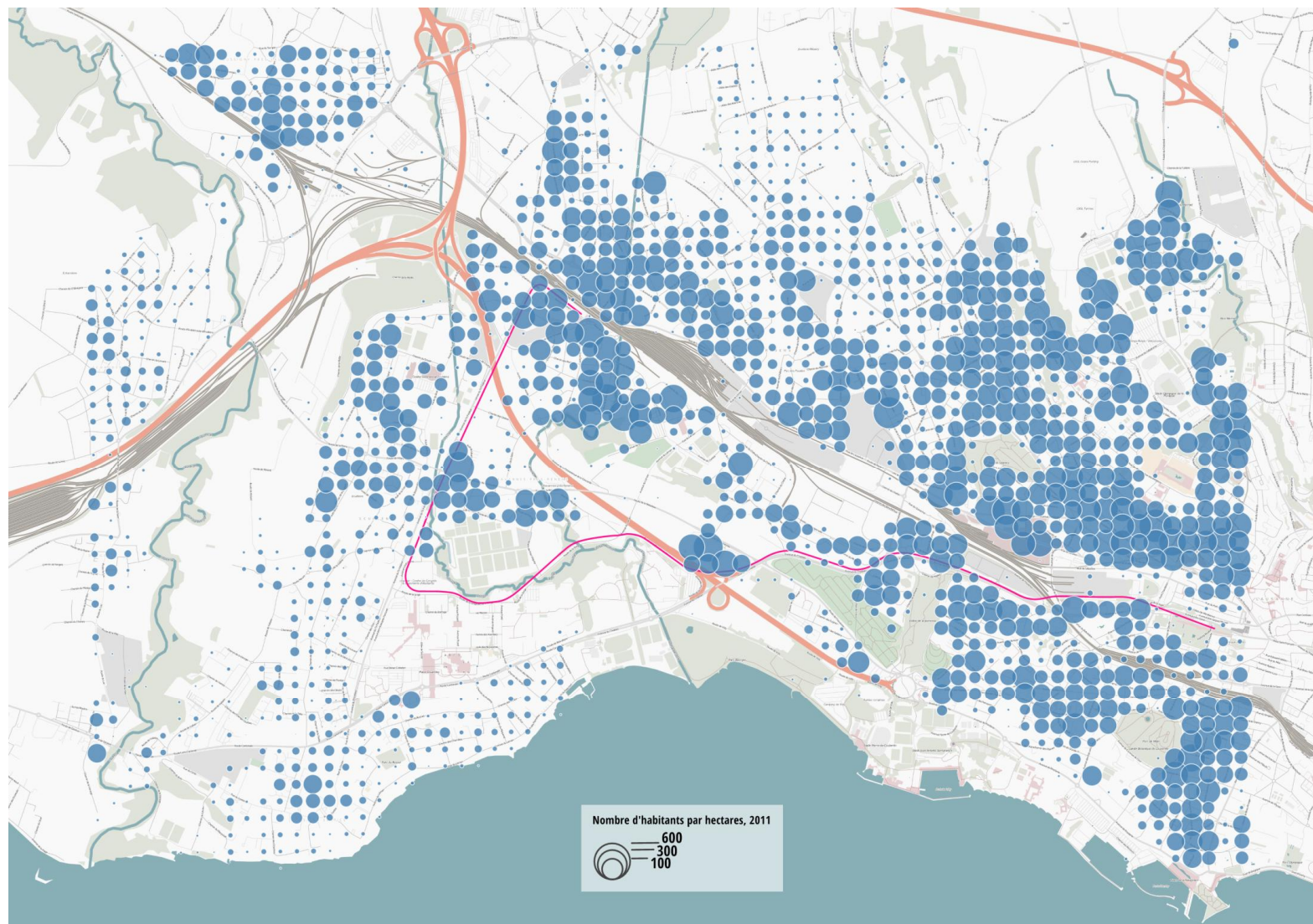


Figure 46 Nombre et répartition des habitants en 2011 sur le site des Hautes Ecoles

EPFL - Nouvelle liaison ferroviaire Lausanne - Morges Annexe 2 - Evolution de la demande

3

DEMANDE					
	2001/03				2001/03
Groupe	TC	TIM	autres	total	tx prés
EPFL-étudiants	58%	21%	21%	100%	85%
EPFL-doctorants	50%	27%	23%	100%	70%
EPFL-personnel	28%	65%	7%	100%	80%
EPFL-total	51%	32%	17%	100%	82%
UNIL-étudiants	67%	23%	10%	100%	83%
UNIL-doctorants	50%	32%	18%	100%	65%
UNIL-personnel	28%	63%	9%	100%	80%
UNIL total	62%	27%	11%	100%	81%
Quartier de l'innovation	20%	70%	10%	100%	80%
Swiss Tech CC	50%	50%	0%	100%	80%
Parc-Chavannes	40%	50%	10%	100%	80%
Visteurs ext du site (sans bit)	45%	50%	5%	100%	100%
Visteurs ext BCU	55%	25%	20%	100%	100%
Visteurs ext ROLEX	35%	50%	15%	100%	100%
Visteurs ext STCC	50%	50%	0%	100%	100%
total	47%	23%	11%	100%	82%
Groupe	TC	TIM	autres	total	présents
EPFL-étudiants	2 266	820	820	4 596	3 907
EPFL-doctorants	272	147	125	778	545
EPFL-personnel	381	884	95	1 700	1 360
EPFL-total	2 919	1 851	1 041	7 074	5 811
UNIL-étudiants	5 466	1 877	816	9 830	8 159
UNIL-doctorants	501	321	180	1 542	1 002
UNIL-personnel	146	328	47	650	520
UNIL total	6 113	2 525	1 043	12 022	9 681
Quartier de l'innovation	6	22	3	40	32
Swiss Tech CC	0	0	-	1	1
Parc-Chavannes	16	20	4	50	40
Visteurs ext du site (sans bit)	63	70	7	140	140
Visteurs ext BCU	165	75	60	300	300
Visteurs ext ROLEX	63	90	27	180	180
Visteurs ext STCC	1	1	-	1	1
Total utilisateurs des sites	9 346	4 655	2 185	19 808	16 186

	2011				2011
Groupe	TC	TIM	autres	total	tx prés
EPFL-étudiants	63%	15%	22%	100%	85%
EPFL-doctorants	57%	23%	20%	100%	70%
EPFL-personnel	30%	60%	10%	100%	80%
EPFL-total	56%	23%	21%	100%	81%
UNIL-étudiants	75%	16%	9%	100%	83%
UNIL-doctorants	59%	27%	14%	100%	65%
UNIL-personnel	35%	57%	8%	100%	80%
UNIL total	70%	21%	9%	100%	80%
Quartier de l'innovation	20%	70%	10%	100%	80%
Swiss Tech CC	50%	50%	0%	100%	80%
Parc-Chavannes	55%	40%	5%	100%	80%
Visteurs ext du site (sans bit)	50%	45%	5%	100%	100%
Visteurs ext BCU	60%	18%	22%	100%	100%
Visteurs ext ROLEX	50%	38%	12%	100%	100%
Visteurs ext STCC	50%	50%	0%	100%	100%
total	61%	25%	14%	100%	81%
Groupe	TC	TIM	autres	total	présents
EPFL-étudiants	3 601	857	1 258	6 725	5 716
EPFL-doctorants	782	315	274	1 959	1 371
EPFL-personnel	556	1 112	185	2 316	1 853
EPFL-total	4 939	2 285	1 717	11 000	8 940
UNIL-étudiants	6 464	1 379	776	10 384	8 619
UNIL-doctorants	715	327	170	1 865	1 212
UNIL-personnel	252	410	58	900	720
UNIL total	7 431	2 117	1 003	13 149	10 551
Quartier de l'innovation	160	560	80	1 000	800
Swiss Tech CC	0	0	-	1	1
Parc-Chavannes	22	16	2	50	40
Visteurs ext du site (sans bit)	100	90	10	200	200
Visteurs ext BCU	150	45	55	250	250
Visteurs ext ROLEX	150	114	36	300	300
Visteurs ext STCC	1	-	-	1	1
Total utilisateurs des sites	12 953	5 227	2 903	25 951	21 083

	2020			
Groupe	TC	TIM	autres	total
EPFL-étudiants	65%	11%	24%	100%
EPFL-doctorants	62%	20%	18%	100%
EPFL-personnel	34%	53%	13%	100%
EPFL-total	58%	21%	21%	100%
UNIL-étudiants	76%	13%	11%	100%
UNIL-doctorants	66%	20%	14%	100%
UNIL-personnel	39%	52%	9%	100%
UNIL total	72%	16%	11%	100%
Quartier de l'innovation	25%	65%	10%	100%
Swiss Tech CC	55%	35%	10%	100%
Parc-Chavannes	55%	40%	5%	100%
Visteurs ext du site (sans bit)	55%	40%	5%	100%
Visteurs ext BCU	64%	17%	19%	100%
Visteurs ext ROLEX	55%	34%	11%	100%
Visteurs ext STCC	58%	38%	4%	100%
total	64%	21%	15%	100%
Groupe	TC	TIM	autres	total
EPFL-étudiants	4 445	752	1 641	8 240
EPFL-doctorants	953	307	277	2 260
EPFL-personnel	724	1 129	277	2 730
EPFL-total	6 122	2 188	2 195	13 230
UNIL-étudiants	7 728	1 322	1 119	12 401
UNIL-doctorants	943	286	200	2 233
UNIL-personnel	335	446	77	1 100
UNIL total	9 006	2 054	1 396	15 734
Quartier de l'innovation	273	710	109	1 400
Swiss Tech CC	21	14	4	50
Parc-Chavannes	21	16	2	50
Visteurs ext du site (sans bit)	149	108	14	270
Visteurs ext BCU	141	37	42	220
Visteurs ext ROLEX	220	136	44	400
Visteurs ext STCC	290	190	20	500
Total utilisateurs des sites	16 244	5 453	3 825	31 854

Utilisateurs hors site (gare des Hautes Ecoles)
Utilisateurs hors site (gare de la Bourdonnette)
Total des utilisateurs

	TC	CFF+TL total
TL	55%	45%
	7 124	5 829
	12 953	

HP	35%	2 040
----	-----	-------

	TC	CFF+TL total
TL	55%	45%
	8 934	7 310
	16 244	

HP	33%	2 412
----	-----	-------

Figure 47 Evolution de la demande sur le Campus EPFL/UNIL.

EPFL - Nouvelle liaison ferroviaire Lausanne - Morges

4

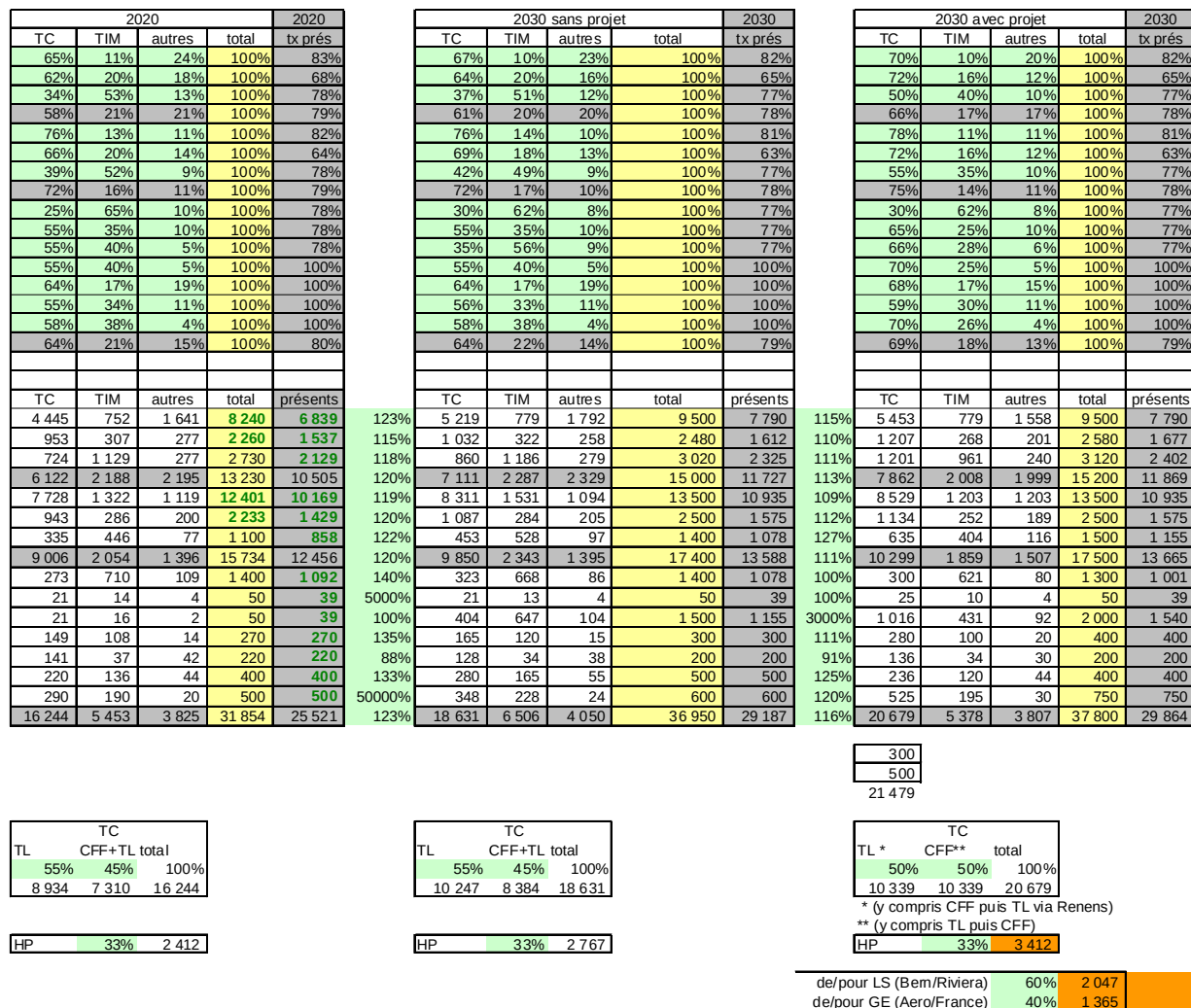


Figure 48 Projection sur l'évolution de la demande sur le Campus EPFL/UNIL.

Annexe 3 – Chiffrage de la variante nord

Tronçon Sébeillon - Hautes Ecoles			coûts			
N°	Type	Quantité	GC	GF	terrain	total
1	Section à ciel ouvert Nord	50	900 000.00	300 000.00	187 500.00	1 387 500.00
2	Section à ciel ouvert Sud	50	900 000.00	300 000.00	187 500.00	1 387 500.00
3	Trémie monodirectionnelle Nord	350	28 000 000.00	3 500 000.00	1 312 500.00	32 812 500.00
4	Trémie monodirectionnelle Sud	450	36 000 000.00	4 500 000.00	1 687 500.00	42 187 500.00
5	Tronçon en tunnel monodirectionnel Nord	545	27 250 000.00	5 450 000.00	-	32 700 000.00
6	Tronçon en tunnel monodirectionnel Sud	600	30 000 000.00	6 000 000.00	-	36 000 000.00
7	Tronçon en tunnel bidirectionnel	2250	180 000 000.00	22 500 000.00	-	202 500 000.00
8	Aiguillage	2	400 000.00	2 000 000.00	-	2 400 000.00
TOTAL						

Halte des Hautes Ecoles			coûts			
N°	Type	Quantité	GC	GF	terrain	Coûts
1	Dalle + structure porteuse	1	6 000 000.00	-	-	6 000 000.00
2	construction de quais	420	2 500.00	-	-	1 050 000.00
3	Accès - ascenseur	2	250 000.00	-	-	500 000.00
4	Accès - escalier	4	73 800.00	-	-	295 200.00
5	Accès - rampes passages supérieurs	2	400 000.00	-	-	800 000.00
6	Mobilier + divers	1	-	200 000.00	-	200 000.00
7	mur de soutènement/paroi clouée	16000	1 500.00	-	-	24 000 000.00
8	Déblai (excavation, transport et mise en décharge)	120000	80.00	-	-	9 600 000.00
9	Aiguillage	4	-	1 200 000.00	-	4 800 000.00
10	voie	800	-	5 000.00	-	4 000 000.00
TOTAL						

Tronçon Hautes Ecoles - Lonay-Préverenges			coûts			
N°	Type	Quantité	GC	GF	terrain	total
1	Section à ciel ouvert Morges Nord	50	900 000.00	300 000.00	187 500.00	1 387 500.00
2	Trémie fret Morges	350	28 000 000.00	3 500 000.00	1 312 500.00	32 812 500.00
3	Trémie bidirectionnelle Morges	354	35 400 000.00	3 540 000.00	1 327 500.00	40 267 500.00
4	Tronçon en tunnel bidirectionnel	4150	332 000 000.00	41 500 000.00	-	373 500 000.00
5	Aiguillage	2	400 000.00	2 000 000.00	-	2 400 000.00
TOTAL						

Risques et honoraires			Coûts			
N°	Type	Quantité				Coûts
1	Aménagements connexes	5%				42 529 385.00
2	Provision pour travaux sous exploitation	20%				832 500.00
3	Sommes à valoir (non mètre)	5%				42 529 385.00
4	Rémunération globale de la maîtrise d'oeuvre	10%				85 058 770.00
5	Rémunération du mandataire de maîtrise d'ouvrage	2%				17 011 754.00
6	Divers et imprévus	10%				85 058 770.00
TOTAL						

	valeur -50%	562 000 000.00
Coût total du projet arrondi	valeur de calcul	1 124 000 000.00
	valeur +50%	1 686 000 000.00

Coût du projet en CHF/km	valeur de calcul	134 610 000.00
--------------------------	------------------	----------------

Annexe 3 – Chiffrage de la variante nord-M1

Tronçon Sébeillon - Hautes Ecoles				coûts			
N°	Type	Quantité	Unité	GC	GF	terrain	total
1	Section à ciel ouvert Nord	50	m	900 000.00	300 000.00	187 500.00	1 387 500.00
2	Section à ciel ouvert Sud	50	m	900 000.00	300 000.00	187 500.00	1 387 500.00
3	Trémie monodirectionnelle Nord	350	m	28 000 000.00	3 500 000.00	1 312 500.00	32 812 500.00
4	Trémie monodirectionnelle Sud	450	m	36 000 000.00	4 500 000.00	1 687 500.00	42 187 500.00
5	Tronçon en tunnel monodirectionnel Nord	545	m	27 250 000.00	5 450 000.00	-	32 700 000.00
6	Tronçon en tunnel monodirectionnel Sud	600	m	30 000 000.00	6 000 000.00	-	36 000 000.00
7	Tronçon en tunnel bidirectionnel	3200	m	256 000 000.00	32 000 000.00	-	288 000 000.00
8	Aiguillage	2	pce	400 000.00	2 000 000.00	-	2 400 000.00
TOTAL							431 700 000.00

Halte des Hautes Ecoles							
N°	Type	Quantité	Unité	GC	GF	terrain	Coûts
1	Dalle + structure porteuse	1	pce	6 000 000.00	-	-	6 000 000.00
2	construction de quais	420	m'	2 500.00	-	-	1 050 000.00
3	Accès - ascenseur	2	pce	250 000.00	-	-	500 000.00
4	Accès - escalier	4	pce	73 800.00	-	-	295 200.00
5	Accès - rampes passages supérieurs	2	pce	400 000.00	-	-	800 000.00
6	Mobilier + divers	1	pce	-	200 000.00	-	200 000.00
7	mur de soutènement/paroi clouée	16000	m2	1 500.00	-	-	24 000 000.00
8	Déblai (excavation, transport et mise en décharge)	120000	m3	80.00	-	-	9 600 000.00
9	Aiguillage	4	pce	-	1 200 000.00	-	4 800 000.00
10	voie	800	m	-	5 000.00	-	4 000 000.00
TOTAL							51 245 200.00

Tronçon Hautes Ecoles - Lonay-Préverenges				coûts			
N°	Type	Quantité	Unité	GC	GF	terrain	total
1	Section à ciel ouvert Morges Nord	50	m	900 000.00	300 000.00	187 500.00	1 387 500.00
2	Trémie fret Morges	400	m	32 000 000.00	4 000 000.00	1 500 000.00	37 500 000.00
3	Trémie bidirectionnelle Morges	400	m	40 000 000.00	4 000 000.00	1 500 000.00	45 500 000.00
4	Tronçon en tunnel bidirectionnel	3200	m	256 000 000.00	32 000 000.00	-	288 000 000.00
5	Aiguillage	2	pce	400 000.00	2 000 000.00	-	2 400 000.00
TOTAL							372 387 500.00

Risques et honoraires							
N°	Type	Quantité	Unité				Coûts
1	Aménagements connexes	5%	%				42 766 635.00
2	Provision pour travaux sous exploitation	20%	%				832 500.00
3	Travaux en sous-œuvres	15%	%				7 686 780.00
4	Sommes à valoir (non métré)	5%	%				42 766 635.00
5	Rémunération globale de la maîtrise d'oeuvre	10%	%				85 533 270.00
6	Rémunération du mandataire de maîtrise d'ouvrage	2%	%				17 106 654.00
7	Divers et imprévus	10%	%				85 533 270.00
TOTAL							282 225 744.00

	valeur -50%	569 000 000.00
Coût total du projet arrondi	valeur de calcul	1 138 000 000.00
	valeur +50%	1 707 000 000.00

Coût du projet en CHF/km	valeur de calcul	135 480 000.00
--------------------------	------------------	----------------