

TPF – Gare de Palézieux, étape 3

Rapport technique

Phase 21. Etude préliminaire

Impressum

N° d'affaire	INF 190046
Mandant	Transports Publics Fribourgeois TPF
Date	06 mars 2020
Version	2.0
Versions précédentes	Version 1.0, 12 décembre 2019
Suivi des modifications	Version 2.0 : Ajout de la variante 3.2
Auteur(s)	Olga Gras (E+B), Thibaut Jordan (E+B)
Approbation	Thibaut Jordan (E+B)
Distribution	Gianfranco Quaranta (TPF)
Fichier	\\ebgvfiler025\data_ebbe\$\Fachbereiche\F_NLFR\INF_190046_TPF_Gare de Palézieux\4_PLAN\41_VORST\Ing\01_Rapport technique\20200306_TPF_Gare de Palézieux_Rapport Technique.docx
Nombre de pages	34
Copyright	© Emch+Berger SA Berne, Succursale de Fribourg

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Donnée initiale	1
1.2	Situation et tracé actuel	1
1.3	Objectifs	2
1.4	Périmètre d'étude	2
1.5	Documents à disposition	3
1.6	Normes et bases	3
1.7	Contraintes et hypothèses	4
1.7.1	Contraintes	4
1.7.2	Hypothèses	4
2	Etude de variantes de tracé ferroviaire	5
2.1	Démarche	5
2.2	Tracé géométrique	5
2.2.1	Tracé géométrique de la zone gare	5
2.2.2	Tracé géométrique variante 1	5
2.2.3	Tracé géométrique variante 2	6
2.2.4	Tracé géométrique variante 3.1	9
2.2.5	Tracé géométrique variante 3.2	9
2.3	Temps de parcours	9
3	Analyse des variantes	10
3.1	Description des variantes	10
3.1.1	Aménagement de la zone de la gare	10
3.1.2	Variante 1.1 – Tranchée ouverte	10
3.1.3	Variante 1.2 – Tranchée couverte	12
3.1.4	Variante 2 – Tranchée couverte	13
3.1.5	Variante 3.2 – Tranchée couverte	14
3.1.6	Projet ferroviaire et évacuation des eaux	15
3.1.7	Projet routier	15
3.2	Ouvrage d'art	16
3.2.1	Variante 1.1 – Tranchée ouverte	16
3.2.2	Variante 1.2 – Tranchée ouverte	17
3.2.3	Variante 2 – Tranchée couverte	17
3.2.4	Variante 3.2 – Tranchée couverte	17
3.3	Régime de construction	18
3.4	Impact sur l'existant	18
3.4.1	Surfaces agricoles	18
3.4.2	Forêt et cours d'eau	19
3.4.3	Chemins et routes secondaires	19
3.5	Gestion des matériaux	19
3.6	Aspects environnementaux	20
3.6.1	Nature et paysage	20
3.6.2	Forêt	21
3.6.3	Eaux souterraines, eaux superficielles et évacuation des eaux	21
3.6.4	Sites pollués, déchets et sols	22
3.6.5	Air, RNI, bruit et vibrations	22

3.6.6	Dangers naturels	22
3.6.7	Patrimoine et archéologie	23
3.6.8	IVS et mobilité douce.....	23
3.6.9	Résumé des aspects environnementaux « limitants ».....	23
3.7	Bilan des surfaces restituées et prises	23
4	Estimation des coûts.....	25
4.1	Généralités.....	25
4.2	Délimitation.....	25
4.3	Coûts de base	26
4.3.1	Démolition du tracé existant.....	26
4.3.2	Construction du nouveau tracé	26
4.4	Suppléments pour risques	26
5	Récapitulatif des variantes.....	27
6	Conclusion et suite des opérations.....	28
Annexe A	Tableaux de synthèse des coûts.....	1
Annexe B	Représentation du temps de parcours des variantes	2

1 Introduction

1.1 Donnée initiale

Une convention de projet a été signée entre le Canton de Vaud, la Commune d'Oron, CFF Infrastructure, CFF Immobilier et TPF INFRA pour le déplacement, le développement et la mise en conformité LHand de la gare de Palézieux. Toutes les parties se sont engagées à se coordonner, sous la direction du Canton, et à réaliser les études préliminaires nécessaires au déplacement de la gare (que ça soit la partie voie normale-partie CFF et la partie voie métrique-partie TPF).

Le présent rapport traite de la partie TPF de la gare de Palézieux et a pour but d'étudier le raccord de la voie existante Palézieux – Châtel-St-Denis à la future gare de Palézieux. Deux variantes de tracé ont été étudiées ayant en commun le réaménagement du secteur de la gare de Palézieux. Les variantes proposées ont pour but d'améliorer la dynamique du tracé existant en permettant une vitesse d'exploitation plus élevée.

Le tracé existant sera démoli et la surface redonnée à l'agriculture, ainsi que réutilisée partiellement pour déplacer la route Palézieux-gare existante et comme chemin d'accès à certaines parcelles.

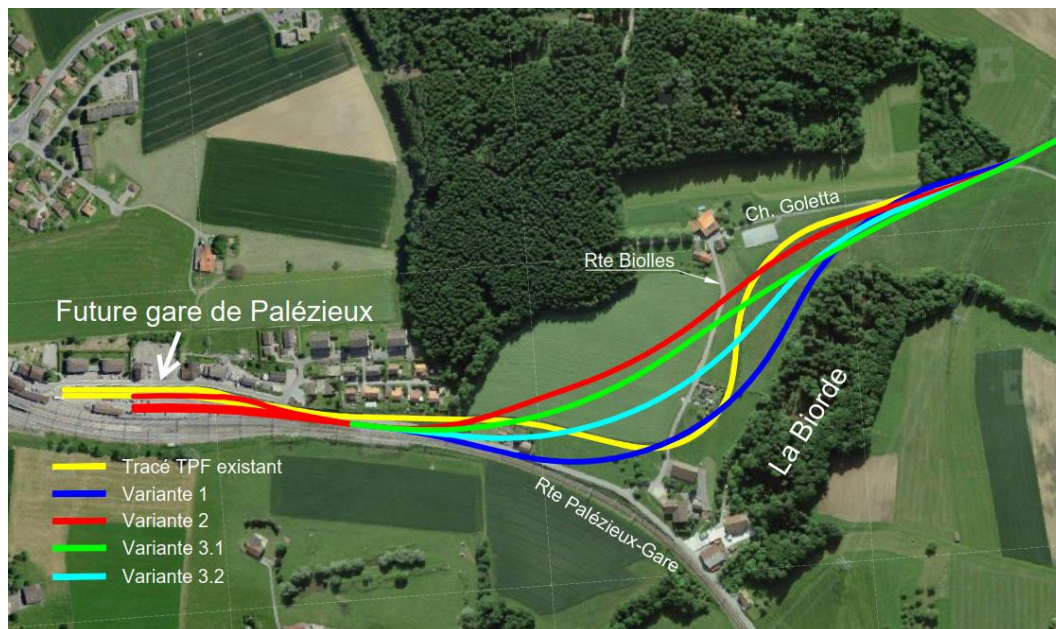


Figure 1: situation – variantes de tracé ferroviaire

1.2 Situation et tracé actuel

Le tracé actuel de la ligne 117 Bulle – Palézieux compris entre les km 0.000 et 2.015 est très ancien et présente une géométrie sinueuse. Cette sinuosité implique un entretien conséquent et ne permet pas une vitesse importante.

La gare TPF existante, en cours de mise en conformité lors de la réalisation de cette étude, comporte un unique quai central et deux voies. Il s'agit d'une gare terminus avec heurtoirs. Elle est séparée de la gare CFF par un parking routier et une gare routière TPF. La route de Palézieux-gare longe la voie existante et coupe le tracé ferroviaire existant à la sortie de la gare où un PN est présent.

Entre les km 0.000 et 2.015, quatre PN sont présents (incluant celui de la gare).

Hormis la gare existante mise aux normes en 2019, le tracé actuel est constitué dans l'essentiel d'une simple superstructure posée sur le terrain existant. Selon les normes actuelles, dans les prochains renouvellements, la création d'une infrastructure correcte et le renouvellement de l'entier de la superstructure sera indispensable. La mise en œuvre du projet de nouveau tracé éviterait des investissements lourds sur le tracé actuel. Ces investissements sont estimés grossièrement à environ CHF 12 mio. HT. Ce montant comprend uniquement les coûts bruts (CBr) sans considération des honoraires (V) et des frais secondaires (W).

1.3 Objectifs

Les objectifs principaux de l'étude sont énumérés ci-après :

1. Gare de voyageurs pour trains à voie métrique :
 - Assurer un délai de correspondance de max. 3 minutes pour que les voyageurs puissent atteindre les correspondances entre tous les trains de la voie normale et ceux de la voie métrique.
 - Prévoir deux voies à quai pour réceptionner des trains d'une longueur de 120 mètres, avec quais P35.
2. Voie de service :
 - Prévoir une voie de service pour garage d'une longueur utile minimum de 80 mètres, enraillement et déraillement des différentes machines et convois des services des travaux avec zone de manœuvre pour camions et machines routières et ferroviaires.
3. Géomatique / Tracé ferroviaire :
 - Voies à quai et voie de service : AV de distribution entre les 2 voies à quai au minimum de type 500.
 - Voie de sortie à prévoir en palier sur au moins 200 mètres après l'AV de sortie de gare. Ensuite, récupération de l'altitude avec une pente max de 40 ‰. Si la distance de 200m ne peut pas être respectée, pente min de 25‰ en début et ensuite progressive (max. 40‰). Une distance minimale de 100m est à garantir dans tous les cas.
 - Profil OCF B pour la voie métrique avec utilisation de bogies transporteurs (standard TPF INFRA).
 - Gain de vitesse à $v \geq 80$ km/h entre Bossonnens et Palézieux-Gare.
 - Optimum entre investissement (coûts de construction et d'entretien du tracé) et utilité (gain en temps, moins d'usure du matériel roulant, meilleur confort des usagers).
 - Minimisation de l'impact sur le paysage du nouveau tracé.
 - Diminution des coûts d'entretien de l'infrastructure et du matériel roulant.
4. Réaménagement routier :
 - Adaptation des routes existantes par rapport au nouveau tracé ferroviaire.
 - Maintien de l'accès routier à la gare de Palézieux, ainsi qu'à toutes les parcelles privées.
 - Suppression du nombre maximal des passages à niveau. Le PN de la gare, km 0.332, doit absolument être supprimé et un ouvrage de franchissement être prévu pour garantir les flux routiers et ferroviaires.
5. Divers :
 - LC : Ligne de contact 900 V DC selon standards TPF INFRA, compatible pour une utilisation ultérieure à 1500 V DC.
 - Bâtiments de service : Création d'un bâtiment de service d'une surface utile d'environ 110 m² pour répartir les installations de sécurité et, dans les développements futurs, d'une sous-station pour l'alimentation en courant de traction.

1.4 Périmètre d'étude

Le périmètre du mandat s'étend de la gare TPF existante au km 0.00 jusqu'au km 2.010,5 de la ligne Palézieux – Châtel-St-Denis. Le kilométrage du périmètre d'étude s'appuie sur l'axe de la voie ferrée existante.

La définition du nouveau tracé au-delà du km 2.010,5 en direction de Bossonnens ne fait pas partie de l'étude préliminaire. De légères adaptations géométriques y sont tout de même prévues.

La position du futur passage inférieur de la gare ainsi que ces rampes/escaliers a été déterminée par les CFF et sont repris dans la présente étude.

Le développement de la future place de la gare ne fait pas partie de la présente étude. Le projet est mené par la DGMR. Le projet TPF s'adaptera au développement de la place de la gare dans les prochaines phases d'étude.

Les calculs géométriques des variantes de tracé ferroviaire en plan et en élévation sont réalisés par NPPR Ingénieurs et Géomètres SA. La géométrie de la gare et des quais est également issue du calcul du bureau NPPR.

1.5 Documents à disposition

Les documents suivants servent de base au présent rapport :

- [1] Etude géotechnique Gare TPF de Palézieux, ABA-GEOL SA, juillet 2017.
- [2] Nouveau tracé, Plan de Situation, variantes 1, 2, 3.1 et 3.2 Pièce 1.1-VF, NPPR Ingénieurs et Géomètres SA, 30.11.2019.
- [3] Nouveau tracé, Profil en long, variante 1, Pièce 1.2-VF, NPPR Ingénieurs et Géomètres SA, 30.11.2019.
- [4] Nouveau tracé, Profil en long, variante 2, Pièce 1.3-VF, NPPR Ingénieurs et Géomètres SA, 30.11.2019.
- [5] Nouveau tracé, Profil en long, variante 3.1, Pièce 1.4-VF, NPPR Ingénieurs et Géomètres SA, 10.01.2020.
- [6] Nouveau tracé, Profil en long, variante 3.2, Pièce 1.5-VF, NPPR Ingénieurs et Géomètres SA, 10.01.2020.
- [7] Liste dynamique Ligne n°117, PAL-BENS, variante 1 et 2, NPPR Ingénieurs et Géomètres SA, 30.11.2019.
- [8] Temps de parcours des variantes, TPF, 18.02.2020.
- [9] Gare de Palézieux – Plan de projet de voie – Situation des lignes TPF, CFF Infrastructure Projets Ouest, du 18.06.2019.

1.6 Normes et bases

- [10] Dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fers DE-OCF, Office Fédéral des Transports OFT, 01.07.2016.
- [11] Coûts de l'infrastructure ferroviaire, Guide du calcul des coûts de projets d'aménagement, Office Fédéral des Transports OFT, Mai 2015.
- [12] Norme SN 506 512 eCCC-GC, 2010.
- [13] Normes RTE
- [14] SIA 260 (2013). Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses.
- [15] SIA 261 (2003). Actions sur les structures porteuses.
- [16] SIA 261/1 (2003). Actions sur les structures porteuses – Spécifications complémentaires.
- [17] SIA 262 (2013). Construction en béton.
- [18] SIA 262/1 (2013). Construction en béton – Spécifications complémentaires.
- [19] SIA 267 (2013). Géotechnique.
- [20] SIA 267/1 (2013). Géotechnique – Spécification complémentaires.
- [21] SIA 318 (2013). Aménagements extérieurs.
- [22] VSS 40 100a. Tracé. Eléments géométriques du tracé en plan.
- [23] VSS 40 105b. Tracé. Surlargeur en courbe.
- [24] VSS 40 110. Tracé. Eléments du profil en long.
- [25] VSS 40 200a. Profil géométrique type. Principes généraux, définitions et éléments.
- [26] VSS 40 201. Profil géométrique type. Dimensions de base et gabarit des usagers de la route
- [27] VSS 40 212. Conception de l'espace routier. Eléments d'aménagement.
- [28] VSS 40 246a. Traversées à l'usage des piétons et des deux roues légères.
- [29] VSS 40 251. Eléments de carrefours.
- [30] VSS 40 262. Carrefours à niveau non-giratoires.
- [31] VSS 40 273a. Conditions de visibilité dans les carrefours à niveau.
- [32] VSS 40 291a. Stationnement. Disposition et géométrie des installations de stationnement.
- [33] SN 640 340. Evacuation des eaux de chaussée. Bases.
- [34] VSS 40 353. Evacuation des eaux de chaussée. Bases pour la détermination du débit.
- [35] VSS 40 357. Evacuation des eaux de chaussée. Mesures de sécurité.

[36] VSS 40 361. Evacuation des eaux de chaussée. Installations de traitement.

[37] VSS 71 253. Rail – Route. Distances et mesure de protection.

1.7 Contraintes et hypothèses

1.7.1 Contraintes

- **Profil d'espace libre PEL de la nouvelle voie :**
Profil OCF B pour la voie métrique avec utilisation de bogies transporteurs.
- **Raccords sur l'existant :**
Le nouveau tracé ferroviaire doit se raccrocher le plus vite possible à l'existant. Cependant, l'infrastructure sera de toute façon reprise jusqu'au km 2.015 (km de l'axe existant).
- **Pente maximale longitudinale :**
La pente maximale admissible pour la reprise du tracé s'élève à 40‰.
- **Cours d'eau :**
La rivière de la Biorde longe le projet. L'espace réservé aux eaux est de 18 m à partir du lit de la Biorde. Les détails sont mentionnés dans le chapitre 3.6 de la présente étude.
- **Routes et chemins existants :**
Les routes et chemins suivants doivent être dans la mesure du possible maintenus en service pendant la construction du nouveau tracé ou des alternatives de déviation être trouvées : rue de la Gare, route de Palézieux-Gare, route de Biolles, chemin de la Goletta. Ces routes et chemins existants doivent être maintenus ou adaptés à l'état final.
- **Bâtiments existants :**
Les variantes de tracés considèrent le bâti comme contrainte. Un maximum de distance sera dans la mesure du possible maintenu jusqu'aux bâtiments existants.
- **Zones protégées :**
Les tracés proposés ne traversent aucune zone protégée d'importance (forêt, eau, etc.) connue à ce jour. Dans le canton de Fribourg, la distance minimale entre les nouvelles constructions et la forêt est de 20 m. Les détails sont mentionnés dans le chapitre 3.6 de la présente étude.
- **Patrimoine, zone archéologique :**
Aucun objet inventorié ISOS, aucun immeuble recensé ou protégé ni aucun périmètre archéologique ne se situent le long des variantes de tracé.
- **Air :**
Des mesures de réduction des émissions en phase de construction seront à prévoir pour le nouveau tracé. Détails au chapitre 3.6.
- **Bruit et vibrations :**
Ce domaine est éventuellement pertinent. Il y a des bâtiments d'habitation à proximité. Les valeurs limites déterminantes seront à respecter pour la construction du nouveau tracé et des mesures être adaptées. Détails au chapitre 3.6.
- **Passage de la faune :**
Un corridor à faune d'importance locale est présent près du ruisseau de la Biorde. Le nouveau tracé ne doit pas être plus désavantageux que le tracé existant. Détails au chapitre 3.6.

1.7.2 Hypothèses

- **Géologie, hydrogéologie et géotechnique :**
Pour l'actuelle phase d'étude, nous nous sommes basés sur l'étude géotechnique [1] réalisée par ABA-Geol, en 2017, pour le projet de la gare TPF (réalisation en 2019). Les sondages effectués ont cependant été réalisés dans la zone de la gare (valable environ pour km 0.00 à 0.350 env.) et ne couvre donc pas l'entier du périmètre de l'étude.
En zone gare, dans les 2 premiers mètres de profondeur, le terrain est formé par des remblais argileux altérés et sensibles aux tassements. Ceci présente des risques pour les fondations superficielles des ouvrages sans mesures particulières. Jusqu'au 3 m de profondeur on retrouve de la moraine altérée de peu à moyennement compacte et au-delà des 3 m de la moraine très

compacte. Il est admis que le niveau maximal de la nappe phréatique varie entre 1.80 m et 4.00 m de profondeur.

Ces hypothèses ont été extrapolées à l'ensemble du tracé dans le cadre de cette étude préliminaire. Des investigations le long du tracé devront être menées pour la prochaine phase d'étude, afin d'optimiser le bilan de masses entre remblai-déblai, ainsi que confirmer les types de blindage des fouilles, les types de fondations des ouvrages et la stabilité des talus.

- **Tracé existant :**

Il est admis que 60cm au-dessous de la couche portante sont contaminés et doivent être remplacés en vue d'une remise à l'agriculture. Des investigations devront être menées pour la prochaine phase d'étude pour déterminer la pollution des matériaux.

2 Etude de variantes de tracé ferroviaire

2.1 Démarche

Afin de trouver un tracé optimal, quatre variantes de tracé ont été étudiées. Elles divergent principalement par leur géométrie en plan et en élévation. Le développement des variantes se base premièrement sur la géométrie des voies en gare liée principalement à la position du passage inférieur et des quais. De cette géométrie « fixe », identique selon les variantes, se développent les quatre variantes de tracés pour rejoindre le tracé existant peu avant le km 2.010,5 (km de l'axe existant). Ceci tout en répondant aux contraintes et objectifs fixés dans le chapitre précédent.

La démarche dans le développement des variantes de tracé s'est vue itérative. Nous sommes partis avec l'étude de faisabilité de la variante présentée dans le cahier de charges (variante 1) pour laquelle nous présentons deux sous-variantes « ouvrages ». En vue de la complexité constructive et surtout de son impact dans le paysage, nous avons étudié une deuxième variante (variante 2) de tracé plus rectiligne et plus optimale en termes de géométrie horizontale. Deux variantes complémentaires (variantes 3.1 et 3.2) ont complété l'étude pour optimiser le profil en long de l'ouvrage et répondre au mieux aux contraintes d'exploitation des TPF en sortie de gare. Les variantes sont détaillées dans les chapitres suivants.

2.2 Tracé géométrique

2.2.1 Tracé géométrique de la zone gare

Le tracé géométrique en zone gare est similaire pour l'ensemble des variantes. Trois voies sont prévues en zone gare. Les deux premières desservent les quais TPF n°1 et n°2 et sont légèrement en courbe ($R=1200m$) dans la zone des quais. La troisième voie est une voie de garage et comporte une partie de voie embétonnées (80m), souhaitée pour l'enraillement et déraillement de véhicules.

Les deux premières voies sont raccordées par un aiguillage (B2) de type BS IV - 500 M - 0 - 1:14 - Bé,D, permettant une vitesse de 80km/h jusqu'au terminus pour la voie directe. La voie de garage se raccorde ensuite au moyen d'un deuxième aiguillage (B1) de type BS IV - 250 M - 0 - 1:12 - Bé,D. La pointe de cet aiguillage est considérée comme point fixe pour les deux variantes de tracés étudiées et décrites ci-dessous.

La première voie (quai TPF n°1) est la voie de référence du nouveau kilométrage des deux variantes. Les deux quais ont une longueur de 130 m. Des heurtoirs sont prévus à la fin des voies en gare.

2.2.2 Tracé géométrique variante 1

Le nouveau tracé de la variante 1, en bleu selon [2], diverge en plan et en profil en long du tracé existant.

La longueur totale de l'axe projeté jusqu'au km 2.010,5 du tracé existant est de 1'825m (incluant la zone gare) Ce nouveau tracé améliore ainsi la sinuosité du tracé existant et permet d'atteindre la vitesse minimale souhaité de 80 km/h sur toute sa longueur.

Dans la zone de la nouvelle gare, le tracé suit une déclivité de 0 ‰ jusqu'au km 0.450. Au km 0.450, il commence à remonter avec une déclivité de 40 ‰. En arrivant au droit de la route de Biolles, au

km 0.650, le tracé est environ 7.50m plus bas que le niveau du terrain où se trouve actuellement le PN existant, au km 0.800 de la voie actuelle. Le tracé continue encore avec une déclivité de 40 ‰ en passant par une dépression de max. 8m sur environ 200m. Le tracé se raccorde à l'existant environ au km 1.400 du tracé existant et récupère à ce km la déclivité de 25 ‰ du tracé existant.

Le rayon minimum possible pour 80 km/h en respectant la réglementation est de $R = 277\text{m}$. Une courbe /contre courbe est réalisée avec des rayons de 277m depuis le km 0.450 du nouvel axe (km 0.600 du tracé existant) pour se raccorder à l'existant au km 1.200 (km 1.400 du tracé existant). Tous les rayons sont pourvus de clothoïdes, dans lesquels les adaptations de dévers se situent.

La pente longitudinale maximale du tracé est de 40 ‰ acceptable selon la pente admissible fixée par les TPF.

Le nombre d'ouvrages nécessaires pour ce tracé sont décrits dans le chapitre 3, sous-forme de deux sous-variantes (variante 1.1 et variante 1.2) en fonction des possibilités.

2.2.3 Tracé géométrique variante 2

Le tracé projeté dans la variante 2, en rouge selon [2], diverge aussi en plan et en profil en long du tracé existant et améliore encore plus la sinuosité de l'existant ainsi que celui de la variante 1. La longueur totale jusqu'au km 2.010,5 du tracé existant est de 1'756 m. Ce tracé horizontal très direct permet théoriquement d'atteindre une vitesse de 100 km/h sur la totalité du tracé dès la sortie de la zone gare.

Du km 0.000 au km 0.270, dans la zone de la nouvelle gare, le tracé suit une déclivité de 0 ‰. Au km 0.270, il commence à remonter avec une déclivité de 40 ‰. En arrivant au droit de la route de Biolles, au km 0.750, le tracé est environ 4.00m plus bas que le niveau du terrain. Une déviation de la route est nécessaire afin de permettre le croisement à différent niveau au km 0.700. Le PN situé au km 1.200 du tracé existant entre le chemin de la Goletta et la voie TPF actuelle est supprimé et le chemin de la Goletta est dévié sur le côté Est de la ligne TPF sur le tracé de la voie actuelle. Depuis le km 0.800, le tracé franchit une longueur de 350m en remblai et récupère la déclivité de 25 ‰ du tracé existant pour s'y raccorder gentiment au km 1.200 (km ~1.450 du tracé existant).

Le rayon horizontal minimum possible pour 100 km/h en respectant la réglementation est de $R = 432\text{m}$. Tous les rayons sont pourvus de clothoïdes, dans lesquels les adaptations de dévers se situent.

Le nombre d'ouvrages nécessaires pour ce tracé sont décrits dans le chapitre 2.2.4.

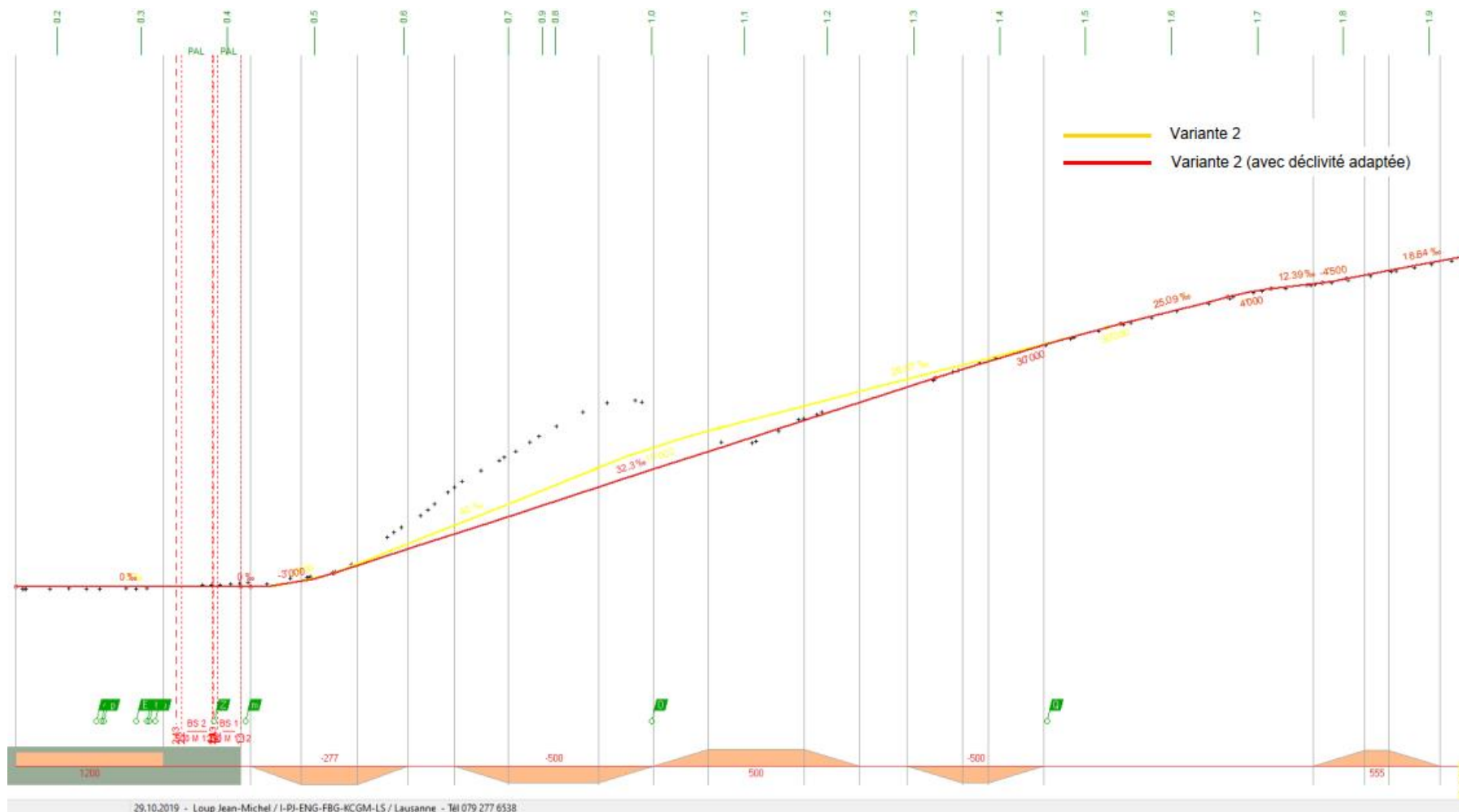
La pente longitudinale maximale du tracé est de 40 ‰, acceptable selon la pente maximale fixée par les TPF. Le choix d'une déclivité à 40 ‰ a été motivé par le souhait de limiter au maximum les terrassements. Il a également été décidé dans ce sens de ne pas respecter la distance de 200m à plat en sortie de gare. Avec ces choix, des nivellements de surface seront cependant nécessaires sur la tranchée couverte (voir chapitre 2.2.4).

Les décisions prises ont montré que le profil en long vertical n'était pas optimal d'un point de vue exploitation. La pente de 40 ‰ étant située trop proche de la sortie de la gare, les trains n'ont pas assez de vitesse pour aborder cette montée, respectivement, la descente nécessite un freinage trop anticipé.

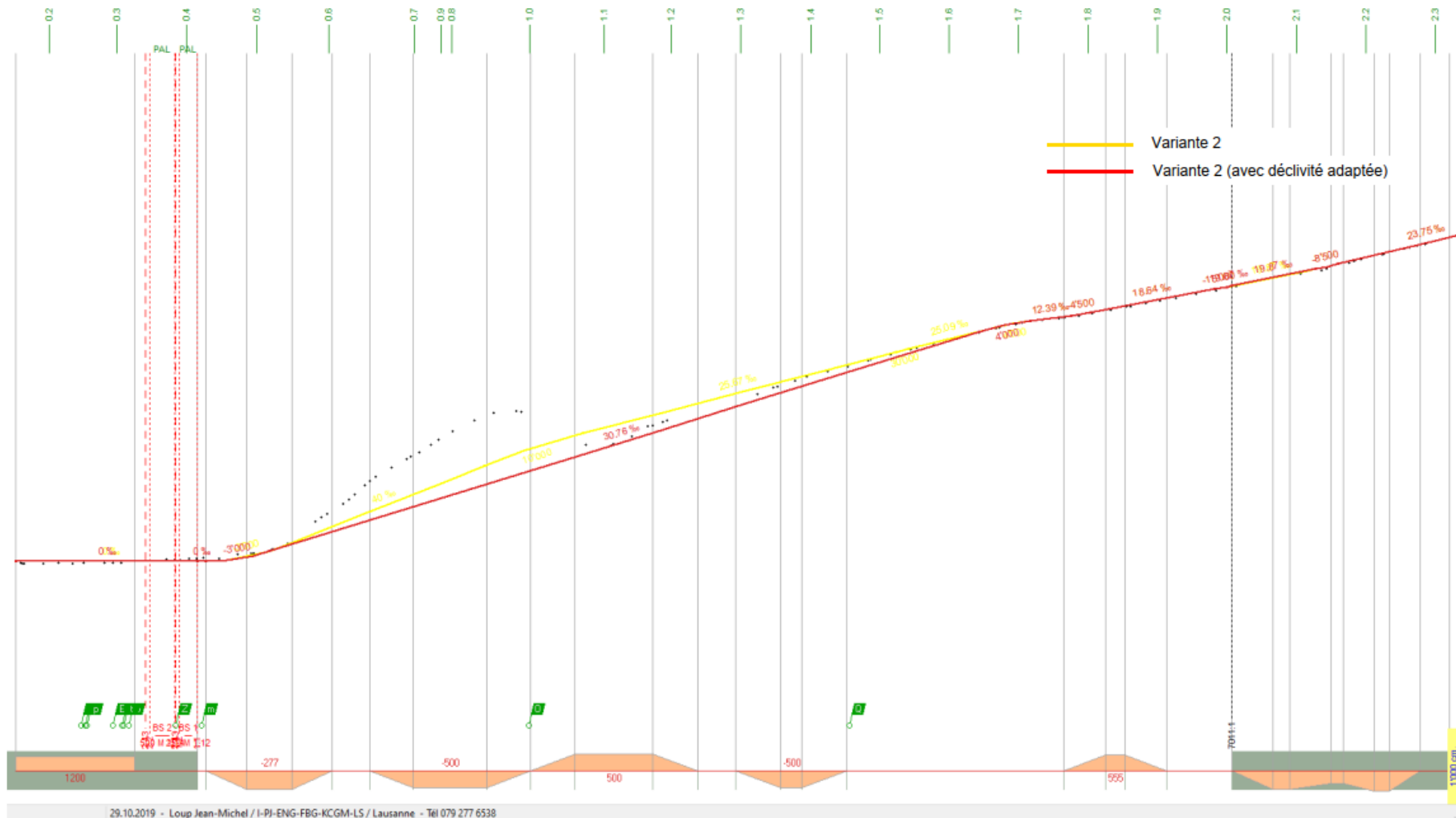
Une alternative à la variante serait de diminuer la pente longitudinale à la sortie de la zone de la gare et de garder le même tracé horizontal. Ces options sont présentées ci-dessous. Elles auraient bien évidemment de l'influence sur la longueur des ouvrages et sur le terrassement (plus important), mais ne règle pas la problématique d'exploitation évoquée ci-dessus.

Des variantes complémentaires (variantes 3.1 et 3.2) ont été proposées pour répondre à la problématique d'exploitation tout en optimisant le tracé horizontal de la variante 1.

OPTION 1 - $i = 32,3 \text{ ‰}$ → Depuis le km 0.333 au km 1.278.



OPTION 2 - $i = 30,76 \text{ ‰}$ → Depuis km 0.333 au km 1.436 (suppression de la pente de 25,09 ‰ de l'option précédente).



2.2.4 Tracé géométrique variante 3.1

La variante 3.1 et la variante 3.2 (décrite ci-après) font partie du résultat des tests de tracé afin de réduire la déclivité à l'arrivée et à la sortie de la future gare de Palézieux pour des questions de freinage et d'accélération et ainsi maintenir, au moins, une déclivité de 0 ‰ pendant les premiers 400 m (100m après l'AV de sortie de gare), du km 0.000 jusqu'à environ le km 0.400.

Le tracé en plan de la variante 3.1, en vert selon [2] est légèrement décalé du tracé de la variante 2, mais avec un rayon vertical qui commence environ au km 0.400 avec une déclivité de 20 ‰ jusqu'au km 0.854. Ensuite, le tracé remonte avec une déclivité de 40 ‰ jusqu'au km 1.500 pour rejoindre le niveau du tracé existant.

Entre le km 0.400 et le km 0.854 la différence de niveau entre le TN et le PDR est très importante, à raison de la réduction de la déclivité. La profondeur d'excavation arrive jusqu'à environ 15.0m au km 0.700, ce qui implique une tranchée couverte très profonde et des travaux de blindage de fouille assez conséquents. Ensuite, à l'autre côté de la route de Biolles, entre le km 0.854 et le km 1.500, la profondeur du tracé par rapport au TN est de 6.00m. Cette profondeur n'est pas proportionnée pour envisager une tranchée couverte et elle n'est pas très favorable pour réaliser une tranchée ouverte avec un talus d'excavation de 2V/3H (très grande emprise – voir similitude avec variante 1.1).

Cette variante de tracé a été écartée et n'a donc pas été étudiée en détail d'un point de vue ouvrages et génie civil. Ceci car elle est premièrement très similaire en plan à la variante 2 et qu'elle nécessite des ouvrages très imposants (tranchée couverte + zone talus importante). La variante 3.2 est proposée.

2.2.5 Tracé géométrique variante 3.2

Le tracé projeté dans la variante 3.2, en bleu ciel selon [2] est décalée en plan en direction de la variante 1 en sortie de gare afin d'être situé plus en aval de la colline et ainsi réduire la profondeur d'excavation dans le tronçon compris entre le km 0.400 et le km 0.794. De plus, la déclivité est augmentée à 25 ‰. La différence de niveau entre le TN et le PDR la plus défavorable se trouve au km 0.700 avec environ 11.00m de profondeur d'excavation.

A partir du km 0.794 le tracé commence à remonter avec une déclivité de 40 ‰ jusqu'à rejoindre le niveau du TN au km 1.348. Le terrassement nécessaire dans ce tronçon, après la route de Biolles, représente une profondeur max de 3.00m, beaucoup plus favorable que la variante 3.1.

La variante implique le rachat et la démolition des bâtiments privés qui se trouvent dans les parcelles n°602 et n°234.

Nous avons retenu cette variante plutôt que la 3.1 pour développer l'étude des ouvrages nécessaires ainsi que les coûts qui y sont liés.

2.3 Temps de parcours

Un gain de temps de parcours est constaté pour toutes les variantes d'entre 0,90 min et 0,80 min par rapport au tracé existant. Ci-dessous le tableau récapitulatif.

Variantes	PAL→BENS	BENS→PAL
Tracé existant	3,7 min	3,7 min
Variante 1	2,8 min	2,8 min
Variante 2	2,8 min	2,8 min
Variante 3.1	2,9 min	3,0 min
Variante 3.2	2,9 min	2,9 min

Figure 2: temps de parcours des variantes de tracé

Les graphiques détaillés de temps de parcours pour chaque variante de tracé étudiée sont représentés dans l'annexe B.

3 Analyse des variantes

Les variantes de tracé présentée au chapitre 2 sont décrites et analysées dans le présent chapitre.

3.1 Description des variantes

Pour la variante 1 de tracé, il a été étudié deux sous-variantes « ouvrages », la variante 1.1 et la variante 1.2, afin de démontrer la faisabilité de chacune.

Comme cité dans le chapitre 2.1, les variantes 2 et 3.2 sont parties d'une évolution des réflexions menées dans le cadre de l'étude des variantes 1.1 et 1.2.

L'aménagement de la zone de la gare est traité dans un chapitre séparé, car il est indépendant des variantes.

3.1.1 Aménagement de la zone de la gare

Comme cité dans le chapitre 2.2.1, il est prévu la construction de trois voies dans la zone gare, les deux premières voies avec des heurtoirs à la fin desservent les quais TPF n°1 et n°2 de 130 m de longueur. Les quais ont une hauteur P35. La troisième voie sert de voie de garage avec une partie embétonnée (80m) pour permettre l'enraillement et déraillement de véhicules.

L'accès piéton aux quais TPF est prévu de se faire sur le côté Nord au quai TPF n°2, depuis la rue de la Gare. Ce point devra cependant faire l'objet d'une étude plus générale avec les différents acteurs du projet dans les prochaines phases de projet. Le passage inférieur CFF permet également l'accès aux deux quais et raccorde le futur parking P+R au Sud de la gare planifié par les CFF. Le sens de la rampe et des escaliers est inversé sur le quai TPF n°2, afin de faciliter l'accès au PMR sur le côté Nord.

La zone d'enraillement est accessible aux véhicules routiers par des accès de part et d'autre le long de la rue de la Gare. Une zone végétalisée de séparation est prévue entre la voie de garage et la rue de la Gare.

La rue de la Gare sera complètement réaménagée jusqu'au carrefour « Marouette » (carrefour entre la rue de la Gare, la route de Palézieux-Gare et le chemin de Marouette).

Les travaux principaux prévus sont les suivants :

- Le renouvellement du revêtement bitumineux de la rue de la Gare.
- La création de places de parking proche des quais.
- Suppression du PN et réaménagement du carrefour « Marouette ».
- La démolition du mur existant aux parcelles n°552 et n°349 et construction d'un nouveau mur M1 d'environ 40m de longueur.
- Création d'une nouvelle route sur l'ancien tracé TPF dès le carrefour « Marouette ».

3.1.2 Variante 1.1 – Tranchée ouverte

Dès la sortie de la zone de la gare, le tracé ferroviaire longe la route de Palézieux-Gare environ jusqu'au km 0.480 du nouvel axe, ce qui implique un réaménagement nécessaire de la route de Palézieux-Gare et de ces accès. Cette route sera réaménagée jusqu'au km 0.650 du tracé ferroviaire existant. A partir de ce point, la route est tracée pour aller se raccorder au « carrefour » de Biolles (voir Figure 3).

Entre le km 0.480 et le km 0.770, le tracé ferroviaire atteint une profondeur d'environ 7.50 m par rapport au niveau du terrain. Une excavation très conséquente en tranchée ouverte (talus) sur une longueur de 290 m est donc nécessaire. La nouvelle route Palézieux-Gare croise le nouveau tracé ferroviaire au km 0.550. La construction d'un passage supérieur est ainsi nécessaire. La route de Biolles, ainsi que le passage à niveau existant situé au km 0.800 du tracé actuel seront démolis. L'accès aux bâtiments situé à la parcelle n°238 avant le PN est maintenu.

Pour permettre l'accès aux parcelles n°294 et n°241 ainsi qu'au chemin de la Goletta, situés à l'Est du PN, la construction d'une nouvelle route de liaison entre la nouvelle route de Palézieux-Gare et la route de Biolles est nécessaire.

La tranchée ouverte est de hauteur variable, atteignant environ 8 à 10 m de hauteur de talus maximum. Des bermes de 1.5m seront disposées tous les 3m vertical pour assurer la stabilité au glissement. Cette disposition fait l'hypothèse de bons terrains, ce qui devra être vérifié dans la suite des études. Un mur de soutènement de 50 m de longueur et 6.00m de hauteur est réaliser au droit de la parcelle n°329, Ceci afin de limiter les emprises sur la parcelle et surtout la démolition du bâtiment. Le nouveau bâtiment de service est situé à l'Est entre la route actuelle de Palézieux-Gare et le nouveau tracé ferroviaire. L'actuelle route Palézieux-Gare est maintenue et réaménagée pour permettre l'accès au bâtiment.

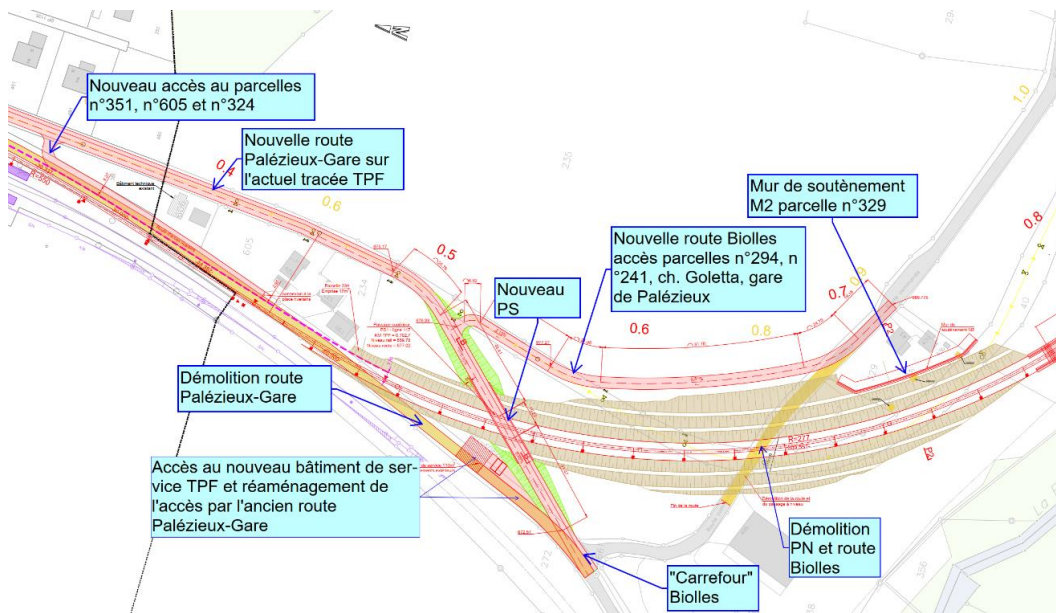


Figure 3: situation variante 1.1

Au km 0.770 et jusqu'au km 0.970, le tracé nécessite la construction d'un pont de 200 m pour franchir le dénivelé du terrain atteignant jusqu'à 8m (sous PDR).

La construction d'un bâtiment de service d'une surface utile d'environ 110m² pour répartir les installations de sécurité et d'une sous-station pour l'alimentation en courant de traction, est situé entre la route de Palézieux-Gare existante et le nouveau tracé ferroviaire à la hauteur du km 0.550. Le passage à niveau situé au km 1.250 du tracé existant est démolit et reconstruit afin de s'adapter au tracé projeté (voir Figure). La suppression du PN est jugée disproportionnée, car devrait être remplacé par un passage supérieur ou inférieur.

Le chemin de la Goletta qui longe en parallèle le tracé ferroviaire sera légèrement décalé et réaménagé.

Le PN pour l'accès à la forêt (km 1.170) est maintenu et reconstruit à neuf. Une option pour supprimer un des deux PN serait d'inverser le tracé ferroviaire avec le chemin de la Goletta (voir variante 2).

Cette variante de tracé implique de nombreux ouvrages, une très grande emprise au sol liée à la création des talus de la tranchée ouverte, un mur de soutènement aux grandes dimensions pour la parcelle n°329, la proximité de celui-ci d'env. 4m aux bâtiments, la démolition nécessaire de deux cabanons pour sa construction, ainsi que la construction d'un pont de 200 m à moins de 6.00m du ruisseau de la Biorde et à 2,20m de la forêt. Ces éléments sont très impactant pour cette variante.

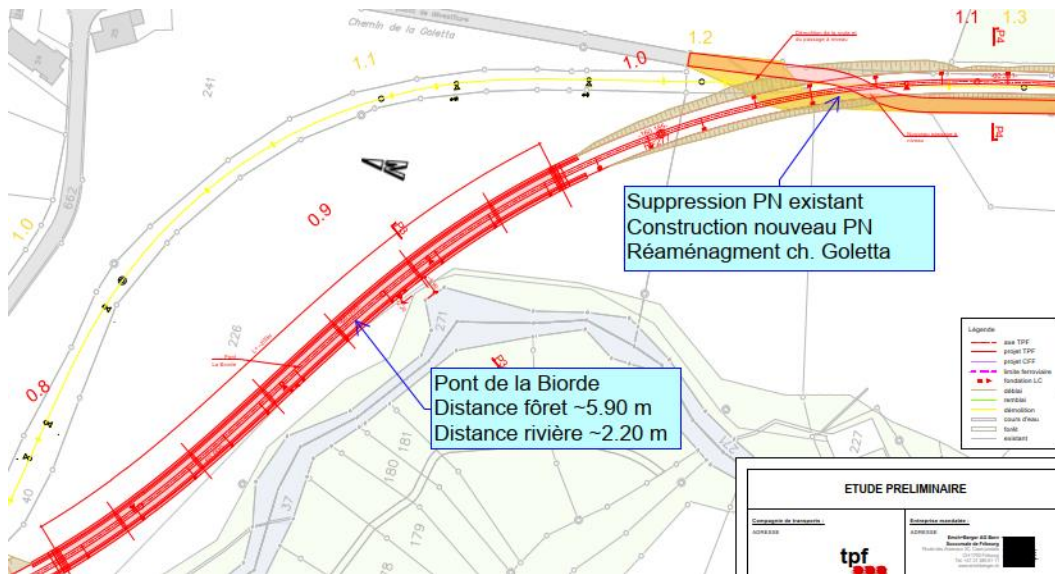


Figure 4: situation variante 1.1. Pont de la Biorde et PN du chemin de la Goletta

3.1.3 Variante 1.2 – Tranchée couverte

À la suite des résultats obtenus dans la variante 1.1, des réflexions ont été menées pour réduire l'impact de la tranchée ouverte tout en gardant le tracé similaire. Il en résulte la construction d'une tranchée couverte afin d'éviter l'énorme déblai généré entre le km 0.480 et le km 0.770.

La variante 1.2 est donc une évolution de la variante 1.1 avec les adaptations routières y relatives (voir Figure 5), les modifications par rapport à la variante 1.1 sont représentées en vert.

La tranchée couverte de 210 m de longueur commence au km 0.550 et termine au km 0.760. Le passage supérieur situé au km 0.550, ainsi que la déviation de la route de Biolles décrits dans la variante 1.1 ne sont plus nécessaires. Le passage à niveau sera démoli et la route de Biolles sera réaménagée et suivra le tracé actuel.

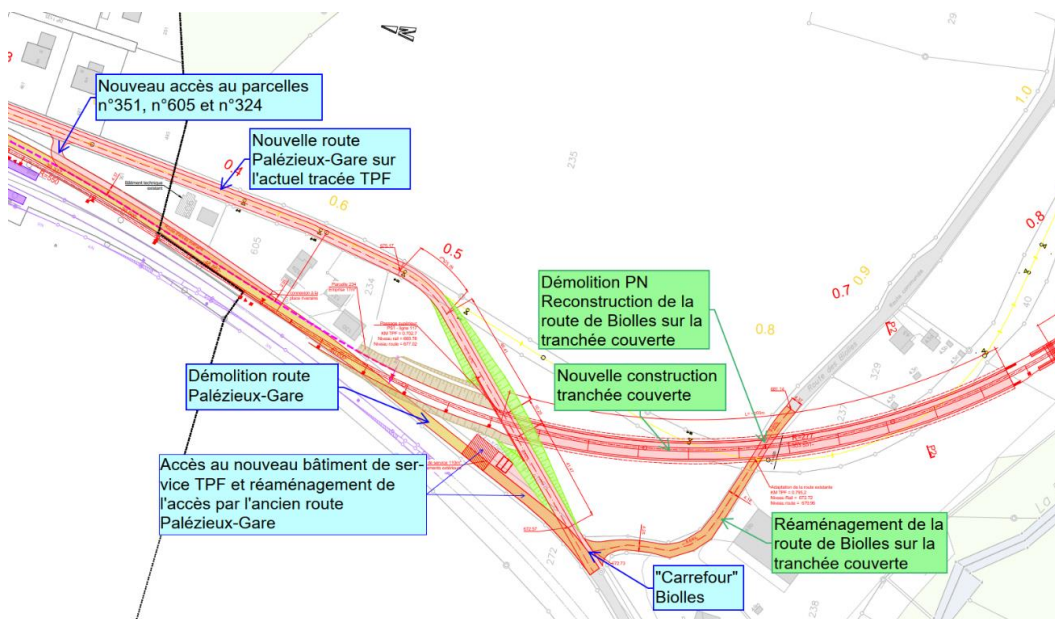


Figure 5: situation variante 1.2. Tranchée couverte et réaménagement de la route de Biolles

Les autres aménagements décrits dans la variante 1.1 (Figure 3) sont aussi valables pour cette variante : les nouveaux accès aux parcelles, la nouvelle route Palézieux-Gare sur l'ancien tracé TPF, la construction du nouveau bâtiment de service TPF et le réaménagement de l'accès, ainsi que le pont de la Biorde, le réaménagement du PN et le chemin de la Goletta.

3.1.4 Variante 2 – Tranchée couverte

La variante 2 du nouveau tracé ferroviaire est conçue comme évolution de la variante 1 afin d'améliorer l'impact sur le paysage existant, de réduire au maximum le nombre d'ouvrages nécessaires et de limiter les emprises au maximum.

Nous sommes partis directement sur le concept d'une tranchée couverte, étant possible aussi, comme pour la variante 1.1 la tranchée ouverte (Figure 6).

La tranchée couverte est située entre le km 0.490 et le km 0.720 avec une longueur de 230m. La construction de 4 murs de soutènement sont nécessaires aux extrémités de la tranchée couverte. Le réaménagement de la route de Palézieux-Gare sur le tracé ferroviaire existant se fait jusqu'au km 0.550 de l'axe actuel. A partir de ce km, la route est déviée parallèlement au nouveau tracé TPF pour aller ensuite se raccorder au « carrefour » de Biolles.

La route de Palézieux-Gare existante est maintenue depuis le carrefour de Biolles pour permettre l'accès aux parcelles n°351, n°605 et n°324. Ensuite elle est coupée pour permettre le nouveau tracé ferroviaire.

Le « carrefour » de Biolles est réaménagé et la route est maintenue jusqu'à sa déviation au sud de la tranchée couverte afin d'avoir le niveau nécessaire pour passer au-dessus. Le passage à niveau au km 0.800 est supprimé.

Le nouveau bâtiment de service est situé au côté Sud-Est de la tranchée couverte et l'accès se fait par la route de Biolles réaménagée.

A différence de la variante 1.1 et 1.2, les ouvrages d'art nécessaires pour la variante 2 sont limités en nombre et conceptuellement très simples avec un faible impact sur le paysage.

Comme spécifié au chapitre 2, la tranchée couverte ne présente dans la présente variante peu de recouvrement. Un nivellement du terrain est ainsi nécessaire pour permettre le recouvrement de la tranchée. Une épaisseur minimale de 1m a été prévue pour permettre une exploitation agricole traditionnelle en surface. Cette valeur devra faire l'objet de discussion lors de la prochaine phase d'étude.

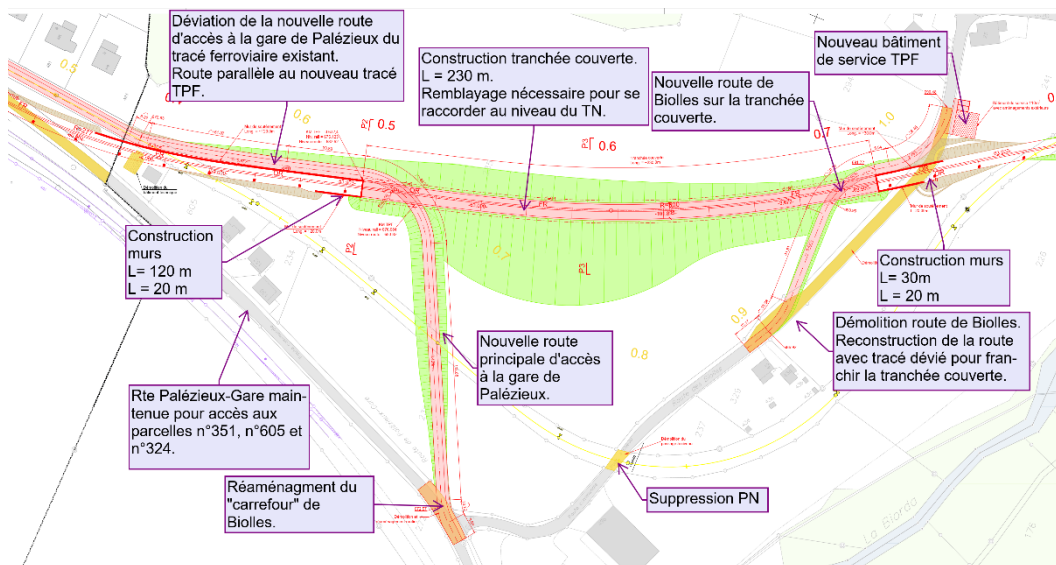


Figure 6: situation variante 2. Tranchée couverte et réaménagement des routes Palézieux-Gare et Biolles

Entre les km 0.950 et 1.110, le nouveau tracé ferroviaire est décalé vers l'Ouest. Le passage à niveau existant du chemin de la Goletta est supprimé et le chemin est reconstruit à l'Est sur l'actuel tracé TPF (Figure 7).

Au km 1.370, le passage de servitude est aussi démoli et un nouveau passage à niveau du chemin de la Goletta est créé pour maintenir les accès existants.

Il est probable dans le cours du développement du projet de la DGMR/commune/CFF qui ne souhaite pas maintenir la voie de garage en gare de Palézieux (voir chapitre 3.1.1). Une option pourrait être d'aménager cette voie de garage avant la tranchée couverte du côté du chemin de la Goletta en la

plaçant dans la continuité de la voie en quasi-alignement quand le chemin s'éloigne du chemin (à gauche sur la Figure 7).

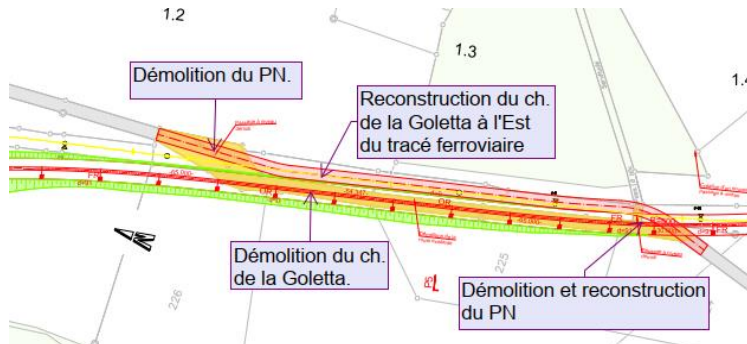


Figure 7: situation variante 2. Suppression du PN et reconstruction du chemin de la Goletta

3.1.5 Variante 3.2 – Tranchée couverte

Etant donnée de la différence de niveau entre le TN et le PDR, une tranchée couverte est proposée dans le cas de la variante 3 (Figure 8).

La tranchée couverte est située entre le km 0.515 et le km 0.735 avec une longueur de 220m.

Le réaménagement de la route de Palézieux-Gare se fait parallèlement au nouveau tracé ferroviaire jusqu'au début de la tranchée couverte pour aller rejoindre la route existant au « carrefour » de Biolles.

La route de Palézieux-Gare existante est maintenue depuis le « carrefour » de Biolles pour permettre l'accès au nouveau bâtiment de service prévu au-dessous des parcelles n°602 et n°234. Ensuite elle est coupée pour permettre le nouveau tracé ferroviaire.

Le « carrefour » de Biolles est réaménagé et la route est maintenue et légèrement rehaussée afin d'avoir le niveau nécessaire pour passer au-dessus de la tranchée couverte.

Comme pour la variante 2, les ouvrages d'art nécessaires sont limités en nombre et conceptuellement très simples avec un faible impact sur le paysage.

Une épaisseur minimale de 1m a été prévue pour permettre une exploitation agricole traditionnelle en surface. Cette valeur devra faire l'objet de discussion lors de la prochaine phase d'étude.

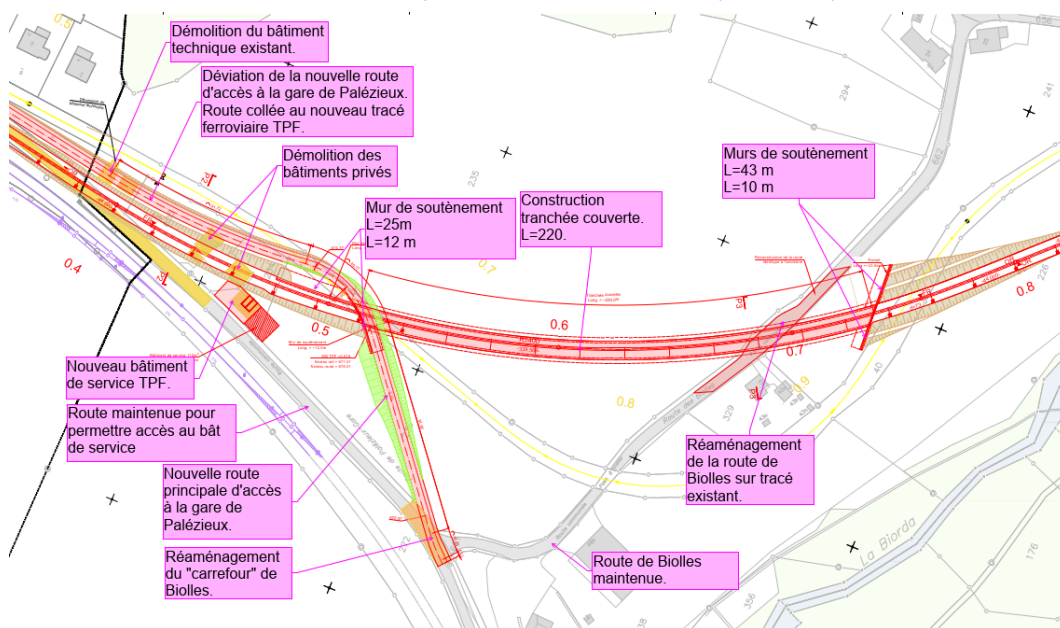


Figure 8: situation variante 3.2. Tranchée couverte et réaménagement des routes Palézieux-Gare et Biolles

Au km 0.970, le passage à niveau routier est démolit et un nouveau passage supérieur est nécessaire pour franchir le nouveau tracé ferroviaire. Le PN pour le passage de servitude actuel, situé au km 1.140, est supprimé et le cheminement piétonnier est dévié parallèlement au tracé ferroviaire pour se rejoindre au chemin de la Goletta au km 0.970 et ainsi maintenir les accès existants. Le chemin de la Goletta est démolit et reconstruit au droit de la ligne ferroviaire sur le côté Ouest.

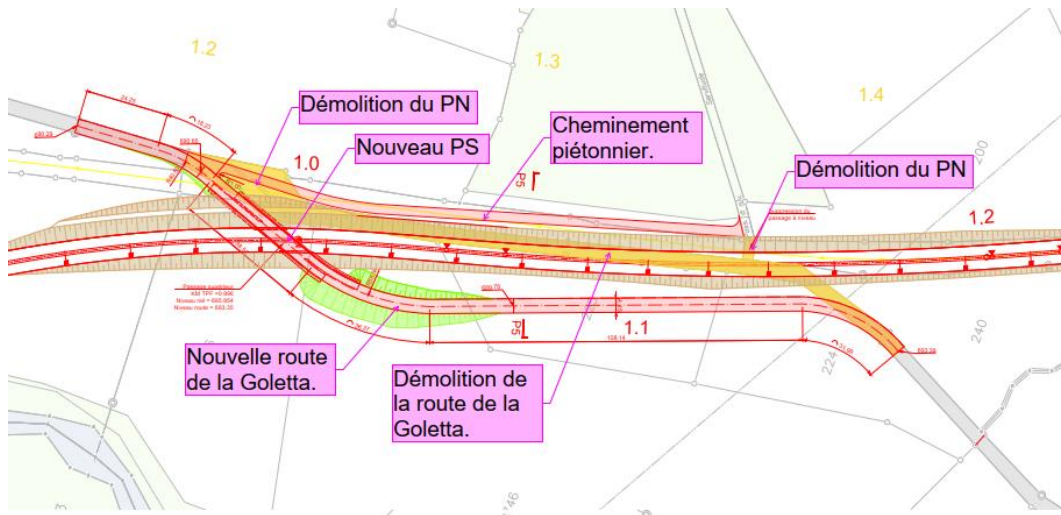


Figure 9: situation variante 3.2. Suppression du PN et reconstruction du chemin de la Goletta

3.1.6 Projet ferroviaire et évacuation des eaux

La construction ferroviaire se base sur un gabarit OCF B pour la voie métrique avec utilisation de bogies transporteurs. La voie ferrée repose sur min. 30cm de ballast pour former la superstructure. Une infrastructure composée d'une couche imperméable type AC Rail 16 et d'une couche porteuse en grave GNT 0/45 est prévue. La couche porteuse fera au minimum 40cm, mais sera dépendante des résultats géologiques des études des prochaines phases. Un purgeage complémentaire du matériau sous la couche porteuse n'est pas à exclure.

L'eau sera dans la mesure du possible évacuée de la plateforme ferroviaire par infiltration. Ceci est cependant non prescrit dans les zones de déblai, ce qui est souvent notre cas. L'étude géologique montrera les zones pouvant être réalisées par infiltration. Le cas échéant, une tranchée drainante de type 4A sera réalisée et l'eau redirigée vers le réseau communal ou dans un cours d'eau, par exemple La Biorde. Le besoin en rétention sera étudié dans une prochaine phase d'étude.

Selon données des TPF, une hauteur libre sur PDR de 6m a été planifiée pour les ouvrages d'art. Le système LC devra être vérifié lors des prochaines phases de projet dans les tranchées couvertes.

3.1.7 Projet routier

Les gabarits des routes à réaménager pour les variantes 1, 2 et 3.2 ont été adaptés aux gabarits des routes existants. Dans le cas de la route principale Palézieux-Gare (DP1693) et de la rue de la Gare (DP1700), le gabarit actuel correspond plus au moins au gabarit minimal, selon la norme VSS 40 201 [25] dans l'espace bâti :

- Situation dans le réseau : route secondaire (2ème classe : routes et chemins vicinaux servant de moyen de communication entre plusieurs communes ou agglomérations d'une même commune, ainsi que les rues, ruelles et places publiques).
- Type de fonction de la route : accès/sortie à la gare de Palézieux et communication autres communes.
- Gabarit route existante ~5,00m

Le tableau ci-dessous (Figure 10) montre les largeurs minimales type nécessaires selon la norme VSS 40 201 en fonction de la catégorie de route et la fonction.

L'espace à disposition dans la zone de la Gare est très limité pour reconstruire une route avec deux voies de circulation. Afin de permettre le croisement d'un véhicule léger et d'un poids lourd, le trottoir doit être franchissable.

Hors zone bâtie, la route peut être élargie et ainsi permettre plus de confort.

Une étude de trafic et de mobilité pour les transports publics BUS dans la zone de la gare de Palézieux est en cours de réalisation à la DGMR. Les profils géométriques exacts des routes seront dimensionnés dans les prochaines phase du projet en fonction de la demande de la DGMR et validés par le canton.

Ni l'infrastructure, ni la superstructure routière ont été dimensionnées dans le cadre de cette étude préliminaire. Ceci sera réalisé dans les prochaines phases du projet suite aux données du trafic

Type de RD	Trottoir / piste cyclable	Croisement de base véhicules motorisés				TOTAL	*(Supp)	Remarques
Profil 1	Trottoir	VL / PL						
SN 640 201, tab1	0.60	2.50				3.10		
SN 640 201, tab2	0.10	0.10	0.10	0.10		0.40		
SN 640 201, tab3	0.10	0.10	0.30	0.30		0.80	0.20	
Largeur libre supplémentaire	0.25	0.25				0.50		
Supplément pour BDI				0.30		0.30		
TOTAL	1.50	3.60				5.10		
Largeur totale de la chaussée						5.10		yc trottoir
Largeur minimale						5.3		yc trottoir

Figure 10: profil géométrique type selon la norme VSS 40 201

3.2 Ouvrage d'art

Les ouvrages proposés dans les différentes variantes sont robustes, durables et nécessitent globalement un faible entretien. Mis à part le pont (variantes 1.1 et 1.2), tous les ouvrages sont monolithiques, donc sans appui et joint nécessitant un remplacement périodique.

Les ouvrages proposés à ce stade de l'étude sont simples et pourront être optimisés sur le plan esthétique dans des phases ultérieures.

Les ouvrages requis pour chaque variante sont décrits aux points suivants.

3.2.1 Variante 1.1 – Tranchée ouverte

Pour la variante 1.1, les ouvrages d'art nécessaires sont les suivants :

1. Passage inférieur de la gare de Palézieux (y.c. rampes et escaliers)

Ouvrage en béton armé ne faisant pas partie du présent mandat. Conçu et planifié par CFF.

2. Mur de soutènement M1.

La construction de la nouvelle route de Palézieux-Gare doit se faire en partie sur le côté des parcelles n°552 et n°349 à cause de la nouvelle limite ferroviaire et afin de permettre une largeur suffisante de la route. Ceci implique la démolition du mur existant et la construction d'un nouveau mur de soutènement d'environ 40m de longueur et d'environ 2m de hauteur.

3. Passage supérieur PS1 au km 0.550.

Construction cadre en béton armé fondée superficiellement :

- PS – Route de Palézieux-Gare
- Dimensions intérieures : 7.80m x 7.00m
- PEL OCF B

4. Mur de soutènement M2 au km 0.7900.

Mur de soutènement avec fondation superficielle :

- Mur de soutènement pour les bâtiments de la parcelle n°392.
- Dimensions : longueur env. 50m ; hauteur maximale de 6 m.
- Blindage de la fouille : parois clouées.

5. Pont de la Biorde : entre le km 0.770 et le km 0.970.

Pont flottant en béton armé et précontraint fondé sur pieux :

- Longueur : env. 200 m
- Nombre de piles : 6 piles
- Hauteur max. des piles : 6.50 m

- Portée max. : env. 30 m

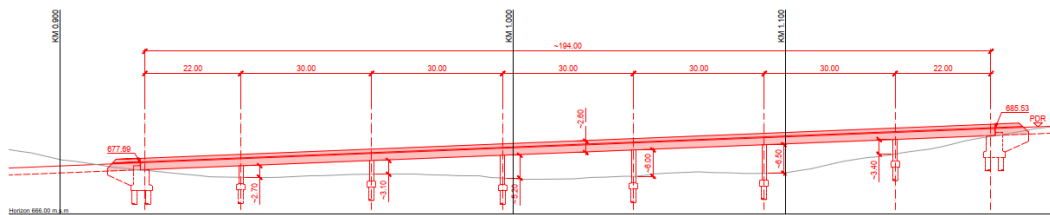


Figure 11: profil géométrique type selon la norme VSS 40 201

3.2.2 Variante 1.2 – Tranchée ouverte

Pour la variante 1.2, les ouvrages d'art nécessaires sont les suivants :

1. Passage inférieur de la gare de Palézieux (y.c. rampes et escaliers).

Voir point 1 (variante 1.1).

2. Mur de soutènement M1.

Voir variante 1.1

3. Tranchée couverte : entre le km 0.490 et le km 0.920.

Construction en cadre en béton armé fondée superficiellement :

- Dimensions intérieures : 6.50m x 7.00m
- Chemin de fuite 1.40m x 2.00m
- Voie ballastée dans tranchée couverte
- PEL OCF B
- Blindage de la fouille : parois de palplanche (éventuellement préforées) butonnées. Système à préciser lors des prochaines phases d'étude en fonction de la géologie.

4. Pont de la Biorde : entre le km 0.770 et le km 0.970.

Voir point 5 (variante 1.1).

3.2.3 Variante 2 – Tranchée couverte

Pour la variante 2, les ouvrages d'art nécessaires sont les suivants :

1. Tranchée couverte entre le km 0.620 et le km 0.850.

Construction en cadre en béton armé fondée superficiellement :

- Dimensions intérieures : 6.50m x 7.00m
- Chemin de fuite 1.40m x 2.00m
- Voie ballastée dans tranchée couverte
- PEL OCF B
- Blindage de la fouille : parois de palplanche (éventuellement préforées) butonnées. Système à préciser lors des prochaines phases d'étude en fonction de la géologie.

2. Murs de soutènement : aux extrémités de la tranchée couverte.

Mur de soutènement avec fondation superficielle :

- Longueur totale des murs 290 m.
- Hauteur maximale de 5 m.
- Blindage éventuel de la fouille : palplanches, à définir en fonction des emprises temporaires et de la géologie lors des prochaines phases du projet.

3.2.4 Variante 3.2 – Tranchée couverte

Pour la variante 3.2, les ouvrages d'art nécessaires sont les suivants :

1. Tranchée couverte entre le km 0.620 et le km 0.850.

Construction en cadre en béton armé fondée superficiellement :

- Dimensions intérieures : 6.50m x 7.00m
- Chemin de fuite 1.40m x 2.00m
- Voie ballastée dans tranchée couverte
- PEL OCF B
- Blindage de la fouille : parois de pieux sécants butonnées. Système à préciser lors des prochaines phases d'étude en fonction de la géologie.

2. Murs de soutènement : aux extrémités de la tranchée couverte.

Mur de soutènement avec fondation superficielle :

- Longueur totale des murs 90 m.
- Hauteur maximale de 5 m.
- Blindage éventuel de la fouille : palplanches, à définir en fonction des emprises temporaires et de la géologie lors des prochaines phases du projet.

3. Passage supérieur PS1 au km 0.970.

Construction cadre en béton armé fondée superficiellement :

- PS - Route de Palézieux-Gare
- Dimensions intérieures : 7.80m x 7.00m
- PEL OCF B

3.3 Régime de construction

A ce stade du projet, les inconnues sont encore trop nombreuses pour pouvoir déterminer le régime de construction des variantes avec précision. Celui-ci dépend notamment du phasage de la gare CFF de Palézieux. Nous décrivons ci-dessous de manière succincte le phasage intentionnel des travaux et les durées estimées nécessaires de fermeture de ligne.

- Variante 1.1 et 1.2 : les variantes 1.1 et 1.2 nécessitent de grandes durées de fermeture de la ligne TPF. En effet, le nouveau tracé se situant en partie sous le tracé de la ligne existante, aucune mesure constructive raisonnable ne permet de maintenir le trafic ferroviaire durant la creuse de la tranchée ouverte (talus) ou de la tranchée couverte. Une durée de fermeture d'environ 10-12mois sera nécessaire pour réaliser la partie du tracé en conflit avec l'existant. Cette période pourra être mise à profit pour l'entier de la ligne, notamment en zone gare pour permettre la construction de la rampe du quai 2, en conflit avec l'existant. Les zones en dehors du tracé existant pourront être préparées en amont de la fermeture, c'est notamment le cas pour le pont de la Biorde et les voies 1 et 2 en gare. La tranchée couverte pourrait également être construite en partie de manière anticipée pour ces parties hors tracé. La durée totale des travaux est estimée grossièrement à 2.5-3ans. La route de Palézieux-gare devra être fermée durant plusieurs mois et le trafic être dévié.
- Variantes 2 et 3.2: ces variantes présentent en matière de régime de construction de grands avantages par rapport aux variantes 1. Les ouvrages de cette variante sont en effet situés pour la plupart en dehors de la zone du tracé existant. Ainsi, la tranchée couverte, la zone de remblai, le bâtiment technique ainsi que les voies 1 et 2 et une partie de leur quais respectifs pourront être réalisés en exploitation. La rampe du quai 2 pourrait en optimisant sa position et sa méthode de construction également être construite de manière anticipée.

Une fois l'ensemble de ces travaux « préparatoires » réalisés, une fermeture de ligne estimée à 3mois devra être mise en place pour effectuer les raccords. Une phase finale sera ensuite réalisée pour tous les travaux de finitions. Les travaux de cette variante devraient également durer environ 2.5-3ans.

3.4 Impact sur l'existant

3.4.1 Surfaces agricoles

Les quatre variantes ont un impact assez conséquent sur les surfaces agricoles, soit d'une façon provisoire pendant les travaux, soit aussi pour la variante 1.1 d'une façon définitive après les travaux. L'excavation nécessaire pour la construction de la voie dans la variante 1.1 a un impact très conséquent sur le paysage et surtout sur les bâtiments à proximité.

Dans les variantes 1.2, 2 et 3.2 l'impact final sur les surfaces agricoles est réduit grâce à la construction d'une tranchée couverte et la remise en état de la surface agricole sur la tranchée.

L'épaisseur de terre nécessaire devra être discutée dans les prochaines phases de projet. Elle a été fixée pour cette étude à minimum 1.0m.

3.4.2 Forêt et cours d'eau

La distance minimale à la forêt et au cours d'eau ne sont pas respectés, ni dans la variante 1.1 ni dans la variante 1.2. Comme il est décrit dans le chapitre 3.6, la distance minimale à la forêt est de 20 m dans le canton de Fribourg et l'espace réservé au cours d'eau est de 18 m à partir du lit de la Biorde. Le pont de la Biorde dans les variantes 1.1 et 1.2 se situe au plus proche à environ 2.20 m de la forêt et à 6 m du lit de la Biorde. La variante 2 est beaucoup plus avantageuse, car elle s'éloigne d'environ 40 m. De plus, le tracé suit le niveau du terrain existant, donc l'impact d'un ouvrage n'est plus contraignant.

Concernant la variante 3.2, la distance au cours d'eau est respectée mais pas la distance d'environ 18m à la forêt.

3.4.3 Chemins et routes secondaires

Plusieurs chemins et routes secondaires sont impactés par le nouveau tracé ferroviaire ainsi que par les ouvrages de chaque variante. Néanmoins, le projet prend en compte les routes et chemins supprimé et démolit en proposant une adaptation de ces derniers. L'impact final n'est ainsi peu contraignant pour les usagers de la route, car les accès sont maintenus et les passages à niveau sont supprimés dans la mesure du possible.

La rue de la Gare sera réaménagée pour maintenir l'accès à la gare ; la route de Palézieux-Gare est dévié et en partie démolie.

La route de Biolles et le chemin de la Goletta sont aussi impactés et suivront des déviations et réfection afin de s'adapter au nouveau tracé ferroviaire.

3.5 Gestion des matériaux

Les quatre variantes d'ouvrages nécessitent des déplacements importants de matériaux liés à la géométrie de la voie projetée et les ouvrages nécessaires. Un récapitulatif du bilan des matériaux pour les trois variantes est représenté dans la Figure 12.

Pour la variante 1.1, le terrassement est principalement lié à la tranchée ouverte et la construction du mur M2. Peu de remblayage est nécessaire, ce qui implique une grande quantité de matériaux à évacuer en dehors du chantier

La variante 1.2, avec la construction de la tranchée couverte et le blindage de fouille, améliore le volume de terres à excaver. Toutefois, le volume de terrassement reste important. Environ la moitié du matériau de terrassement pour la construction de la tranchée couverte peut être réutilisé pour le remblayage. Le solde est évacué.

La variante 2, également avec une tranchée couverte, améliore aussi le volume totale d'excavation. Cependant, un grand volume du matériau d'apport correspond au remblayage à l'arrière des murs de soutènement d'une longueur totale d'environ 290 m ainsi que le nivellement de surface nécessaire lié à la faible profondeur de la tranchée et le remblayage pour la création de la route de Palézieux-Gare déviée.

La tranchée couverte de la variante 3.2 implique un grand volume de terres d'excavation ainsi qu'un grand volume de matériau d'apport.

Les volumes de terre, relativement importants pour les trois variantes, nécessitent un concept de gestion des matériaux, que ce soit pour l'excavation ou pour le remblayage.

A ces matériaux s'ajoutent encore les matériaux contaminés à excaver (admis 60 cm sous le ballast) et les matériaux devant être remis en place pour la démolition, respectivement remise en état, du tracé existant.

Le concept de gestion des matériaux suivant a été considéré. Le bilan des matériaux est présenté en Figure 12 :

- **Terre végétale** : les matériaux correspondants à l'horizon A doivent être valorisés dans le périmètre des travaux. Dans la mesure du possible, les 20 cm de terre végétale ont été considérés comme réutilisables (pas présenté en Figure 12).
- **Excavation du tracé existant** : la totalité des matériaux sont à évacuer vers un dépôt et éventuellement à traiter.
- **Excavation des ouvrages / tranchées** : Il est considéré qu'environ 50% des matériaux d'excavation seront revalorisés pour le remblayage des ouvrages. Ceci dans la mesure du besoin en remblayage (pas le cas pour la variante 1.1). Les 50% restants sont évacués vers un dépôt. Les matériaux valorisés ne seront pas réutilisés pour les remblais du nouveau tracé ferroviaire (Matériaux probablement peu compactables).
- **Remblayage du nouveau tracé** : matériaux de bonnes qualités (compactage) fournis en totalité.
- **Remblayage du tracé existant** : matériaux à 100% repris de l'excavation (humus inclus).

	MOUVEMENT DE TERRES [m3]					
	Terrassement Total	Remblayage Total	Bilan remblai/déblai			
			Réutilisation possible du mat. excav.	Matériaux excav. réutilisé	Matériau évacué	Apport terrain (hors coffre fondation)
VARIANTE 1.1 - TOTAL	64'386	7'998	28'264	6'000	58'386	1'998
VARIANTE 1.2 - TOTAL	52'361	18'973	22'251	15'000	37'361	3'973
VARIANTE 2 - TOTAL	53'801	37'039	22'971	20'000	33'801	17'039
VARIANTE 3.2 - TOTAL	70'260	39'522	35'130	30'000	40'260	9'522

Figure 12: bilan de matériaux

3.6 Aspects environnementaux

Les principaux aspects environnementaux, ainsi qu'une comparaison entre les variantes, sont détaillés ci-dessous.

3.6.1 Nature et paysage

Aucun inventaire (fédéral, cantonal ou communal) n'est situé dans le périmètre du projet des deux variantes.

Un relevé de terrain sera nécessaire pour les deux variantes afin d'évaluer si des biotopes dignes de protection (par ex. haies) sont touchés. Le cas échéant, des mesures de protection, de reconstitution et de remplacement seront à définir.

Selon l'art. 3 LPN, il faut prendre soin de ménager l'aspect caractéristique du paysage.

La variante 1.1 et 1.2 prévoient un pont d'environ 200 m à proximité immédiate de la forêt. L'intégration paysagère de cette construction dans une zone encore non bâtie peut s'avérer critique. La variante 2 et 3.2 s'intègrent mieux dans le paysage, elles ne nécessitent pas de viaduc et suivent la courbe du terrain.

Les trois variantes nécessitent toutefois des déplacements importants de matériaux (voir Figure 13).

3.6.2 Forêt

Selon le plan d'affectation des zones de la commune de Bossonnens, une aire forestière se situe à proximité du tracé (Figure 13).

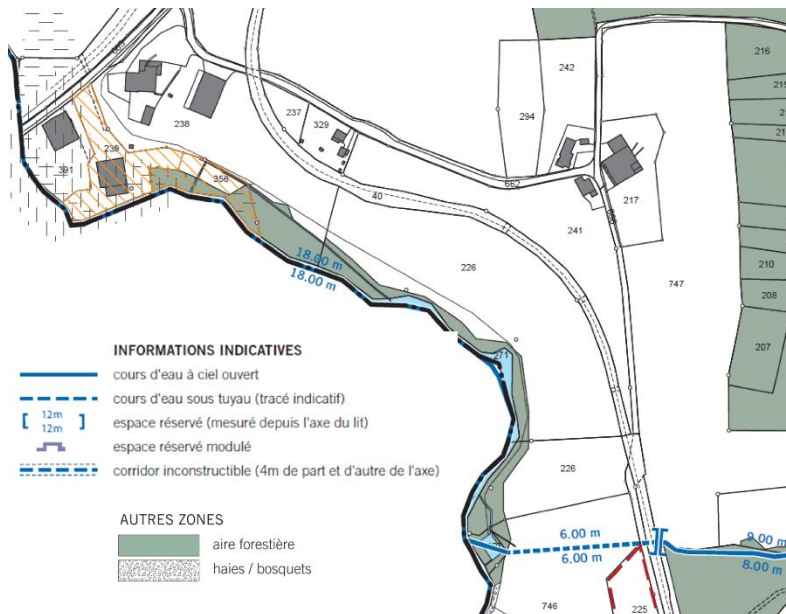


Figure 13: plan d'affectation commune de Bossonnens

Les constructions et installations à proximité de la forêt peuvent être autorisées uniquement si elles n'en compromettent ni la conservation, ni le traitement, ni l'exploitation (art. 17 LFo).

La distance minimale à la forêt est de 20 m dans le canton de Fribourg. La variante 1 se situe au plus proche à environ 2.20 m de la forêt dans la zone de la Biorde. La variante 2 s'éloigne d'environ 40 m. Dans la variante 1 et 3.2, la distance minimale à la forêt n'est pas respectée et le projet nécessitera une dérogation.

Les défrichements sont en principe interdits. Une autorisation de défrichement ne peut être octroyée que si les conditions définies à l'art. 5 LFo sont réunies.

La nécessité de défrichement temporaire pour l'accès au chantier, en particulier pour la variante 1, proche de la forêt, devra être évaluée dans le cadre de la PAP.

3.6.3 Eaux souterraines, eaux superficielles et évacuation des eaux

Le périmètre du projet se situe en secteur üB (Figure 14). Il n'y a pas de contraintes particulières pour les deux variantes. Des mesures générales de protection des eaux souterraines seront à définir dans le cadre de la PAP.

Selon le plan d'affectation des zones de la commune de Bossonnens, l'espace réservé au cours d'eau est de 18 m à partir du lit de la Biorde (Figure 13).

Selon l'art. 41c OEaux, « ne peuvent être construites dans l'espace réservé aux eaux que les installations dont l'implantation est imposée par leur destination et qui servent des intérêts publics, tels que les chemins pour piétons et de randonnée pédestre, les centrales en rivières et les ponts [...] ». De plus, selon le règlement RCU de la commune et l'art. 25 LCeaux (loi cantonale) la distance d'une construction ou d'une installation à la limite de l'espace nécessaire aux cours d'eau est de 4 m minimum. Tout dépôt de matériaux et toute modification du terrain naturel sont interdits dans l'espace du cours d'eau.

En secteur üB, il n'y a pas de contraintes particulières pour les deux variantes. Le système d'évacuation des eaux (phase de construction et phase d'exploitation) sera à définir dans le cadre de la PAP.

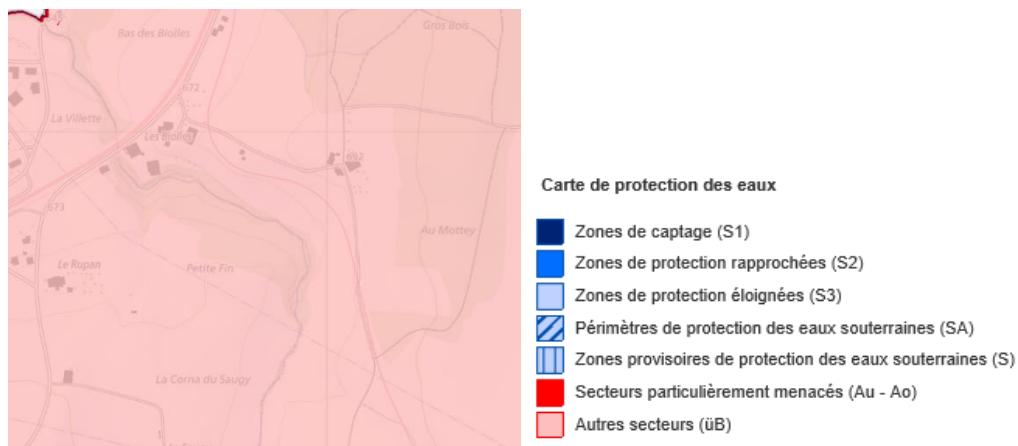


Figure 14: carte de protection des eaux

La variante 1 se situe à environ 6 m de l'axe du lit. Les piles de pont seront situées dans l'espace réservé au cours d'eau. Des dépôts de matériaux ainsi qu'une piste d'accès seront probablement nécessaires en phase de construction, ce qui est en principe interdit. Les variantes 2 et 3.2, présente des avantages car elles se situent à env. 46 m et 20 m respectivement de l'axe du lit, hors l'espace du cours d'eau.

3.6.4 Sites pollués, déchets et sols

Les trois variantes de tracé ne touchent aucun site pollué ni aucune surface d'assollement SDA. Les trois variantes produiront de grands volumes d'évacuation des matériaux d'excavation. Cependant, la variante 1.1 et 3.2 sont les plus contraignantes dans cet aspect, car elles impliquent une évacuation et apport de matériaux beaucoup plus élevée que les variante 1.2 et 2.

Toutefois, une étude géotechnique, ainsi qu'un concept de gestion des déchets et des matériaux sont requis dans les prochaines phases du projet afin de déterminer les types de sols et leur réutilisation possible avec plus de précision.

Les variantes 1 impacteront de manière définitive des surfaces de sols au niveau des piles de pont. De plus, dans le cas de la variante 1.1, l'impact de l'excavation pour la tranchée ouverte est très élevé.

Les variantes 2 et 3.2 prévoient un remodelage du terrain et toucheront ainsi de manière temporaire et définitive des surfaces de sols le long du tracé ferroviaire.

Des sols seront impactés temporairement en phase de construction pour les 3 variantes de tracé (places d'installation et pistes d'accès).

Il sera nécessaire de un bilan des sols affectés (type, qualité, quantité...) et prévoir des mesures de protection dans le cadre de la PAP.

3.6.5 Air, RNI, bruit et vibrations

Des bâtiments d'habitation se trouvent à proximité du tracé des variantes 1 et 2. Des mesures de réduction des émissions en phase de construction sont à prévoir pour les deux variantes.

Les valeurs limites déterminantes des rayonnements non ionisants selon l'ORNI, les valeurs limites des vibrations, ainsi que les valeurs limites selon l'OPB sont à respecter pour toutes les variantes. Des mesures constructives devront éventuellement être prévues, notamment pour les variantes tranchées couvertes. Des études devront être menées pour déterminer la nécessité de placer des panneaux antibruit sur les parois de la tranchée et sur les murs en sortie. Le système en voie ballastée dans la tranchée est une mesure pour diminuer les vibrations et l'impact du bruit.

3.6.6 Dangers naturels

Aucune zone de danger naturel ne se situe le long des tracés.

3.6.7 Patrimoine et archéologie

Aucun objet inventorié ISOS, aucun immeuble recensé ou protégé, aucun périmètre archéologique ne se situent le long des tracés.

3.6.8 IVS et mobilité douce

Un chemin IVS d'importance nationale, ainsi qu'un itinéraire de randonnée le long du chemin de la Goletta croisent la ligne de chemin de fer au niveau du passage à niveau.

Les deux variantes prévoient le raccordement à la ligne actuelle à ce niveau. Il n'y a pas de différences significatives entre les deux variantes en termes d'impact. Les chemins sont maintenus ou réaménagés.

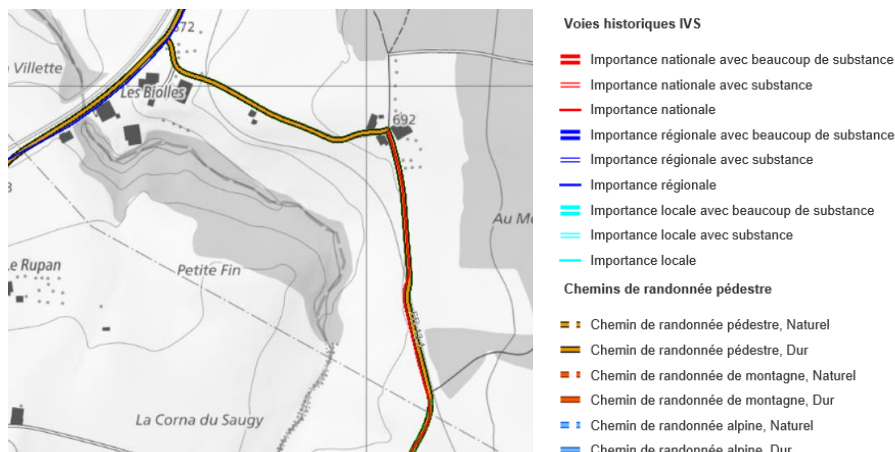


Figure 15: chemins de mobilité douce

3.6.9 Résumé des aspects environnementaux « limitants »

La variante 1.1 est marquée par l'important déblai de la tranchée ouverte, qui aura un impact conséquent sur le paysage. Cet impact peut être fortement atténué par le choix d'une tranchée couverte proposée dans la variante 1.2. Les variantes 1 ont également un impact paysager marqué au droit du pont de la Biorde, situé à proximité direct de la forêt et dans une zone encore non bâtie. Cette construction peut s'avérer critique. Le reste du tronçon est proche du terrain existant et s'intègre bien dans le paysage.

Les variantes 2 et 3.2 permettent une meilleure intégration dans le paysage. La réalisation d'une tranchée couverte permet de souterrainer le tracé sur une bonne partie. Le nivellement du terrain autour de la tranchée permet une bonne intégration de cette dernière dans le paysage. Le reste du tronçon est proche du terrain existant et s'intègre bien dans le paysage.

La démolition du tracé existant pour remettre la surface à l'agriculture présente un avantage intéressant du point de vue environnemental et de l'intégration paysagère.

3.7 Bilan des surfaces restituées et prises

Le bilan des surfaces restituées et prises est présenté en

Figure 16. La démolition du tracé existant, dont la surface sera redonnée à l'agriculture ou réutilisée comme chemins/route compense en partie la surface au sol nécessaire pour la construction du nouveau tracé. La réalisation de tranchée couverte dans les variantes 1.2, 2 et 3.2 permet de limiter les emprises en permettant une remise du terrain aux propriétaires sur la tranchée. La variante 3.2 nécessite plus d'emprise en surfaces habitable et comme mentionné au chapitre 2.2 implique le rachat et la démolition des bâtiments privés qui se trouvent dans les parcelles n°602 et n°234.

Bilan des surfaces [m2]			
Variante 1.1	prises	remises	bilan
Surfaces agricoles	12'126	2'600	9'526
Surfaces routières	3'341	2'403	938
Surfaces habitables	102	0	102
TOTAL	15'569	5'003	10'566
Variante 1.2	prises	remises	bilan
Surfaces agricoles	6'934	3'905	3'029
Surfaces routières	2'738	2'043	695
Surfaces habitables	102	0	102
TOTAL	9'774	5'948	3'826
Variante 2	prises	remises	bilan
Surfaces agricoles	10'124	3'046	7'078
Surfaces routières	3'365	2'075	1'290
Surfaces habitables	102	0	102
TOTAL	13'591	5'121	8'470
Variante 3.2	prises	remises	bilan
Surfaces agricoles	9'794	5'273	4'521
Surfaces routières	2'517	0	2'517
Surfaces habitables	2'046	0	2'046
TOTAL	14'357	5'273	9'084

Figure 16: bilan d'emprises

4 Estimation des coûts

4.1 Généralités

L'estimation des coûts est basée sur [10] et sur la base de prix novembre 2019.

La précision est de $\pm 50\%$.

Les coûts sont structurés de la manière suivante :

- **Les coûts de base**
 - Coûts bruts : coûts de construction structuré selon la norme SN 506 512 eCCC-GC [9]
 - Supplément 1 : imprévus couvrant les coûts ne pouvant pas être déterminés de manière explicite dans les coûts bruts.
- **Suppléments pour risques**
 - Supplément 2 : risques et chances quantifiables pour l'état actuel des études.
 - Supplément 3 : risques non identifiés et donc non quantifiables à ce stade des études. Risques subdivisés en 2 groupes : Risques liés à la procédure d'autorisation et à des modifications mineures du projet, et risques liés à la complexité (technique du projet).

Le total des coûts (espérance mathématique et valeurs maximal 0 / minimal U) est calculé de manière probabiliste selon [11].

Dans l'estimation des coûts bruts (inclus dans les coûts de base), les augmentations suivantes sont considérées :

- | | |
|--|---------------------|
| – Réserve sur quantités : | 0 % |
| – Renchérissement : | 0 % |
| – Installation de chantier : | 15 % |
| – Régie : | 5 % (du gros œuvre) |
| – Mesures et essais : | 3 % |
| – Honoraires (ingénieurs, géomètres et juristes) : | 25 % |
| – Frais administratifs généraux : | 2 % |

Les imprévus du supplément 1 sont estimés à **10 %** des coûts bruts.

Dans le supplément 2 sont définis et quantifiés les risques ainsi que les chances. Ces suppléments sont variables selon les variantes.

Les risques inclus dans le supplément 3 sont évalués en pourcentage des coûts de base. Les valeurs de ces pourcentages ont été fixées en accord avec le Maître d'Ouvrage :

- | | |
|--|------|
| – Risques liés à la procédure d'autorisation et à des modifications mineures du projet : | 15 % |
| – Risques liés à la complexité (technique) du projet : | 10 % |

Pour les suppléments 1 et 3, les pourcentages sont les mêmes pour l'ensemble des variantes

Le résumé du devis estimatif est présenté dans l'Annexe A.

4.2 Délimitation

Les éléments suivants ne sont pas pris en compte dans les coûts :

- Investigations géologiques, hydrogéologiques, géotechniques et archéologiques.
- Passage inférieur sous voies CFF et TPF.
- Rampes des quais TPF.
- Entretien.

Les éléments suivants ont été déterminés en accord avec le Maître d'Ouvrage :

- Installations de sécurité.
- Projet câble et Basse-tension.
- Equipements de quai.
- Terrain (emprises).
- Coûts de rachat des bâtiments privés se situant sur les parcelles n°602 et n°234.
- Taxes, approbations, assurances, prestations du Maître de l'Ouvrage.

4.3 Coûts de base

Dans les coûts de base sont inclus les éléments suivants :

- Terrains : coûts liés à l'acquisition/restitution de terrain et au remaniement parcellaire.
- Travaux préparatoires du génie civil : installations de chantiers, frais de régie et mesures/es-sais.
- Coûts de l'ouvrage : coûts de construction du nouveau tracé et de démolition du tracé existant. Description des éléments considérés dans les chapitres 4.3.1 et 4.3.2.
- Coûts d'études du projet : honoraires et frais administratifs généraux.
- Frais secondaires.
- Supplément 1 : imprévus.

Le résumé des coûts de base est présenté dans l'annexe A.

4.3.1 Démolition du tracé existant

Les éléments suivants sont considérés dans la démolition du tracé existant :

- Démolition de la technique ferroviaire existante : mâts, lignes de contact, installation de sécurité.
- Démolition de la superstructure existante : voies, passage à niveau existant, ballast, fondation des mâts.
- Démolition de l'infrastructure existante : extrait des matériaux contaminés (admis couche de 60cm), remblayage avec des matériaux sains et pose d'humus, reconstruction des routes/chemins coupés.

4.3.2 Construction du nouveau tracé

Les éléments suivants sont considérés dans la construction du nouveau tracé :

- Travaux d'excavation et de remblayage pour réalisation des déblais et remblais : considération de la gestion des matériaux y.c. taxes de décharge.
- Construction des ouvrages d'art et de l'infrastructure ferroviaire.
- Réalisation de la superstructure : ballast, voies, évacuation des eaux, pose de barrières protectrices, fondation des mâts de la ligne de contact.
- Construction de la technique ferroviaire : mâts, lignes de contact, installations de sécurité.
- Démolition des chemins interrompus et construction des nouveaux chemins/routes.
- Réalisation des mesures environnementales compensatoires.

4.4 Suppléments pour risques

Pour le supplément 2, les risques et chances sont définis et quantifiés selon les catégories suivantes :

- Sols de fondation, géologie, hydrogéologie.
- Environnement.
- Archéologie.

Comme déjà mentionné plus haut, les risques inclus dans le supplément 3 sont évalués en pourcentage des coûts de bases.

- Risques liés à la procédure d'autorisation et à des modifications mineures du projet : **15 %**
- Risques liés à la complexité (technique) du projet : **10 %**

Le résumé des suppléments 2 et 3 est présenté dans l'Annexe A.

5 Récapitulatif des variantes

	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2	Variante 3.2
Tracé				
Vitesse max [km/h]	80	80	100	100
Rayon min [m]	277	277	432	400
M - Bilan de matériaux				
Terrassement [m ³]	64'386	52'361	53'801	70'260
Remblayage total [m ³]	7'998	18'973	37'039	39'522
Réutilisation de matériaux exc [m ³]	6'000	15'000	20'000	30'000
Apport de matériaux [m ³]	1'998	3'973	17'039	9'522
Evacuation de matériaux [m ³]	58'386	37'361	33'801	40'260
O - Ouvrages				
Passage supérieur	Oui	Non	Non	Oui
Pont [m]	200	200	-	-
Tranchée ouverte [m]	290	-	-	-
Tranchée couverte [m]	-	210	230	220
Murs [m]	50	50	190	90
Nbre PN	3	3	2	1
R - Projet routier				
Démolitions [m ²]	2'000	2'000	1'730	4'673
Nouvelles routes [m ²]	4510	4100	4915	4090
Aspects environnementaux				
Intégration dans le paysage	--	-	+	++
Vibrations (proximité aux bât)	-	-	+	++
Bruit (proximité aux bât)	-	-	+	+
Distance forêt [m]	2.20	2.20	40	16
Distance à la rivière [m]	6.00	6.00	46	20.4
Bilan des surfaces				
Prises [m ²]	15'569	9'774	13'591	14'357
Remise de surfaces [m ²]	5'003	5'948	5'121	5'273
Delta	10'566	3'826	8'470	9'084
Coûts bruts CBr HT (Mio)	54.47	60.76	57.14	62.36

Figure 17: récapitulatif des variantes

6 Conclusion et suite des opérations

Les trois variantes de tracé étudiées remplissent les critères et objectifs fixés en termes de géométrie et de gains de temps et améliorent fortement la sinuosité de l'existant. Les variantes 2 et 3.2 permettent avec un tracé très direct d'atteindre une vitesse de 100 km/h sur le tronçon alors que la variante 1 garantit une vitesse maximale de 80 km/h. La variante 3.2 se distingue de la variante 2 par principalement par son profil en long, plus favorable d'un point de vue exploitation.

La variante 1.1 nécessite la réalisation d'ouvrages d'art relativement simples constructivement. Cependant, la réalisation de la tranchée ouverte génère de grands volumes de terrassement et des emprises très importantes, ce qui implique des risques importants d'acceptance du projet. La variante 1.2 permet de limiter les emprises définitives avec la construction d'une tranchée couverte. Cette variante reste cependant lourde en termes d'ouvrages et d'impact sur le paysage, notamment avec la réalisation du pont de la Biorde, construit dans un environnement naturel de valeur.

Les variantes 1.1 et 1.2, de part leur géométrie proche de la géométrie existante, vont nécessiter de grandes perturbations sur le trafic ferroviaire de la ligne.

De plus, leur bilan environnemental n'est pas optimal en vue de leur proximité à la forêt et au cours d'eau.

La variante 1.2 nécessite également un important ouvrage par la réalisation d'une tranchée couverte et de murs de soutènement la bordant. Cette variante s'intègre cependant mieux dans le paysage que les variantes 1.1 et 1.2 grâce à la tranchée couverte et à une zone en déblai et en remblai aménagée judicieusement (talus cultivables). La variante est plus favorable d'un point de vue environnementale étant donné la distance plus élevée à forêt et cours d'eau. Les variantes 2 et 3.2 auront moins d'impact sur le trafic ferroviaire, car la plus grande partie du tracé peut être construite hors de l'emprise ferroviaire. Uniquement les raccords devront se faire en coupure totale d'exploitation. De plus, le profil en long de la variante 3.2 permet la suppression du passage à niveau du chemin de la Goletta, par la construction d'un passage supérieur.

La variante 3.2 implique la démolition des bâtiments privés se trouvant sur les parcelles n°602 et n°234.

L'étude a montré la faisabilité technique des variantes proposées, des investigations devront cependant être réalisées pour les phases suivantes du projet afin de lever les incertitudes liées à la géologie, hydrogéologie, géotechnique et archéologie.

Annexe A Tableaux de synthèse des coûts

Annexe B Représentation du temps de parcours des variantes