**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية**

**فرنسيس جانسون**

**École Nationale Supérieure des Travaux Publics**

**Francis Jeanson**




# Mémoire

**Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État**

**Filière : Travaux Publics**

**Spécialité : Infrastructures de Base**

# Thème

**Étude en APD de la ligne ferroviaire Bouchegouf – Souk-Ahras – Dréa du PK 35+000 au PK 45+000, avec une gare de dépassement**

**Présenté par :**

Mr.BENCHINE Abdelhafid

**Encadré par :**

Mr. Ayoub KHELLIFI

Mr. Ferhat FEDGHOUCHE

**Promotion 2025 / 2026**

# Résumé


## Résumé

Le présent mémoire porte sur une **étude d'avant-projet détaillée** (**APD**) relative au dédoublement et à la rectification de la ligne minière Est, sur le tronçon **Bouchegouf** – **Souk Ahras** – **Dréa**, du **PK 35+000** au **PK 45+000**, incluant la conception d'une **gare de dépassement** Implantée entre les **PK 39+370** et **40+370**. Cette étude a été réalisée conformément aux normes de **l'Union Internationale des Chemins de Fer (UIC)** et aux recommandations de **la Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF)**, a l´aide des logiciels spécialisés : Civil 3D, Subassembly Composer, Geo 5.0, CadEarth, Google Earth et Global Mapper.

## Abstract

This thesis focuses on **a detailed preliminary design study (APD)** concerning the duplication and rectification of the Eastern mining railway line, on the **section Bouchegouf – Souk Ahras – Dréa,** from **PK 35+000** to **PK 45+000**, including the design of **a passing station** located between **PK 39+370** and **PK 40+370**. The study was carried out in accordance with the standards of **the International Union of Railways (UIC)** and the recommendations of **the Algerian National Railway Transport Company (SNTF),** using the following specialized software: Civil 3D, Subassembly Composer, Geo 5.0, CadEarth, Google Earth, and Global Mapper.

## ملخص

يتناول هذا البحث دراسة **مشروع تفصيلي أولي** بخصوص **مضاعفة وتصحيح** خط السكة الحديدية المنجمية الشرقية، على المقطع **بوشقوف – سوق أهراس – درياع، من النقطة الكيلومترية 35+000 إلى 45+000**، بما في ذلك **تصميم محطة تجاوز تقع بين النقطة الكيلومترية 39+370 و 40+370**. وقد أُنجزت هذه الدراسة وفقًا لـ **معايير الاتحاد الدولي للسكك الحديدية** وتوصيات **الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية الجزائرية**، باستخدام البرمجيات المتخصصة التالية: **سيفيل ثلاثة دي، سابأسمبلي كومبوزر، جيو خمسة، كادإيرث، غوغل إيرث، و غلوبال مابر**.

# Remerciements

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude envers Dieu Tout-Puissant pour la force, la patience et la persévérance qu'Il nous a accordées afin de mener à bien ce projet de fin d'études.

Ce travail est dédié à nos chers parents, dont le soutien, les conseils et l'amour ont guidé chacun de nos pas. Nous adressons également nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce mémoire.

Nous exprimons notre reconnaissance à l'ensemble de l'ENSTP pour son appui académique et institutionnel. Nos remerciements particuliers vont à Mme Y. Mahiaoui pour ses efforts et son accompagnement précieux, ainsi qu'à l'administration du département Infrastructures de base, notamment Mme I. Makoudi et Mme M. Bourebia, pour leur disponibilité et leur soutien. Nous remercions également Mme N. Boumahrez pour ses conseils et son appui constant.

Nous adressons nos sincères remerciements à nos encadrants, M. F. Fedghouche et M. Ayyoub Khellifi, pour leur suivi attentif, leurs orientations constructives et leur accompagnement tout au long de ce projet. Nous exprimons aussi notre gratitude à l'ingénieur B. Nassim pour son soutien et les échanges enrichissants qui ont transformé chaque difficulté en opportunité d'apprentissage partagé.

Nous tenons à remercier chaleureusement M. Kamel Hamadi et M. Berriche pour leurs conseils avisés, leur disponibilité et leur accompagnement, qui ont fortement contribué à la réussite de ce travail.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leur dévouement, leurs remarques et la transmission du savoir tout au long de notre parcours. Leur enseignement constitue le socle sur lequel ce projet a pu être construit.

Nous exprimons notre gratitude envers les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour leurs remarques qui enrichiront notre formation.

Enfin, nous remercions les professionnels de l'industrie ferroviaire pour avoir généreusement partagé leur expérience, contribuant ainsi à l'élaboration de ce projet, ainsi que l'entreprise COSIDER pour son accueil lors du stage et son appui en phase finale.

# Dédicace

## *À ma chère mère,*

*Ce travail est avant tout le fruit de ton amour, de ta patience et de tes sacrifices. Tu as été pour moi une source inépuisable de force et de courage. Chez une mère, on trouve la tendresse qui apaise, la sagesse qui guide, la générosité qui ne se mesure pas, et la foi qui soutient dans les moments les plus difficiles.*

*Tu as su transformer chaque épreuve en leçon, chaque doute en encouragement, et chaque réussite en fierté partagée. Ce mémoire est dédié à toi, en signe de reconnaissance pour tout ce que tu as donné sans jamais rien attendre en retour.*

## *À mon cher père,*

*Ce mémoire est aussi le reflet de tes sacrifices silencieux et de ton dévouement constant. Tu as toujours été un modèle de courage, de persévérance et de responsabilité. De la force qui protège, la sagesse qui oriente, la patience qui rassure et le travail acharné qui inspire.*

# Sommaire

**INTRODUCTION GÉNÉRALE**

Cadre Général du Projet....1
Problématique....1
Objectifs de l'Étude....1
Méthodologie Suivie....2
Structure du Rapport....2

**CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS**

I.1 Introduction....5
I.2 Les Avantages du Chemin de Fer....5
I.3 Le Réseau Ferroviaire Algérien....5

**CHAPITRE II : PRÉSENTATION DU PROJET**

Introduction....8
II.1 La Ligne Minière Est....8
II.2 Présentation Générale de la Zone d'Étude....9
II.2.2 Climat....11
Températures et Précipitations....11
II.2.3 Geomorphologie....12
II.3 Présentation du Projet....14
II.4 Paramètres de Conception du Tronçon Bouchegouf–Dréa....14
II.5 Classification Bioclimatique de la Zone d'Étude....15
Conclusion....16

**CHAPITRE III : Étude Avant-Projet Sommaire**

III.1 Introduction....18
III.2 Justification de l'APS....18
III.3 Raisonnement....19
III.4 Conclusion....19

**CHAPITRE IV : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE**

IV.1 Introduction....21
IV.2 Le Rail....22
IV.2.1 Profil du Rail Vignole....22
IV.2.2 Rail Retenu — UIC 60 E1....23
IV.2.3 Assemblage des Rails....24
a) Assemblage par éclisses (joint boulonné)....24
b) Soudure des rails — Longs Rails Soudés (LRS)....25
IV.3 Les Traverses....25
IV.3.1 Traverses en Bois....26
IV.3.2 Traverses en Béton Bi-bloc....26
IV.3.3 Traverses en Béton Monobloc Précontraint....27
IV.4 Les Systèmes d'Attache....28
IV.4.1 Fonctions Fondamentales....29
IV.4.2 Types d'Attaches....29
IV.4.3 Système Retenu — Attache Élastique NABLA....29
IV.5 Les Appareils de Voie (ADV)....31
IV.5.1 Caractérisation Géométrique d'un ADV....32
IV.5.2 Types d'ADV Utilisés dans le Projet....32

IV.5.3 Appareils de Dilatation ..... 33
IV.6 Tableau de Synthèse — Composants de la Superstructure ..... 34
Conclusion ..... 35

**CHAPITRE V : ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG**

Introduction ..... 38
V.1 Tracé en Plan ..... 38
V.2 Éléments Constitutifs du Tracé en Plan ..... 38
V.2.1 Les Alignements Droits ..... 38
V.2.2 La Courbe Circulaire ..... 38
V.2.3 Les Courbes de Raccordement (Clothoïdes) ..... 39
V.3 Conditions à Respecter dans le Tracé en Plan ..... 39
V.4 Paramètres Géométriques de la Voie ..... 39
V.4.1 Vitesses de Référence du Projet ..... 39
V.4.2 Tableau Récapitulatif des Paramètres Géométriques (SNTF) ..... 40
V.4.3 Définition des Paramètres ..... 40
V.5 Détail des Paramètres Géométriques ..... 41
V.5.1 Dévers Théorique (dth) ..... 41
V.5.2 Dévers Prescrit ou Pratique (dp) ..... 41
V.5.3 Dévers Maximum Admissible (dp max) ..... 41
V.5.4 Insuffisance de Dévers (I) ..... 41
V.5.5 Excès de Dévers (E) ..... 41
V.5.6 Rayon Minimal (Rmin) ..... 42
V.5.7 Variation du Dévers par rapport à la Longueur (dd/dl) ..... 42
V.5.8 Variation du Dévers par rapport au Temps (dd/dt) ..... 42
V.5.9 Variation de l'Insuffisance par rapport au Temps (dI/dt) ..... 42
V.6 Application sur le Projet ..... 43
V.6.1 Détails du Calcul ..... 43
V.6.2 Tableau Récapitulatif des Calculs — Ensemble des Courbes ..... 45
Conclusion ..... 45

**CHAPITRE VI : ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE**

Introduction ..... 54
VI.1 Présentation Générale ..... 54
VI.1.1 Localisation Géographique de la Zone d'Étude ..... 54
VI.2 Caractéristiques Climatiques ..... 55
VI.2.1 Températures ..... 55
VI.2.2 Humidité et Zones Bioclimatiques ..... 55
VI.2.3 Pluviométrie ..... 56
VI.2.3.1 Pluies Annuelles ..... 57
VI.2.3.2 Précipitations Journalières Maximales ..... 57
VI.2.3.3 Pluies de Courtes Durées — Relation IDF ..... 57
VI.3 Les Crues ..... 58
VI.3.1 Formule Rationnelle ..... 58
VI.3.2 Coefficient de Ruissellement — Méthode de Kenessey ..... 58
VI.4 Délimitation et Caractérisation des Bassins Versants ..... 59
VI.4.1 Délimitation ..... 59
VI.4.2 Paramètres Morphométriques ..... 60
VI.4.3 Calcul du Temps de Concentration ..... 60
VI.4.4 Paramètres des Bassins Versants Identifiés ..... 61
VI.5 Calcul des Débits de Crue Centennaux ..... 63
VI.5.1 Bassins Versants de Superficie S < 10 km² — Formule Rationnelle ..... 63

VI.5.2 Bassins Versants de Superficie 10 km² < S < 50 km² — Formule de Transition ..... 64
VI.5.3 Débits de Projet Retenus pour le Dimensionnement ..... 64
VI.6 Calcul Hydraulique et Dimensionnement des Ouvrages ..... 65
VI.6.1 Méthode de Manning–Strickler ..... 65
Hauteur utile des ouvrages ..... 66
VI.6.2 Critères de Dimensionnement ..... 66
VI.6.3 Dimensions Retenues des Dalots ..... 66
VI.6.4 Vérifications Hydrauliques des Ouvrages ..... 67
VI.7 Assainissement Longitudinal ..... 68
VI.7.1 Dimensionnement des Fossés ..... 68

**CHAPITRE VII : ÉTUDE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE**

Introduction ..... 74
VII.1 Géologie Régionale ..... 74
VII.1.1 Aspect Structural de la Région d'Étude ..... 74
a) Unité Saharienne ..... 74
b) Unité Tellienne ..... 74
c) Structures Disjonctives ..... 75
d) Le Trias ..... 75
e) Les Nappes Telliennes (Domaine Externe) ..... 75
VII.1.2 Hydrogéologie ..... 75
VII.1.3 Cadre Sismique — RPA 2024 ..... 76
Classification des ouvrages ..... 77
Coefficients d'accélération ..... 77
VII.2 Campagne d'Investigations Géotechniques ..... 78
VII.2.1 Forages Carottés ..... 79
VII.2.2 Puits d'Exploration ..... 79
VII.2.3 Pénétromètres Dynamiques ..... 79
VII.2.4 Sondages Pressiométriques ..... 80
VII.3 Essais de Laboratoire ..... 80
VII.4 Campagne de Reconnaissance Géotechnique — Résultats Détaillés d´un sondage ..... 81
VII.4.1 Sondage Carotté F-57-B-OK ..... 81
Coupe Géotechnique ..... 81
Reconnaissance Visuelle ..... 82
Analyse Granulométrique ..... 83
Limites d'Atterberg et Classification ..... 84
Essai Triaxial ..... 84
Essai Œdométrique ..... 84
VII.5 Unités Géotechniques ..... 84
VII.5.1 Présentation Générale ..... 84
VII.5.2 Description des Unités Géotechniques ..... 84
Unité 1 — Argile Limoneuse (AGL) ..... 84
Unité 2 — Encroûtement Calcaire (EN) ..... 85
Unité 3 — Calcaire (CA) ..... 85
Unité 4 — Marne (M) ..... 86
VII.6 Gîtes d'Emprunts et Carrières ..... 87
VII.6.1 Gîtes d'Emprunts ..... 87
VII.6.2 Carrières ..... 87
VII.1 Zones à Risque de Faible Portance ..... 87
VII.2 Zones à Risque de Cavités Souterraines ..... 88
VII .3 Risque d'Agressivité Chimique du Sol ..... 88
Conclusion ..... 89

**CHAPITRE VIII : ASSISE FERROVIAIRE**

VIII.1 Introduction....91
VIII.2 Composition de l'Assise Ferroviaire....91
VIII.3 Classification du Sol Support selon les Fiches UIC....91
VIII.3.1 Résultats de la Campagne Géotechnique....92
VIII.3.2 Classe de Qualité du Sol Support Retenue....92
VIII.4 Type de Plateforme et Classe d'Assise....93
VIII.4.1 Méthode de Dimensionnement....93
VIII.4.2 Plateforme Retenue — Type P3....93
VIII.5 Calcul de l'Épaisseur Minimale (Fiche UIC 719R)....93
VIII.6 Structure d'Assise Proposée....94
VIII.7 Classification des Puits — Classe de Portance de la Plateforme....94
VIII.8 Caractéristiques des Matériaux....95
VIII.8.1 Couche de Forme — Qualité QS3 ou RT3....95
VIII.8.2 Couche de Fondation....95
VIII.8.3 Sous-Ballast....95
VIII.8.4 Ballast....96
VIII.9 Tableau de Synthèse — Assise Ferroviaire....96
Conclusion....97

**CHAPITRE IX : PROFIL EN TRAVERS**

Introduction....99
IX.1 Conception du Profil en Travers — Subassembly Composer....99
IX.2 Éléments Constitutifs du Profil....99
IX.3 Profil en Travers Retenu....100
IX.4 Volumes de Terrassement et de Matériaux....101
Conclusion....101

**CHAPITRE X : TERRASSEMENTS ET OUVRAGES**

Introduction....103
X.1 Les Terrassements....104
X.1.1 Objectifs et Enjeux des Terrassements....104
X.1.2 Pente des Talus en Déblai et en Remblai....105
X.1.3 Les Bermes....105
X.1.4 Protection des Talus....105
X.1.4.1 Végétalisation....105
X.1.5.3 Surveillance Géotechnique par Piézomètres....106
X.1.6 Le Compactage....107
X.1.7 Réutilisation des Matériaux Excavés....107
X.1.7.1 Classification des Matériaux Issus des Déblais....108
X.1.7.2 Conditions de Réutilisation des Matériaux de Déblais....108
X.2 Ouvrages de Croisement et de Rétablissement....109
X.2.1 Le Croisement Route–Rail....109
X.2.2 Ouvrages de Rétablissement et Protections des Réseaux....109
X.2.2.1 Rétablissement des Voies Routières....109
X.2.2.2 Sécurisation des Conduites de Gaz....110
X.2.2.3 Franchissement des Lignes Électriques Basse et Moyenne Tension....110
X.3 Vérification de la Stabilité des Talus....110
X.3.1 Objet de l'étude....110
X.3.2 Méthodologie et hypothèses de calcul....110
X.3.2.1 Méthode de calcul....110
X.3.2.2 Coefficients de sécurité requis....111
X.3.2.3 Action sismique....111
X.3.2.4 Surcharge ferroviaire....111

X.3.2.5 Hypothèses générales....111
X.3.3 Profils en Travers Courants Étudiés....111
X.3.4 Résultats des analyses de stabilité....112
X.3.4.1 Profil PK 35+000 — Déblai (hauteur ≈ 18 m)....112
X.3.4.2 Profil PK 36+600 — Remblai (hauteur ≈ 17 m)....113
X.3.4.3 Profil PK 37+775 — Déblai (hauteur ≈ 15 m)....113
X.3.4.4 Profil PK 41+875 — Déblai (hauteur ≈ 18 m)....114
X.3.4.5 Profil PK 45+000 — Remblai (hauteur ≈ 21 m)....114
X.3.5 Synthèse des résultats....115
X.3.6 Conclusion de l'Étude de Stabilité....115
Conclusion....115

**CHAPITRE XI : CONCEPTION DE LA GARE DE DÉPASSEMENT**

XI.1 Introduction....125
XI.2 Typologie des Gares Ferroviaires....125
XI.3 Étude du Plan de Masse de la Gare....126
XI.4 Conditions de Conception de la Gare de Dépassement....126
XI.5 Localisation et Implantation de la Gare....127
XI.5.1 Appareils de Voie....127
XI.5.2 Fonctionnalité et Exploitation....128
XI.6 Description Générale de la Gare de Dépassement....128
XI.6.1 Organisation des Voies....128
XI.6.2 Chapeaux de Gendarmes....128
XI.7 Caractéristiques Techniques de la Gare....129
XI.7.1 Déclivité....129
XI.7.2 Appareils de Voie....129
XI.7.3 Garage Franc....130
XI.7.4 Longueur Utile....130
XI.7.5 Entraxes entre Voies....130
XI.7.7 Assainissement Longitudinal....131
XI.8 Tableau Récapitulatif des Caractéristiques de la Gare....131
Conclusion....132

**CHAPITRE XII : SIGNALISATION FERROVIAIRE**

XII.1 Introduction....134
XII.2 Rôle et Objectifs de la Signalisation....134
XII.3 Typologie des Signaux....135
XII.4 Implantation Longitudinale et Visibilité....136
XII.5 Principe du Cantonnement....136
XII.5.1 Définition du Canton....136
XII.5.2 Fonctionnement....137
XII.6 Types de Blocs Utilisés sur le Réseau Ferroviaire....137
XII.7 Système Moderne ERTMS....138
XII.7.1 ERTMS Niveau 1 — Transmission Ponctuelle....138
XII.7.2 ERTMS Niveau 2 — Communication Continue GSM-R....139
XII.7.3 ERTMS Niveau 3 — Localisation Dynamique....139
XII.8 Application au Projet....139
XII.8.1 Avantages du Choix Retenu....140
XII.8.2 Équipements Complémentaires....141
Conclusion....141

**CHAPITRE XIII : ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL**

XIII.1 Introduction....143

XIII.2 Cadre Réglementaire ..... 143
XIII.3 État Initial du Milieu ..... 143
XIII.3.1 Milieu Physique ..... 143
XIII.3.2 Milieu Biologique ..... 144
XIII.3.3 Milieu Humain ..... 144
XIII.4 Identification des Impacts ..... 144
XIII.4.1 Impacts en Phase Chantier ..... 145
XIII.4.2 Impacts en Phase Exploitation ..... 145
XIII.5 Mesures d'Atténuation et de Compensation ..... 146
XIII.6 Plan de Suivi Environnemental ..... 146
Conclusion ..... 147
Annexe A — Listing de la Géométrie de l'Axe en Plan ..... 150
Annexe C — Caractéristiques du Profil en Long ..... 152
Annexe D — Implantation des Entrées en Terre ..... 153
Annexe E — Listing des Terrassements ..... 169
Annexe F — Volumes de Décapage ..... 179
Annexe G — Volumes des Matériaux par Profil ..... 189
Annexe H — Résultats Détaillés des Essais Géotechniques — Sondage F-57-B-OK ..... 264
Annexe I — Notes de Calcul de Stabilité des Talus (GEO5 — Méthode de Bishop) ..... 267

# Liste des Figures

Figure II.1 — Vue 3D du Modèle Numérique de Terrain (MNT) — Couloir APD (bande orange) et axe retenu (rose) — Global Mapper Pro v25 ..... 10
Figure II.2 — Vue cartographique du tronçon PK 35+000 → PK 45+000 (réseau routier N16 et localisation) ..... 10
Figure II.5 — Pression atmosphérique mensuelle (hPa) — Station de Souk-Ahras (valeurs de 1 013 à 1 022 hPa) Office National de la Météorologie (ONM), “Bulletins climatologiques mensuels ..... 11
Figure II.6 — Vue 3D panoramique — Axe APD retenu traversant le territoire de la zone d'étude jusqu'à Dréa ..... 13
Figure II.7 — Vue 3D du terrain — Maillage (Terrain Mesh) construit à partir de CadEarth — Tronçon PK 35+000 → PK 45+000 ..... 13
Figure II.8 — Carte des zones bioclimatiques de l'Est algérien — Zone d'étude en domaine sub-humide (encerclée) selon la classification d’Emberger (1955), adaptée par l’ONM et l’INCT. ..... 15
Figure III.1 — Vue en plan du couloir d’étude et des variantes de tracé ..... 18
Figure III.2 — Profils en long comparatifs des variantes 2, 3 et 4 étudiées en APS ..... 19
Figure IV.1 — Section transversale typique de la voie ferrée — Superstructure (rail + traverse + ballast) et infrastructure (sous-ballast + couche de fondation + couche de forme + plateforme) ..... 21
Figure IV.2 — Profil du rail Vignole UIC 60 E1 — Géométrie, désignation des parties et dimensions normalisées (EN 13674-1) ..... 23
Figure IV.3 — Assemblage des rails : (a) joint boulonné par éclisses — (b) soudure aluminothermique in situ (procédé Thermite, T ≈ 2 400 °C) ..... 25
Figure IV.4 — Comparaison des traverses en béton — (a) Type bi-bloc avec entretoise métallique, retenu pour le projet — (b) Type monobloc précontraint ..... 28
Figure IV.5 — Système d'attache élastique NABLA — Vue en coupe : rail, semelle élastomère 9 mm, attaches ressort, tirefonds et plaque de support sur traverse bi-bloc ..... 30
Figure IV.6 — Appareil de Voie (ADV) — Schéma général en plan et composants principaux : aiguille, contre-aiguille, cœur de croisement et contre-rail ..... 32
Figure IV.7 — Comparaison géométrique des deux ADV : UIC 60-300-1/9 (à gauche, retenu pour le projet) et UIC 60-500-1/12 (à droite, présenté à titre comparatif) ..... 33
Figure IV.8 — Appareil de dilatation au droit d'un pont métallique — Principe de fonctionnement et fil de continuité électrique ..... 34
Figure VI.1 — Limites administratives de la wilaya de Souk-Ahras ..... 54
Figure VI.2 — Températures moyennes mensuelles à Souk-Ahras (1991–2020) — Minimales, maximales et moyennes ..... 55
Figure VI.3 — Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien — Zone d'étude encerclée ..... 56
Figure VI.4 — Précipitations totales mensuelles à Souk-Ahras (1991–2020) ..... 56
Figure VI.5 — Courbes Intensité–Durée–Fréquence (IDF) — Station de Souk-Ahras (T = 2 à 100 ans) ..... 58
Figure VI.6 — Délimitation des bassins versants traversés par le tracé — Global Mapper / MNT ASTER GDEM v3 ..... 60
Figure VI.7 — Vue d'un dalot existant sous voie ferrée — Exemple type de franchissement à rétablir ..... 67
Figure VII.1 — Carte géologique de la zone d'étude (région de Souk-Ahras) ..... 75
Figure VII.2 — Carte sismique nationale — RPA 2024 (zonage de la wilaya de Souk-Ahras en Zone III) ..... 77
Figure VII.3 — Carottes F-57-B-OK, profondeur 0,00 à 5,00 m ..... 82
Figure VII.4 — Carottes F-57-B-OK, profondeur 5,00 à 10,00 m ..... 83

Figure VII.5 — Carottes F-57-B-OK, profondeur 10,00 à 12,00 m ..... 83
Figure X.5 — Cavité souterraine sous voie ferrée : risque d'effondrement ..... 88
Figure X.1 — Modèle numérique de terrain 3D (EarthCAD / Civil 3D) avec tracé ferroviaire ..... 103
Figure X.2 — Courbes de niveau générées sous Global Mapper ..... 104
Figure X.3 — Protection des talus : végétalisation, géotextile, enrochement et fossé de drainage ..... 106
Figure X.4 — Surveillance de la nappe phréatique par piézomètre : lecture manuelle et sonde connectée ..... 107
Figure XI.1 — Tracé en plan Civil 3D : vue d'ensemble de la gare de dépassement, avec les deux axes principaux, l'axe de plateforme et les appareils de voie ADV 1/9 et ADV 1/12 ..... 129
Figure XII.1 — Principaux signaux ferroviaires utilisés sur le réseau SNTF — Signaux principaux (rangée du haut) et signaux complémentaires (rangée du bas) ..... 135
Figure XII.2 — Principe du cantonnement automatique (BAL) — Succession de trois cantons avec signaux de protection : vert (VL), jaune (annonce), rouge (sémaphore) protégeant le train situé dans le canton 3 ..... 137
Figure XII.3 — Les trois niveaux de l'ERTMS — Niveau 1 (transmission ponctuelle par balises), Niveau 2 (communication continue par GSM-R) et Niveau 3 (localisation dynamique en « moving block ») ..... 138
Figure XII.4 — Architecture de signalisation retenue pour le projet — Système BAL avec signaux latéraux + ERTMS niveau 2 sur GSM-R, supervisé depuis le Poste de Commande Centralisé (PCC) via le Radio Block Centre (RBC) ..... 140
Figure XIII.1 — Zones d'influence environnementale du projet — Emprise du chantier (≈ 25 m), zone d'impact direct (≈ 100 m) et zone d'impact indirect (≈ 500 m) avec récepteurs sensibles (habitations, oueds, vergers, patrimoine) ..... 144
Figure H.1 — Coupe géotechnique du sondage F-57-B-OK ..... 264
Figure H.2 — Courbes granulométriques et limites d'Atterberg — Sondage F-57-B-OK ..... 265
Figure H.4 — Abaque de Casagrande — Sondage F-57-B-OK ..... 265
Figure H.5 — Courbes contrainte / déformation — Essai triaxial CD — Sondage F-57-B-OK ..... 266
Figure H.7 — Courbe œdométrique (e – log σ) — Sondage F-57-B-OK ..... 266

# Liste des Tableaux

Tableau II.1 — Températures moyennes mensuelles (°C) et précipitations (mm) — Station de Souk-Ahras entre (19912020) ..... 11
Tableau II.2 — Synthèse des caractéristiques climatiques — Région de Souk-Ahras ..... 12
Tableau II.3 — Paramètres de conception du tronçon PK 35+000 → PK 45+000 ..... 14
Tableau IV.1 — Caractéristiques techniques détaillées du rail UIC 60 E1 (EN 13674-1) ..... 24
Tableau IV.2 — Traverses en bois : avantages, inconvénients et domaine d'emploi ..... 26
Tableau IV.3 — Caractéristiques techniques de la traverse bi-bloc retenue pour le projet ..... 27
Tableau IV.4 — Comparaison synthétique des trois familles de traverses ..... 28
Tableau IV.5 — Caractéristiques techniques du système d'attache NABLA ..... 30
Tableau IV.6 — Caractéristiques géométriques comparées des deux types d'ADV ..... 33
Tableau IV.7 — Synthèse des composants de la superstructure retenus pour le projet ..... 34
Tableau V.1 — Vitesses de référence du projet Source : ANESRIF, cahier des charges du projet de dédoublement de la ligne minière Est ..... 39
Tableau V.2 — Paramètres géométriques du tracé en plan (SNTF) — Vmax = 120 km/h, Vmin = 80 km/h ..... 40
Tableau V.3 — Valeurs admissibles du dévers pratique ..... 41
Tableau V.4 — Valeurs limites d'insuffisance ..... 41
Tableau V.5 — Valeurs limites d'excès ..... 42
Tableau V.6 — Formules du rayon minimal ..... 42
Tableau V.7 — Valeurs limites de variation du dévers / longueur ..... 42
Tableau V.8 — Valeurs limites de variation du dévers / temps ..... 42
Tableau V.9 — Valeurs limites de variation de l'insuffisance / temps ..... 43
Tableau V.10 — Détail du calcul des paramètres de dévers par courbe — Nouvel axe en plan ..... 43
Tableau V.11 — Vérifications des variations dynamiques par courbe ..... 44
Tableau V.12 — Récapitulatif des paramètres géométriques calculés pour chaque courbe du nouvel axe ..... 45
Tableau VI.1 — Températures moyennes mensuelles (°C) — Station de Souk-Ahras (1965–2002) ..... 55
Tableau VI.2 — Pluies annuelles selon les fréquences de retour — Station de Souk-Ahras ..... 57
Tableau VI.3 — Pluies journalières maximales selon les fréquences — Station de Souk-Ahras ..... 57
Tableau VI.4 — Valeurs du paramètre a(T) selon la période de retour — Station de Souk-Ahras ..... 57
Tableau VI.5 — Valeur du paramètre b de Montana — Station de Souk-Ahras ..... 57
Tableau VI.6 — Terme $C_1$ — Pente du cours d'eau principal selon (ANRH – Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Algérie) ..... 59
Tableau VI.7 — Terme $C_2$ — Perméabilité du terrain selon (ANRH – Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Algérie) ..... 59
Tableau VI.8 — Terme $C_3$ — Couverture végétale selon (ANRH – Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Algérie) ..... 59
Tableau VI.9 — Caractéristiques morphométriques des bassins versants des oueds traversés par la Ligne Minière — Tronçon Souk-Ahras – Dréa (PK 35 – PK 45) ..... 61
Tableau VI.10 — Paramètres hydrauliques et intensités pluviométriques des bassins versants ..... 62
Tableau VI.11 — Débits maximaux centennaux (Q100) pour les bassins versants de superficie S < 10 km² ..... 63
Tableau VI.12 — Calcul des débits centennaux par pondération Rationnelle / Crupedix (Partie 1) ..... 64
Tableau VI.13 — Coefficients de pondération et débits de projet retenus (Partie 2) ..... 64
Tableau VI.14 — Débits de projet retenus par ouvrage transversal ..... 65

Tableau VI.15 — Valeurs du coefficient de rugosité Kst selon la nature de l'ouvrage ..... 65
Tableau VI.16 — Dimensionnement hydraulique des dalots (Formule de Manning–Strickler) ..... 66
Tableau VI.17 — Vérifications hydrauliques des dalots (taux de remplissage, vitesse et auto-curage) ..... 67
Tableau VI.18 — Types de fossés selon le débit à évacuer ..... 68
Tableau VII.1 — Horizons aquifères de la région d'étude ..... 76
Tableau VII.2 — Classification des ouvrages selon RPA 2024 ..... 77
Tableau VII.3 — Coefficients d'accélération de calcul selon RPA 2024 ..... 77
Tableau VII.4 — Synthèse des investigations géotechniques in situ — PK 35+000 à PK 45+000 ..... 78
Tableau VII.5 — Forages carottés réalisés dans le secteur d'étude ..... 79
Tableau VII.6 — Puits d'exploration réalisés dans le secteur d'étude ..... 79
Tableau VII.7 — Pénétromètres dynamiques sur le tronçon PK 35+000 → PK 45+000 ..... 80
Tableau VII.8 — Sondages pressiométriques réalisés dans le secteur d'étude ..... 80
Tableau VII.9 — Essais de laboratoire réalisés et normes applicables ..... 80
Tableau VII.10 — Formations géologiques rencontrées (description régionale) ..... 82
Tableau VII.11 — Récapitulatif des résultats des essais — Unité Argile Limoneuse (AGL) ..... 84
Tableau VII.12 — Récapitulatif des résultats de laboratoire — Unité Encroûtement Calcaire (EN) ..... 85
Tableau VII.13 — Récapitulatif des résultats de laboratoire — Unité Calcaire (CA) ..... 85
Tableau VII.14 — Récapitulatif des résultats de laboratoire — Unité Marne (M) ..... 86
Tableau VII.15 — Liste des zones d'emprunts — Nature des matériaux et coordonnées ..... 87
Tableau VII.16 — Liste des carrières identifiées — Région de Souk-Ahras ..... 87
Tableau VIII.1 — Résultats des essais de laboratoire sur les puits d'exploration (PU-38 à PU-41 PK 35+000 → PK 45+000) ..... 92
Tableau VIII.2 — Détermination de la classe de portance de la plateforme (Fiche UIC 719R) ..... 93
Tableau VIII.3 — Calcul de l'épaisseur de la structure d'assise (Formule UIC 719R) ..... 93
Tableau VIII.4 — Structure d'assise proposée pour le tronçon PK 35+000 → PK 45+000 ..... 94
Tableau VIII.5 — Classe de portance de la plateforme par puits — Tronçon PK 35+000 → PK 45+000 ..... 94
Tableau VIII.6 — Fuseau granulométrique du ballast ferroviaire (NF 53-695) ..... 96
Tableau VIII.7 — Synthèse des paramètres de dimensionnement de l'assise ferroviaire ..... 96
Tableau IX.1 — Paramètres géométriques du profil en travers type ..... 100
Tableau IX.2 — Volumes de terrassement cumulés — PK 35+000 → PK 45+000 ..... 101
Tableau IX.3 — Volumes des couches d'assise — PK 35+000 → PK 45+000 ..... 101
Tableau X.1 — Synthèse de la réutilisation des matériaux de déblais selon la classification GTR ..... 108
Tableau X.2 — Synthèse des solutions de croisement route–rail ..... 109
Tableau X.3 — Coefficients de sécurité minimaux exigés selon la situation de calcul. ..... 111
Tableau X.4 — Caractéristiques des profils en travers analysés et surcharge ferroviaire (50 kN/m²). 112
Tableau X.5 — Résultats de la vérification de stabilité (méthode de Bishop) au profil PK 35+000. . 112
Tableau X.6 — Résultats de la vérification de stabilité (méthode de Bishop) au profil PK 36+600. . 113
Tableau X.7 — Résultats de la vérification de stabilité (méthode de Bishop) au profil PK 37+775. . 114
Tableau X.8 — Résultats de la vérification de stabilité (méthode de Bishop) au profil PK 41+875. . 114
Tableau X.9 — Résultats de la vérification de stabilité (méthode de Bishop) au profil PK 45+000. . 115
Tableau X.10 — Synthèse des coefficients de sécurité par profil et par situation de calcul. ..... 115
Tableau XI.1 — Coordonnées d'implantation des appareils de voie de la gare (UTM Zone 32N — WGS 84) ..... 127
Tableau XI.2 — Synthèse des caractéristiques techniques de la gare de dépassement ..... 131
Tableau XI.3 — Organisation et caractéristiques des quatre voies de la gare ..... 132
Tableau XII.1 — Synthèse des principaux signaux ferroviaires ..... 135

Tableau XII.2 — Comparaison des principaux types de blocs ferroviaires ..... 137
Tableau XII.3 — Comparaison synthétique des trois niveaux ERTMS ..... 139
Tableau XII.4 — Architecture de signalisation retenue pour le projet ..... 140
Tableau XIII.1 — Impacts identifiés en phase chantier ..... 145
Tableau XIII.2 — Mesures d'atténuation retenues ..... 146
Tableau A.1 — Listing de la géométrie de l'axe en plan ..... 150
Tableau C.1 — Caractéristiques du profil en long ..... 152
Tableau D.1 — Implantation des entrées en terre — PK 35+000 → PK 45+000 ..... 153
Tableau E.1 — Listing des terrassements — Volumes par profil et cumuls ..... 169
Tableau F.1 — Volumes de décapage — PK 35+000 → PK 45+000 ..... 179
Tableau G.1 — Volumes des matériaux par profil — PK 35+000 → PK 45+000 ..... 189

# Liste des Abréviations

*Cette liste recense les abréviations, sigles et acronymes effectivement employés dans le présent rapport, classés par ordre alphabétique.*

| | |
|---|---|
| **ADV** | Appareil De Voie |
| **AGL** | Argile Limoneuse (unité géotechnique) |
| **ANESRIF** | Agence Nationale d'Études et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires |
| **ANRH** | Agence Nationale des Ressources Hydrauliques |
| **APD** | Avant-Projet Détaillé |
| **APS** | Avant-Projet Sommaire |
| **ASD** | Allowable Stress Design — méthode des contraintes admissibles |
| **BAL** | Bloc Automatique Lumineux |
| **BAPR** | Bloc Automatique à Permissivité Restreinte |
| **BM** | Bloc Manuel |
| **CA** | Calcaire (unité géotechnique) |
| **CBR** | California Bearing Ratio — indice portant californien |
| **CCCC** | China Communications Construction Company |
| **CGS** | Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique |
| **CRBC** | China Road and Bridge Corporation |
| **EIES** | Étude d'Impact Environnemental et Social |
| **EM** | Module Pressiométrique (Ménard) |
| **ERTMS** | European Rail Traffic Management System |
| **FS** | Facteur de Sécurité |
| **GDEM** | Global Digital Elevation Model (modèle numérique de terrain satellitaire ASTER GDEM) |
| **GES** | Gaz à Effet de Serre |
| **GF** | Garage Franc |
| **GSM-R** | Global System for Mobile Communications – Railway |
| **GTR** | Guide Technique pour la Réalisation des remblais et des couches de forme |
| **HA** | Haute Adhérence (aciers pour béton armé) |
| **IDF** | Intensité–Durée–Fréquence (courbes de pluie) |
| **INCT** | Institut National de Cartographie et de Télédétection |
| **INFRAFER** | Entreprise nationale de réalisation d'infrastructures ferroviaires |
| **IP** | Indice de Plasticité |
| **ISO** | International Organization for Standardization |
| **LRS** | Longs Rails Soudés |
| **MDE** | Micro-Deval en présence d'Eau — essai d'usure des granulats |
| **MNT** | Modèle Numérique de Terrain |
| **NABLA** | Système d'attache élastique du rail (nom commercial) |
| **NGF** | Nivellement Général de la France — référence altimétrique |
| **ONM** | Office National de la Météorologie |

| | |
|---|---|
| **PCC** | Poste de Commande Centralisé |
| **PK** | Point Kilométrique |
| **PU** | Puits (d'exploration géotechnique) |
| **RBC** | Radio Block Centre |
| **RPA** | Règles Parasismiques Algériennes |
| **SNTF** | Société Nationale des Transports Ferroviaires |
| **SPT** | Standard Penetration Test — essai de pénétration standard |
| **TBT** | Poids Brut Total |
| **UIC** | Union Internationale des Chemins de Fer |
| **UTM** | Universal Transverse Mercator — système de projection cartographique |
| **VBS** | Valeur au Bleu de méthylène — essai sur sols |
| **VL** | Voie Libre (signalisation) |
| **WGS 84** | World Geodetic System 1984 — système géodésique de référence |
| **WL** | Limite de Liquidité (Atterberg) |
| **WP** | Limite de Plasticité (Atterberg) |
| **ZE** | Zone d'Emprunt |

✦ ✦ ✦

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

# Cadre Général du Projet

Le secteur ferroviaire algérien connaît depuis le début des années 2000 une mutation profonde, soutenue par d'importants investissements publics destinés à moderniser un réseau hérité de la période coloniale et à l'adapter aux exigences contemporaines du transport de masse et du fret stratégique. Dans ce contexte général, la ligne minière Est, qui relie le port d'Annaba aux gisements miniers du Tébessois sur 422 km, occupe une position d'exception : elle constitue à la fois un axe d'exportation majeur des ressources nationales (phosphate de Djebel Onk, minerai de fer de Ouenza et Boukhadra) et un maillon essentiel du désenclavement ferroviaire des wilayas du Nord-Est algérien.

Le présent rapport présente l'étude d'Avant-Projet Détaillé (APD) du dédoublement de cette ligne sur le tronçon Bouchegouf–Souk-Ahras–Dréa, plus précisément la section comprise entre les Points Kilométriques (PK) 35+000 et PK 45+ 000, soit un linéaire de 10 km. Ce tronçon stratégique, situé dans la wilaya de Souk-Ahras, s'inscrit dans le vaste programme national de modernisation et de doublement de la ligne minière Est, dont la mise en service progressive est prévue à l'horizon 2026 selon l´ANESRIF.

# Problématique

La ligne minière Est, dans sa configuration actuelle à voie unique entre Bouchegouf et Tébessa, présente plusieurs limitations opérationnelles majeures qui compromettent sa capacité à accompagner le développement économique de la région et à répondre aux besoins croissants du fret et des voyageurs :

- **Saturation de la capacité :** Les volumes de fret minier (≈ 50 Mt/an) selon l´ANESRIF et la demande de mobilité régionale induisent des conflits de circulation aux évitements et des temps d'attente prolongés en gare.
- **Vétusté de l'infrastructure :** Le tracé existant, partiellement modernisé dans les années 1980, ne respecte plus pleinement les standards UIC actuels en termes de rayons de courbure, d'écartement et de charge à l'essieu admissible.
- **Mixité du trafic :** La cohabitation de trains lourds de marchandises (V ≈ 60–80 km/h) et de trains de voyageurs (V ≈ 100 km/h potentiels) sur une voie unique est techniquement et opérationnellement sous-optimale.

Face à ces contraintes, le doublement de la voie sur le tronçon PK 35+000 – PK 45+000 apparaît comme la solution technique et économique de référence. Il permet d'accroître substantiellement la capacité de transit, d'améliorer la régularité d'exploitation et d'offrir une infrastructure conforme aux normes internationales pour une vitesse cible de 120 km/h voyageurs et 80 km/h marchandises.

# Objectifs de l'Étude

La présente étude d'Avant-Projet Détaillé poursuit quatre objectifs principaux, complémentaires et hiérarchisés :

- **Objectif technique principal :** définir avec précision l'ensemble des éléments géométriques, géotechniques, hydrauliques et structurels nécessaires à la réalisation du dédoublement, en conformité avec les référentiels SNTF et UIC.
- **Objectif d'intégration :** assurer la cohérence entre les différents domaines d'ingénierie (tracé, ouvrages, drainage, signalisation, environnement) à travers une approche systémique.
- **Objectif réglementaire :** respecter scrupuleusement le cadre normatif algérien (RPA 2024, SNTF) et international (UIC), notamment pour les aspects parasismiques et de sécurité ferroviaire.

# Méthodologie Suivie

La méthodologie adoptée pour cette étude s'inscrit dans une démarche d'ingénierie séquentielle, organisée en six grandes phases :

- **Phase 1 — Recherche bibliographique et collecte de données :** synthèse des connaissances techniques sur les voies ferrées, recensement des données topographiques, climatologiques et géologiques disponibles auprès des organismes officiels (ANRH, ONM, CGS).

- **Phase 2 — Analyse du contexte du site :** caractérisation détaillée de la zone d'étude (sismicité, relief, climat, hydrographie).

- **Phase 3 — Étude APS (Avant-Projet Sommaire) :** élaboration d'un tracé préliminaire, identification des principales contraintes techniques et environnementales, estimation sommaire des coûts et validation de la faisabilité générale du projet.

- **Phase 4 — Conception géométrique (APD) :** définition du tracé en plan et du profil en long sous Autodesk Civil 3D 2024, en respectant les paramètres SNTF (rayons, dévers, raccordements progressifs).

- **Phase 5 — Études techniques spécialisées :** analyse hydrologique, étude géotechnique, dimensionnement de l'assise ferroviaire, conception de la gare de dépassement, étude des terrassements, étude de signalisation.

- **Phase 6 — Études d'impact et évaluation économique :** étude d'impact environnemental et établissement du devis quantitatif et estimatif des travaux.

# Structure du Rapport

Le présent rapport s'organise autour d'une introduction générale suivie de treize chapitres, selon une logique allant des fondamentaux vers les applications spécifiques du projet : le Chapitre I présente les généralités sur le transport ferroviaire et le réseau algérien ; le Chapitre II est consacré à la présentation détaillée du projet et de sa zone d'étude ; le Chapitre III développe l'étude d'avant-projet sommaire (APS) et la justification de la variante retenue ; le Chapitre IV traite de la superstructure de la voie (rail, traverses, attaches, appareils de voie). Les Chapitres V à VIII regroupent l´etude multidisciplinaire du projet ferroviaire (géométrie du tracé, hydrologie et hydraulique, géologie et géotechnique, assise ferroviaire). Les Chapitres IX à XI portent sur la conception des ouvrages en terre et de la gare (profil en travers, terrassements et ouvrages, gare de dépassement). Enfin, les Chapitres XII à XIII abordent la signalisation ferroviaire, l'étude d'impact environnemental.

# CHAPITRE I

✦ ✦ ✦

# GÉNÉRALITÉS

# I.1 Introduction

Le transport constitue un service essentiel au développement économique et social. Il permet la mobilité des personnes et des biens, favorise l'intégration des territoires et soutient la croissance des activités industrielles et commerciales. Parmi les différents modes de transport — routier, ferroviaire, aérien et maritime — le chemin de fer occupe une place particulière. Né au XIX$^{e}$ siècle avec la révolution industrielle, il s'est imposé comme un moyen efficace pour le déplacement de grandes masses de marchandises et de voyageurs. En Algérie, le transport ferroviaire a été introduit à la fin du XIX$^{e}$ siècle durant la période coloniale, et il constitue aujourd'hui un levier stratégique pour la modernisation des infrastructures et l'amélioration de la compétitivité nationale.

# I.2 Les Avantages du Chemin de Fer

Le chemin de fer présente plusieurs atouts par rapport aux autres modes de transport :

- **Capacité élevée :** la traction métal sur métal réduit la résistance au roulement, permettant de remorquer des charges importantes.
- **Sécurité accrue :** le trafic ferroviaire est mieux contrôlé, avec un risque réduit d'accidents liés aux dépassements ou aux obstacles.
- **Efficacité opérationnelle :** une ligne ferroviaire peut offrir un débit supérieur à celui d'une autoroute à plusieurs voies.

Ces avantages en font un mode privilégié pour le transport de minerais, de produits industriels et pour la desserte des grandes agglomérations.

# I.3 Le Réseau Ferroviaire Algérien

L'Algérie dispose d'un réseau ferroviaire en constante évolution. Depuis les années 2000, un vaste programme de modernisation et d'extension a été lancé afin de renforcer la performance et la couverture du réseau. Les principales actions entreprises concernent :

- La construction et la rénovation de nouvelles lignes pour améliorer la connectivité entre les régions.
- La remise en service de lignes existantes afin de relancer le transport de passagers et de marchandises.
- L'électrification progressive du réseau, visant à réduire la dépendance aux locomotives diesel et à améliorer la durabilité environnementale.
- L'acquisition de matériel roulant moderne (trains électriques, autorails, locomotives) pour accroître la capacité et la qualité du service.

Ces efforts traduisent la volonté nationale de faire du chemin de fer un pilier du développement durable, en soutenant à la fois la mobilité des citoyens et l'exportation des ressources minières vers les ports. **I.4**

# I.4 Les Limites et Contraintes du Transport Ferroviaire

- **Vieillissement des infrastructures** : certaines lignes datent de l'époque coloniale et nécessitent une rénovation lourde.
- **Manque de couverture nationale** : certaines régions restent mal desservies, ce qui limite l'intégration territoriale.
- **Dépendance énergétique** : une partie du réseau fonctionne encore avec des locomotives diesel, ce qui augmente les coûts et l'impact environnemental.
- **Contraintes financières** : les investissements nécessaires pour moderniser le réseau sont importants et demandent une planification à long terme.

# I.5 Caractéristiques de la ligne projetée

**i. Charge par essieu**

En accord avec l'expérience universelle, la charge de **32,5 t/essieu** a été retenue, les charges supérieures ayant tendance à réduire la durée de vie des rails par usure et par accidents mécaniques.

**ii. Nombre de wagons et longueur du train**

Le train unité est composé de **170 wagons** et de **5 locomotives**, soit une longueur totale de :

- 170 wagons × 12 m = **2 040 m**
- 5 locomotives × 21,9 m = **109,5 m**
- **Longueur totale ≈ 2 150 m**

**iii. Capacité utile et poids brut total**

- Capacité utile par train : **17 857 tonnes**
- Poids brut total (TBT) : **23 075 tonnes**
- Nombre d'essieux par train : **710 essieux**

**iv. Trafic annuel et journalier (scénario ANESRIF 50 Mt/an)**

En admettant **350 jours de travail/an** pour le transport de **50 000 000 tonnes/an** :

$$\frac{50\,000\,000}{350} = 142\,857 \text{ t/jour}$$

Le nombre de trains nécessaires par jour est :

$$\frac{142\,857}{17\,857} \approx 8 \text{ trains/jour}$$

Ainsi, le trafic minéralier exigera **8 trains de fret par jour** dans chaque sens.

**v. Trafic voyageurs**

En complément du trafic minéralier, il est prévu la circulation régulière de **1 train de voyageurs par jour** pour répondre aux besoins de mobilité des usagers.

# CHAPITRE II

✦ ✦ ✦

# PRÉSENTATION DU PROJET

# Introduction

Le présent chapitre a pour objet de situer le projet dans son contexte géographique, économique et technique. Il présente successivement la ligne minière Est dans sa globalité, les caractéristiques de la zone d'étude — notamment ses contraintes naturelles de sismicité, de relief et de climat —, puis les paramètres de conception retenus pour le tronçon PK 35+000 – PK 45+000, objet de la présente étude APD.

Ce tronçon, long de 10 km et situé entre Bouchegouf et Dréa dans la wilaya de Souk-Ahras, s'inscrit dans le cadre du vaste programme national de modernisation et de dédoublement de la ligne minière Est, dont l'achèvement est prévu avant la fin de l'année 2026. Il constitue une portion stratégique de cet axe ferroviaire, combinant accessibilité directe par la route nationale N16, relief favorable et importance économique régionale.

# II.1 La Ligne Minière Est

La ligne minière Est constitue l'un des axes ferroviaires les plus stratégiques du réseau national algérien. D'une longueur totale de 422 km, elle relie le port d'Annaba, principal débouché maritime du nord-est de l'Algérie, aux gisements miniers du Tébessois, en traversant cinq wilayas regroupant plus d'un million d'habitants.

Elle assure le transport de trois grandes familles de ressources minérales nationales, acheminées vers les installations industrielles et portuaires d'Annaba :

- **Phosphate :** Phosphate de Djebel Onk, l'un des plus grands gisements d'Algérie, destiné principalement à l'exportation via le port d'Annaba et à l'industrie chimique nationale.
- **Minerai de fer :** Minerai de fer extrait des mines de Ouenza et Boukhadra, essentiel pour l'industrie sidérurgique nationale (complexe d'El-Hadjar) et pour l'exportation.
- **Produits dérivés :** Produits dérivés du phosphate destinés à l'industrie des engrais et à la pétrochimie.

Le volume de fret annuel transporté sur cet axe avoisine 26 millions de tonnes, faisant de la ligne minière Est l'un des axes ferroviaires à la plus forte densité de trafic marchandises en Algérie. Cette importance économique majeure justifie pleinement les travaux de modernisation et de dédoublement en cours, visant à accroître la capacité de transit, améliorer la régularité des circulations et renforcer la sécurité de l'exploitation.

À l'horizon 2026, près de 70 % des travaux de modernisation et de dédoublement sont d'ores et déjà réalisés, avec une mise en service progressive prévue avant la fin de l'année. Le tronçon Bouchegouf–Dréa (121 km au total) demeure l'un des plus complexes techniquement, nécessitant des ouvrages d'art majeurs dont le tunnel n°8 (2 km) et le pont n°39 (1 350 m). Les chantiers mobilisent des équipes en rotation continue (3×8), avec la participation d'entreprises nationales telles que Cosider et INFRAFER, garantissant le respect des délais et des normes ferroviaires internationales.

# II.2 Présentation Générale de la Zone d'Étude

Le projet de dédoublement et de modernisation de la ligne minière Est s'étend sur un linéaire stratégique de 121 km (source : ANESRIF), reliant Bouchegouf à Dréa dans la wilaya de Souk-Ahras, à l'extrême nord-est de l'Algérie, et traversant des zones agricoles et semi-montagneuses (source : carte géologique régionale). Ce tronçon est découpé en deux sections principales : 72 km entre Bouchegouf et Aïn Senour et 49 km entre Aïn Senour et Dréa (source : ANESRIF). Il est conçu pour supporter une charge par essieu de 32,5 t (source : normes UIC adoptées par ANESRIF). Chaque train unité est composé de 170 wagons et 5 locomotives, pour une longueur totale d'environ 2 150 m, une capacité utile de 17 857 tonnes et un poids brut total de 23 075 tonnes (source : caractéristiques techniques ANESRIF). Ce linéaire traverse les wilayas de Guelma, El-Taref et Souk-Ahras, en proximité immédiate de la frontière algéro-tunisienne (source : données géographiques nationales). Sa réalisation mobilise plusieurs entreprises nationales telles que Cosider TP, Sero Est, Sapta, Engoa et des partenaires étrangers comme CRBC et CCCC, sous la maîtrise d'ouvrage déléguée d'ANESRIF (source : rapports du ministère des Travaux Publics)

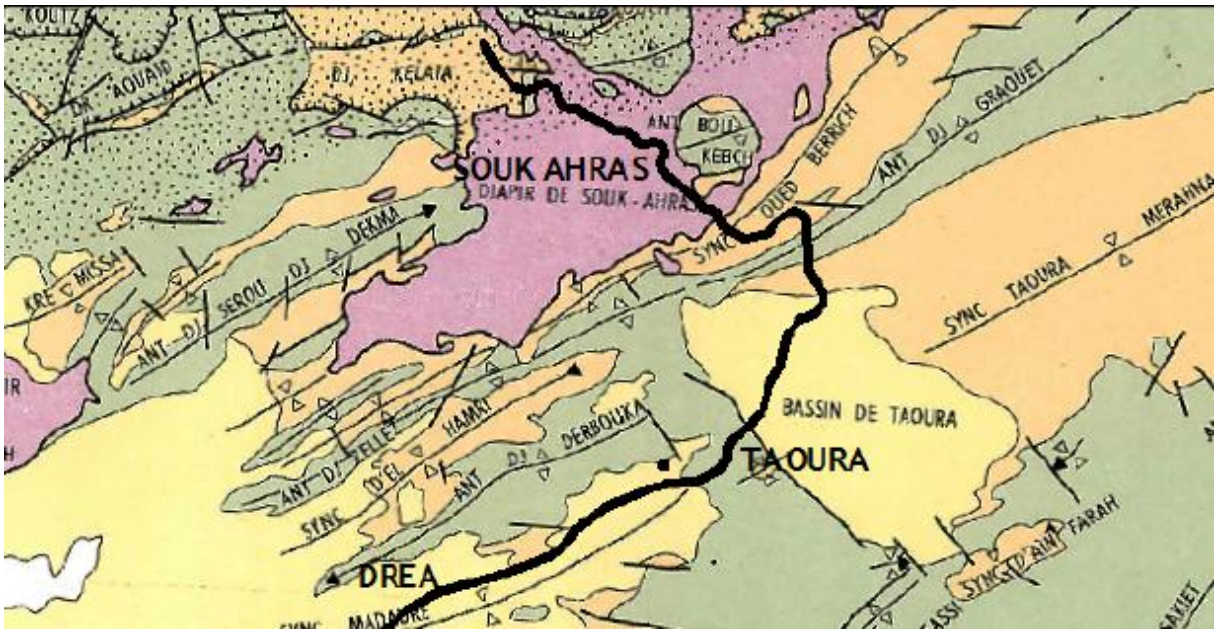



***Figure : Carte géologique et tracé du projet ferroviaire minier Est (tronçon Bouchegouf – Dréa, 121 km)***

Le tronçon étudié s'étend sur 10 km entre les PK 35+000 et PK 45+000, entre Bouchegouf et Dréa, dans la wilaya de Souk-Ahras, à l'extrême nord-est de l'Algérie. Cette zone est délimitée au nord par la wilaya d'El-Taref, au nord-ouest par Guelma, à l'est par la frontière algéro-tunisienne et au sud par la wilaya de Tébessa.

Le tronçon est situé dans une zone agricole et semi-montagneuse, caractérisée par une altitude moyenne de 800 m NGA et une accessibilité directe par la route nationale N16 qui longe le tracé sur la quasi-totalité de son linéaire, facilitant la logistique et le transport des matériaux de construction.

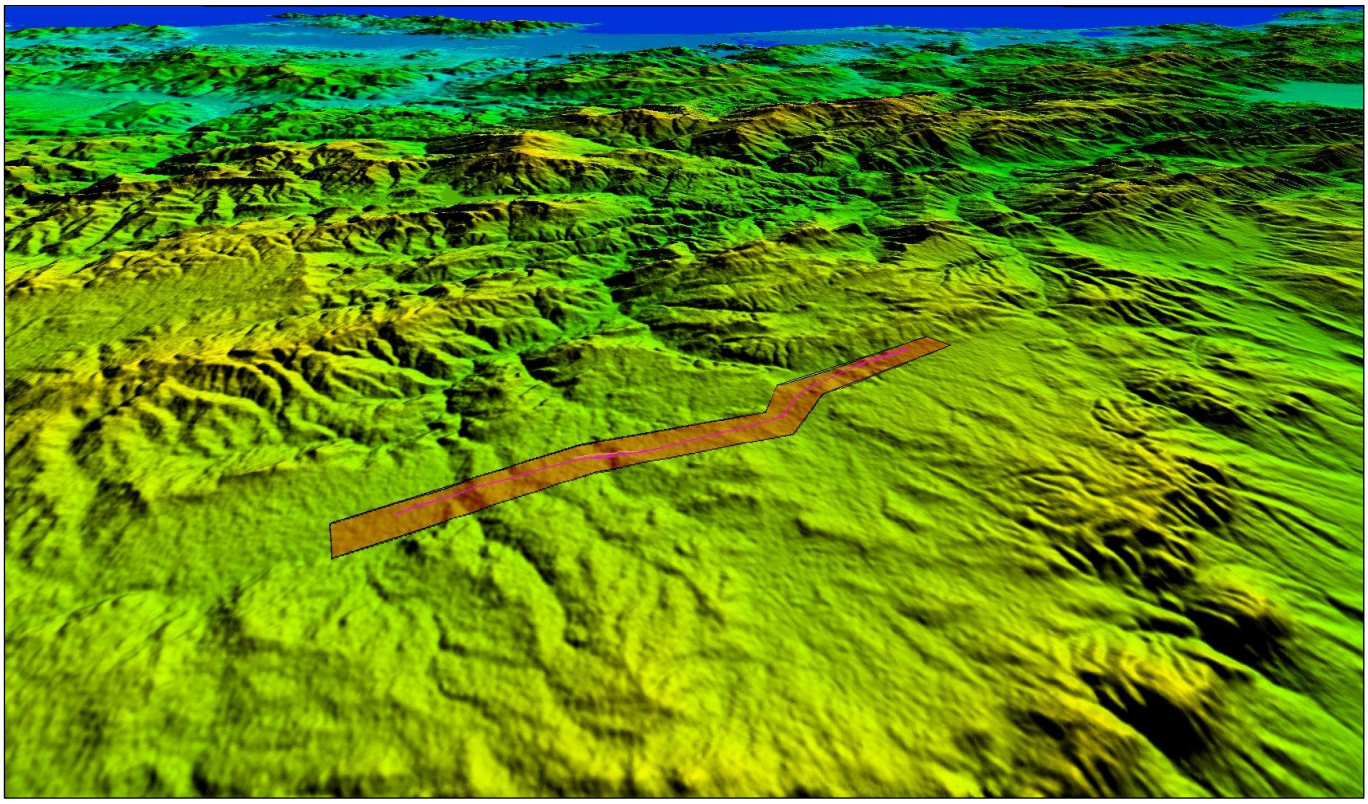


*Figure II.1 — Vue 3D du Modèle Numérique de Terrain (MNT) — Couloir APD (bande orange) et axe retenu (rose) — Global Mapper Pro v25*

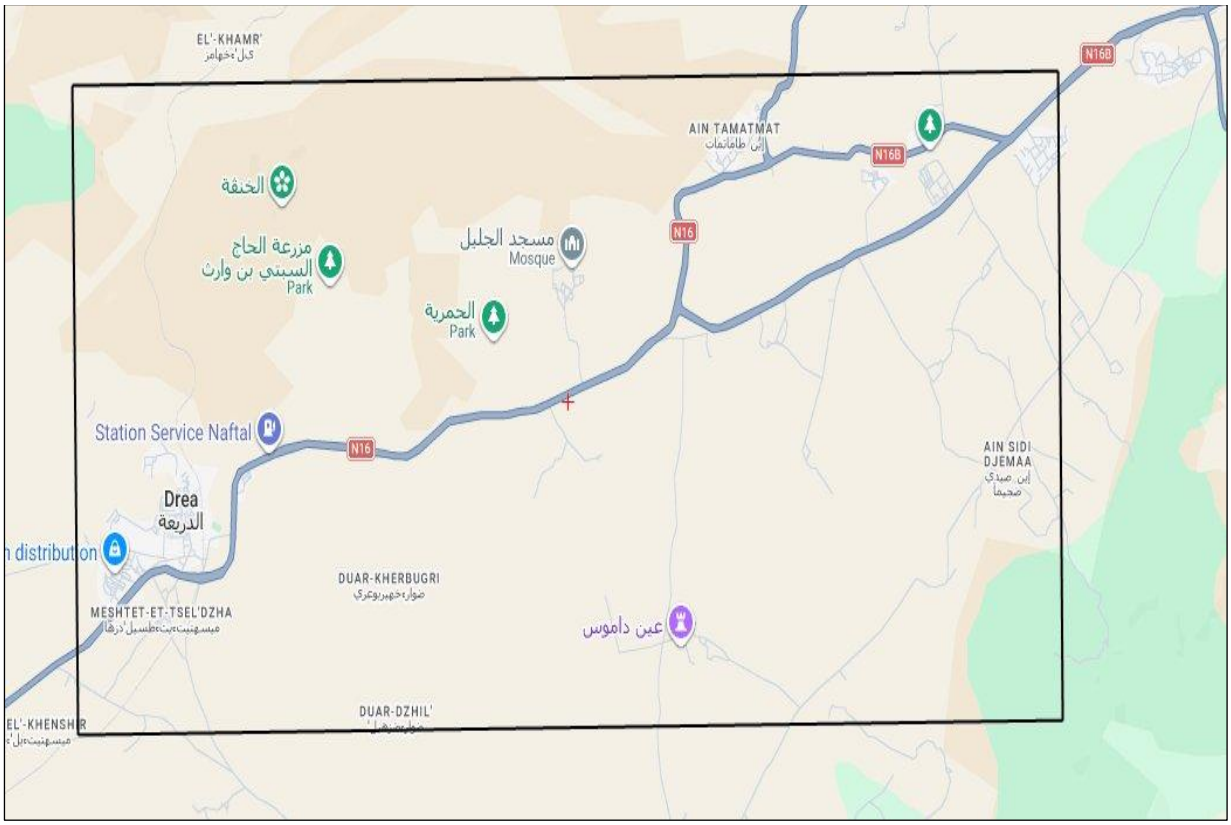



*Figure II.2 — Vue cartographique du tronçon PK 35+000 → PK 45+000 (réseau routier N16 et localisation)*

## II.2.2 Climat

La région de Souk-Ahras est soumise à un climat de type méditerranéen semi-continental, caractérisé par des contrastes saisonniers marqués : hivers froids et humides s'opposant à des étés chauds et secs. Ce régime climatique est une contrainte directe pour la conception des ouvrages de drainage, la sélection des matériaux de remblai et la planification des travaux de génie civil.

### Températures et Précipitations

D'après les données de la station de Souk-Ahras, les températures mensuelles moyennes varient de 12 °C en janvier à 34 °C en juillet-août. Les précipitations présentent un double régime : un maximum hivernal (janvier–mars et novembre–décembre, valeurs > 50 mm/mois) et un minimum estival très prononcé (juillet–août, < 12 mm/mois). Le tableau suivant résume les données climatiques mensuelles.

***Tableau II.1 — Températures moyennes mensuelles (°C) et précipitations (mm) — Station de Souk-Ahras entre (1991-2020)***

| Mois | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Jun | Jul | Aoû | Sep | Oct | Nov | Déc |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T°C moy. | 12 | 13 | 16 | 20 | 24 | 30 | 34 | 34 | 29 | 24 | 17 | 13 |
| P (mm) | 52 | 50 | 51 | 45 | 35 | 20 | 10 | 12 | 25 | 40 | 48 | 50 |

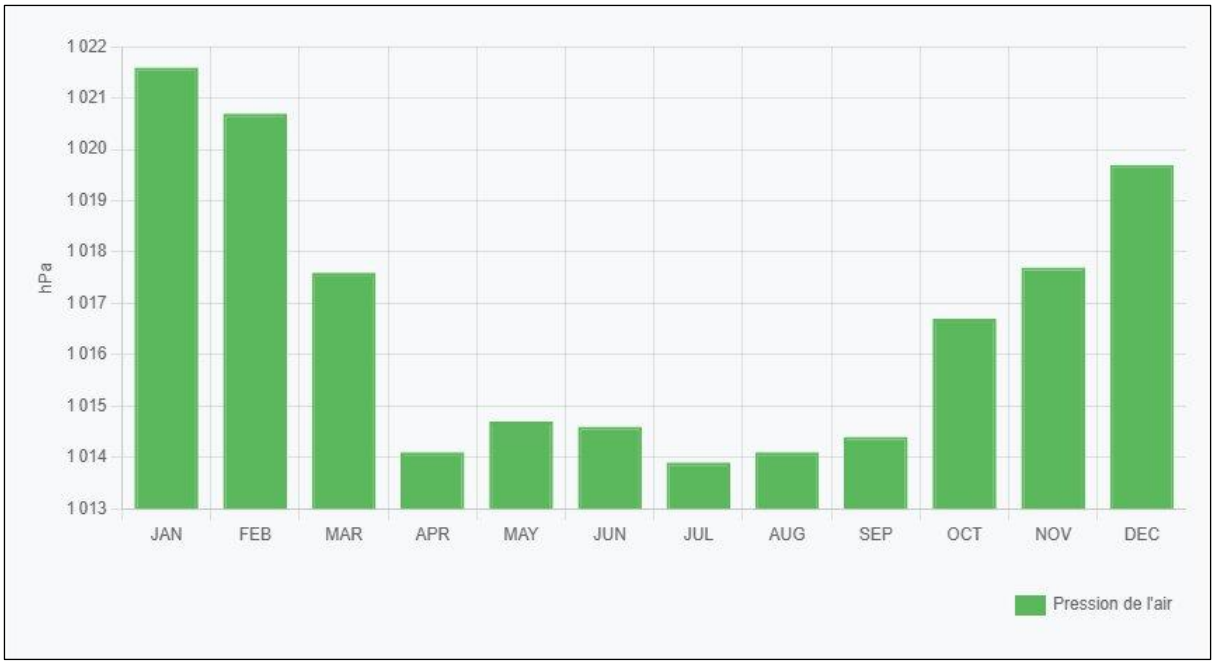



***Figure II.5 — Pression atmosphérique mensuelle (hPa) — Station de Souk-Ahras (valeurs de 1 013 à 1 022 hPa) Office National de la Météorologie (ONM), "Bulletins climatologiques mensuels***

L'analyse du diagramme ombrothermique confirme le caractère sub-humide de la région : les précipitations maximales en hiver (janvier–mars, > 50 mm/mois) génèrent des crues saisonnières dans les oueds traversant l'emprise, imposant un dimensionnement hydraulique rigoureux des ouvrages de franchissement. Le minimum estival (juillet–août, < 12 mm/mois), combiné aux températures élevées

(30–34 °C), influence la portance des remblais argileux et impose des précautions particulières pour les travaux de bétonnage en période estivale.

La pression atmosphérique oscille entre 1 013 et 1 022 hPa selon les saisons, avec des valeurs hivernales plus élevées et des anticyclones saisonniers qui apportent des vents froids du nord.

***Tableau II.2 — Synthèse des caractéristiques climatiques — Région de Souk-Ahras***

| Paramètre | Valeur | Observation |
|---|---|---|
| Température minimale | 12 °C (Janvier) | Risque de gel modéré en altitude |
| Température maximale | 34 °C (Juillet–Août) | Précautions pour bétonnage estival |
| Précipitation max. | 52 mm (Janvier) | Crues saisonnières à prendre en compte |
| Précipitation min. | 10 mm (Juillet) | Sécheresse estivale marquée |
| Régime climatique | Méditerranéen semi-continental | Sub-humide (P > 400 mm/an) |
| Pression atm. moy. | 1 016 hPa | Normale pour l'altitude de 800 m NGF |

## II.2.3 Geomorphologie

Le tronçon PK 35+000 – PK 45+000 s'inscrit dans un contexte de relief modéré, typique des hautes plaines de l'Est algérien. La bande d'étude évolue à des altitudes comprises entre 750 et 870 m NGA, avec une tendance générale à la déclivité douce vers le sud-est, en direction de la commune de Dréa. Ce profil altimétrique favorable constitue un avantage technique majeur pour le projet de dédoublement, limitant les besoins en terrassements importants.

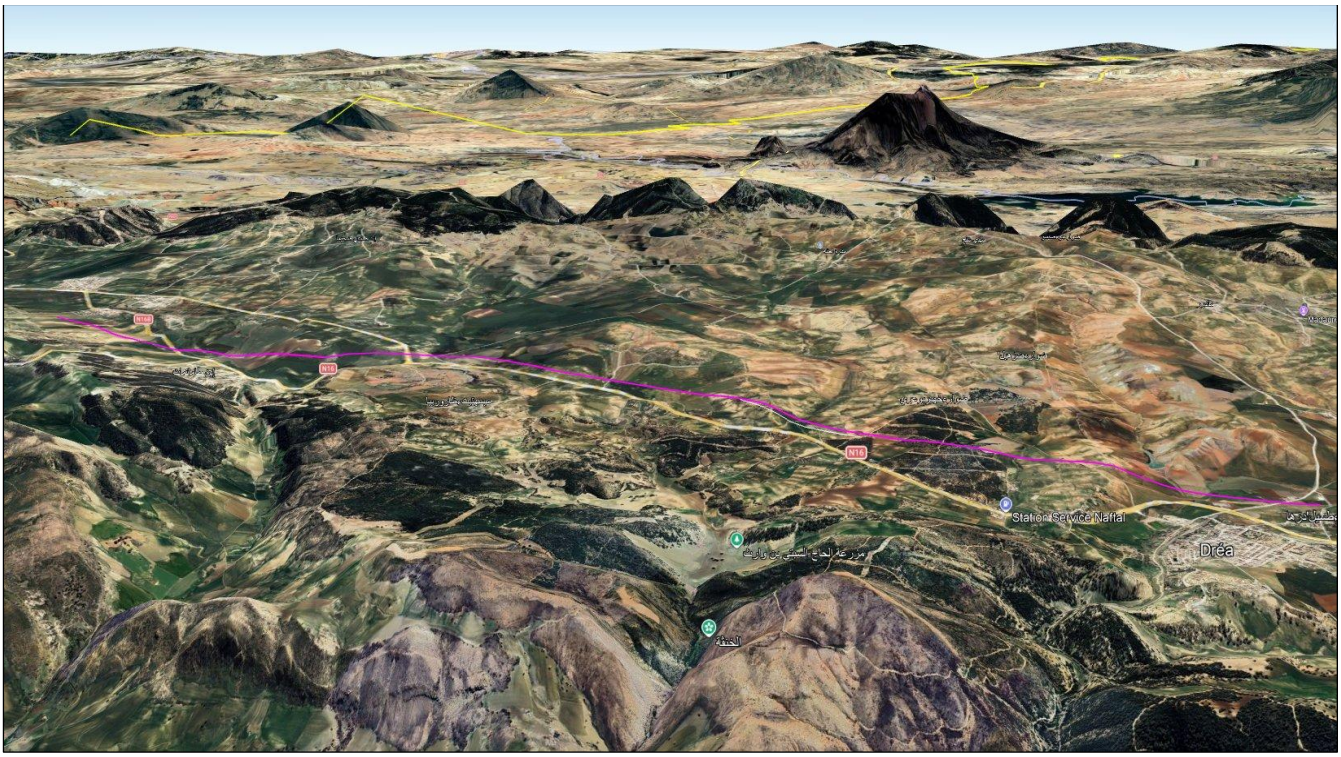



*Figure II.6 — Vue 3D panoramique — Axe APD retenu traversant le territoire de la zone d'étude jusqu'à Dréa*

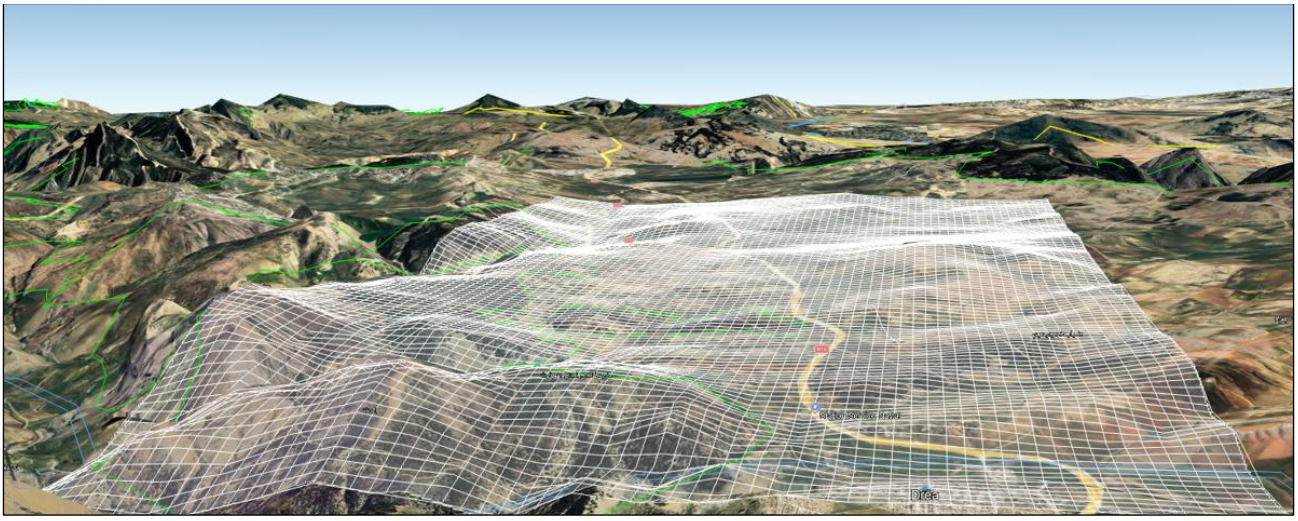



*Figure II.7 — Vue 3D du terrain — Maillage (Terrain Mesh) construit à partir de CadEarth — Tronçon PK 35+000 → PK 45+000*

L'analyse conjointe du modèle numérique de terrain et du maillage tridimensionnel reconstruit sous CadEarth révèle un relief ondulé de faible à moyenne amplitude, compatible avec les déclivités ferroviaires imposées pour les vitesses de projet (120 km/h voyageurs, 80 km/h marchandises). Les zones de déblai et de remblai s'alternent de manière relativement équilibrée le long du tronçon, ce qui permet d'optimiser le bilan des terrassements, de favoriser le réemploi des matériaux excavés et de limiter les apports extérieurs.

# II.3 Présentation du Projet

Le projet objet de la présente étude APD (Avant-Projet Détaillé) consiste en le dédoublement de la voie ferrée existante sur le tronçon Bouchegouf – Souk-Ahras – Dréa, pour la section comprise entre les PK 35+000 et PK 45+000, soit un linéaire de 10 km. Il s'agit de concevoir et de dimensionner une deuxième voie ferrée parallèle à la voie existante, permettant la circulation simultanée de trains dans les deux sens et supprimant ainsi les contraintes d'exploitation liées à la voie unique actuelle.

L'axe APD retenu a été élaboré sous Autodesk Civil 3D 2024, en s'appuyant sur les contraintes géométriques imposées par le référentiel SNTF et les normes UIC applicables aux lignes de catégorie mixte voyageurs/marchandises.

# II.4 Paramètres de Conception du Tronçon Bouchegouf–Dréa

Les paramètres de conception du tronçon ont été arrêtés conformément aux prescriptions techniques de la SNTF et aux fiches de l'Union Internationale des Chemins de Fer (UIC). Ils tiennent compte des contraintes géométriques, des exigences de trafic et des conditions naturelles du site.

***Tableau II.3 — Paramètres de conception du tronçon PK 35+000 → PK 45+000***

| Paramètre | Caractéristiques |
|---|---|
| Tronçon étudié | Bouchegouf – Dréa (Ligne Minière Est) |
| Longueur | 10 km (PK 35+000 → PK 45+000) |
| Trafic prévu | Mixte : voyageurs et marchandises |
| Vitesse de référence (voyageurs) | V = 120 km/h |
| Vitesse de référence (marchandises) | V = 80 km/h |
| Charge à l'essieu | 32,5 t (325 kN) |
| Type de rail | UIC 60 E1 |
| Écartement de voie | 1 435 mm (voie normale) |
| Entre-axe des voies | 4,20 m |
| Type de traverse | Bi-bloc béton |
| Système d'attache | Type NABLA |
| Appareil de voie (ADV) | 60E1-300-1/9 et 60E1-500-1/12 |
| Traction | Électrique |
| Altitude moyenne | ~800 m NGA |

| Paramètre | Caractéristiques |
|---|---|
| Accessibilité chantier | Route Nationale N16 (longe le tracé) |
| Logiciels de conception | Autodesk Civil 3D 2024 |
| Référentiel technique | SNTF / UIC / RPA 2024 |

# II.5 Classification Bioclimatique de la Zone d'Étude

La classification bioclimatique de la région est un élément essentiel pour comprendre les interactions entre le climat et le comportement des sols et des matériaux ferroviaires. D'après la carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien, la zone d'étude est caractérisée par un climat sub-humide, avec une pluviométrie annuelle supérieure à 400 mm.

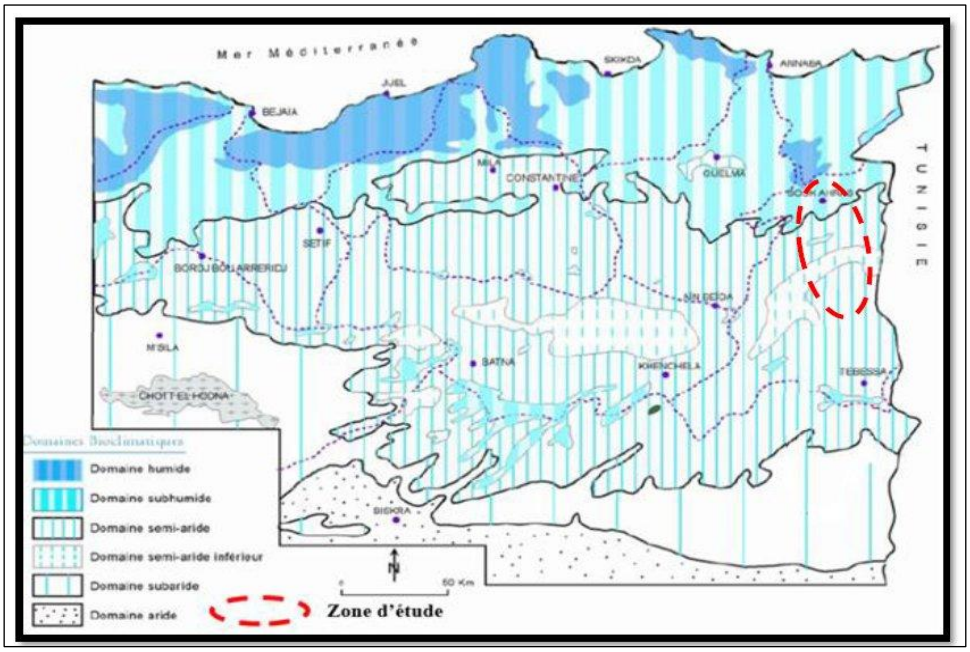



***Figure II.8 — Carte des zones bioclimatiques de l'Est algérien — Zone d'étude en domaine sub-humide (encerclée) selon la classification d'Emberger (1955), adaptée par l'ONM et l'INCT.***

Cette classification sub-humide implique que la zone présente un bilan hydrique légèrement déficitaire en été mais globalement favorable sur l'année, ce qui est cohérent avec les données pluviométriques relevées à la station de Souk-Ahras. Elle conditionne directement le choix des matériaux pour les remblais, la conception du drainage longitudinal et la protection des talus contre l'érosion.

# Conclusion

Ce chapitre a présenté le cadre général du projet de dédoublement de la ligne minière Est sur le tronçon PK 35+000 – PK 45+000. L'analyse des caractéristiques de la zone d'étude — localisation, sismicité, relief, climat et classification bioclimatique — permet de dégager les constats suivants :

- **Relief favorable :** Le tronçon s'inscrit dans un contexte de relief modéré (altitude ~800 m NGF), favorable à la réalisation du dédoublement dans des conditions technico-économiques satisfaisantes.
- **Sismicité prise en compte :** le classement de la wilaya en Zone III (RPA 2024) est intégré dès la conception, avec un coefficient d'accélération de calcul A = 0,20 g pour les ouvrages d'art du Groupe 1B.
- **Paramètres conformes aux normes :** Les paramètres de conception retenus (V = 120/80 km/h, Rail UIC 60 E1, traverse bi-bloc, ADV 60E1-300-1/9 et 60E1-500-1/12) sont conformes aux prescriptions SNTF/UIC pour une ligne mixte à fort trafic.

Les chapitres suivants développeront en détail les aspects géotechniques, hydrauliques, géométriques et structurels du projet, en s'appuyant sur les données de terrain et les calculs APD réalisés.

# CHAPITRE III

✦ ✦ ✦

# Étude Avant-Projet Sommaire (APS)

# III.1 Introduction

L'Avant-Projet Sommaire (APS) a pour objectif d'explorer différentes variantes de tracé afin d'identifier la solution la plus adaptée au contexte technique et économique du projet. Cette étape constitue une analyse préliminaire permettant de comparer les profils en long et de retenir les zones les plus favorables pour le passage de la ligne.

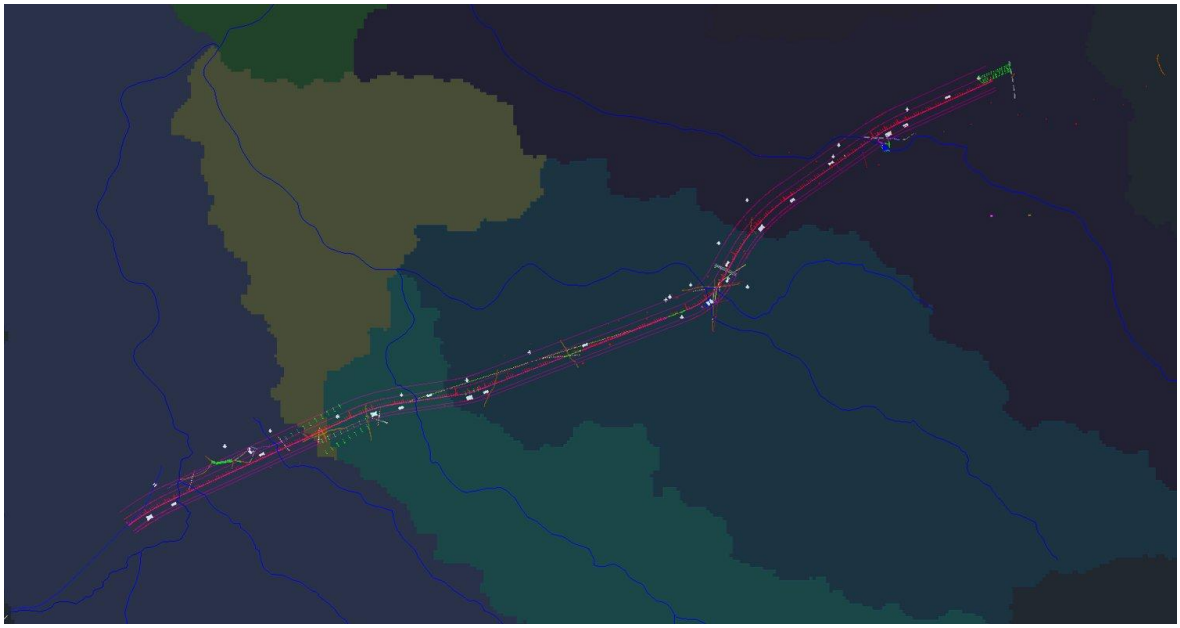


***Figure III.1 — Vue en plan du couloir d'étude et des variantes de tracé***

# III.2 Justification de l'APS

Plusieurs variantes ont été étudiées dans le couloir bas. Toutefois, celles-ci franchissent des conduites de gaz. l'étude APS a permis de localiser les tronçons présentant les meilleures conditions de tracé, en tenant compte du relief et des contraintes existantes.

Cette démarche a permis de réduire les volumes de terrassement, de maîtriser les coûts et d'assurer une meilleure régularité du profil en long, conformément aux exigences ferroviaires.

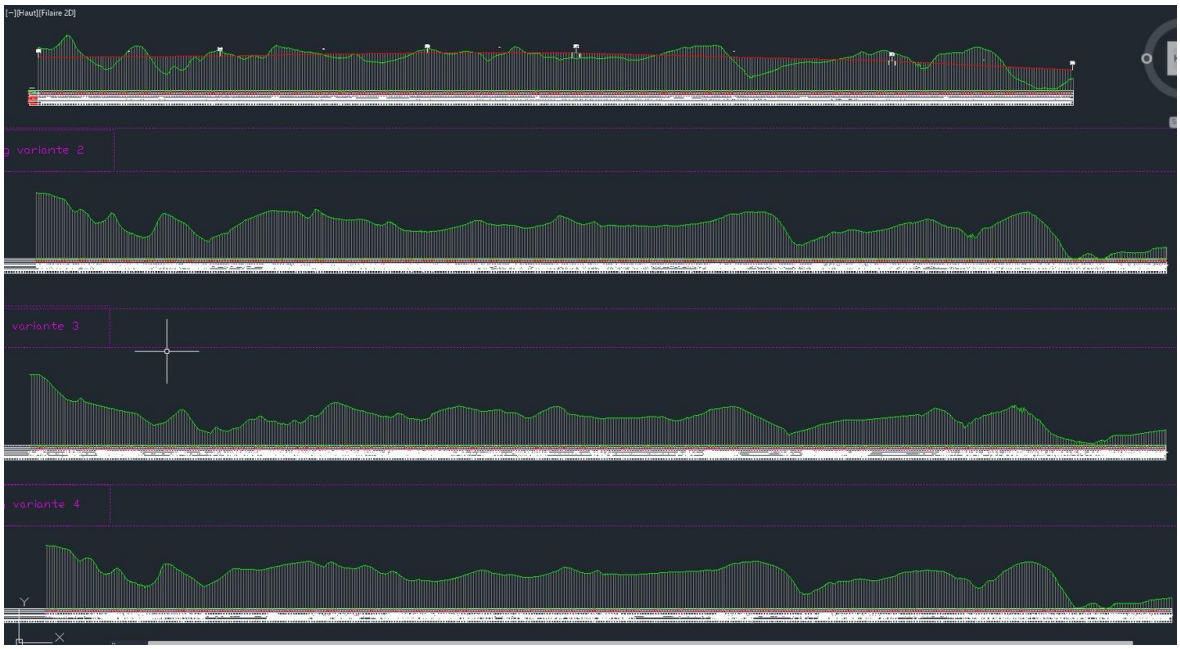



***Figure III.2 — Profils en long comparatifs des variantes 2, 3 et 4 étudiées en APS***

# III.3 Raisonnement

Le choix de la variante retenue repose sur une logique d'optimisation multicritère. L'analyse a pris en compte les aspects techniques, économiques et environnementaux du projet, en s'appuyant sur les critères fondamentaux suivants :

- Minimiser et équilibrer les volumes de déblais et de remblais afin de réduire le coût des terrassements ;
- Éviter toute interférence avec les réseaux sensibles, notamment les conduites de gaz ;
- Garantir un profil en long régulier et conforme aux normes ferroviaires en vigueur ;
- Assurer la faisabilité technique et économique du projet dans les délais impartis.

# III.4 Conclusion

L'étude APS a permis de sélectionner la variante offrant le meilleur compromis entre faisabilité, économie et sécurité. Les résultats de cette comparaison confirment que la variante retenue présente les caractéristiques géométriques les plus favorables, tant du point de vue du tracé en plan que du profil en long.

Les détails techniques, les calculs et les plans correspondants seront développés dans l'Avant-Projet Détaillé (APD), qui constituera la prochaine étape de l'étude.

# CHAPITRE IV

✦ ✦ ✦

# SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

# IV.1 Introduction

La voie ferrée constitue un système structurel complexe formé de deux ensembles complémentaires aux fonctions clairement différenciées : l'infrastructure et la superstructure. Cette dualité, codifiée par l'Union Internationale des Chemins de Fer dans ses fiches techniques (UIC 719R, UIC 860, UIC 861), conditionne directement la capacité portante, la durabilité et le coût d'exploitation de la ligne.

- **L'infrastructure** regroupe les ouvrages en terre (terrassements, déblais, remblais), les ouvrages d'art (ponts, viaducs, tunnels, murs de soutènement), ainsi que les couches d'assise (ballast, sous-ballast, couche de forme). Elle constitue le support fondamental sur lequel repose la voie et dont le dimensionnement a fait l'objet des chapitres VII (géotechnique) et VIII (assise ferroviaire) du présent rapport.
- **La superstructure** comprend les rails, les traverses, les systèmes d'attache, les appareils de voie et leurs accessoires de fixation. Elle est directement en contact avec les charges transmises par les essieux et constitue l'interface mécanique et électrique entre le matériel roulant et la plateforme.

Le rôle fondamental de la superstructure est triple : guider les essieux selon l'axe géométrique défini en chapitre V, transmettre uniformément les charges verticales (225 kN par essieu pour le présent projet) et horizontales (forces de freinage, force centrifuge en courbe), et garantir la continuité électrique nécessaire à la signalisation et à la traction. Une superstructure bien conçue et entretenue garantit la durabilité de l'ensemble de la ligne, réduit les coûts de maintenance et améliore la performance opérationnelle du réseau.

Le présent chapitre détaille successivement les quatre composantes principales de la superstructure retenue pour le dédoublement de la ligne minière Est : le rail UIC 60 E1, les traverses béton bi-bloc, les attaches élastiques de type NABLA, et les appareils de voie UIC 60-300-1/9. Chaque choix technique est justifié au regard des prescriptions SNTF et UIC en vigueur, ainsi que des contraintes spécifiques de la ligne minière (trafic mixte voyageurs/marchandises, charge à l'essieu 22,5 t, vitesse de référence 120/80 km/h).

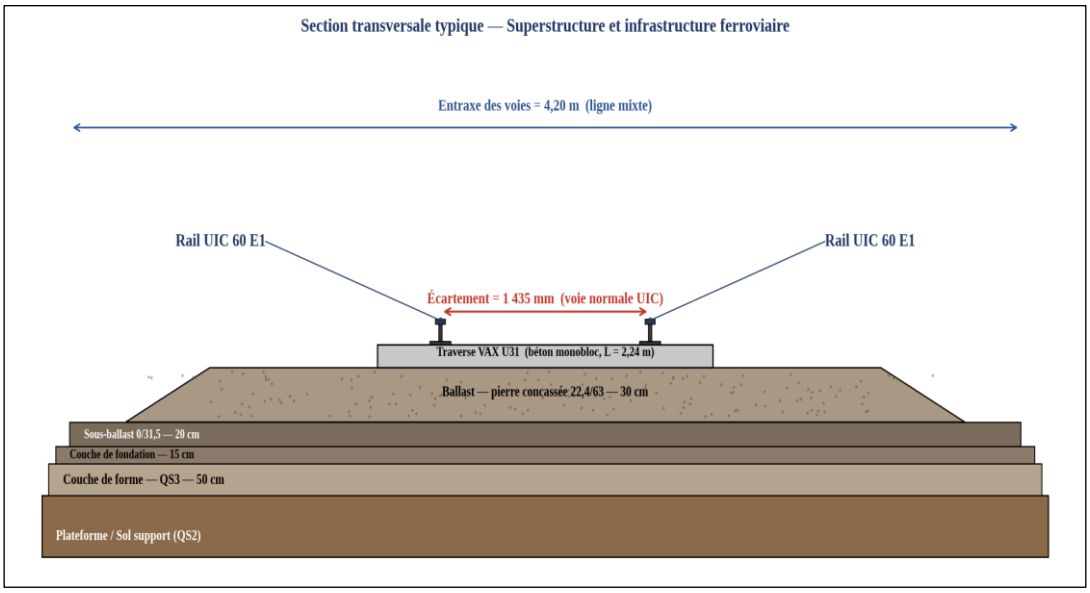



***Figure IV.1 — Section transversale typique de la voie ferrée — Superstructure (rail + traverse + ballast) et infrastructure (sous-ballast + couche de fondation + couche de forme + plateforme)***

# IV.2 Le Rail

Le rail constitue l'élément fondamental de la superstructure ferroviaire. Mécaniquement, il joue le rôle d'une poutre continue sur appuis multiples (les traverses) qui répartit les charges des roues vers la plateforme via le ballast. Géométriquement, il assure le guidage des essieux et le maintien de l'écartement de la voie. Électriquement enfin, il participe à la transmission du courant nécessaire au système de signalisation par circuits de voie ainsi qu'à la traction électrique sur les lignes électrifiées.

Les rails sont disposés en deux files parallèles posées sur les traverses, avec un écartement standard de 1 435 mm correspondant à la voie normale UIC adoptée sur la quasi-totalité du réseau algérien. Cet écartement, mesuré 14 mm en dessous du plan de roulement, est défini par la fiche UIC 712 et représente le compromis historique entre stabilité, coût et compatibilité internationale.

## IV.2.1 Profil du Rail Vignole

Tous les rails modernes utilisés en exploitation ferroviaire suivent le profil Vignole, du nom de l'ingénieur britannique Charles Blacker Vignoles qui en a établi la forme normalisée vers 1836. Ce profil, codifié par la norme européenne EN 13674-1 et reconnu par la fiche UIC 860, se compose de trois parties principales remplissant chacune une fonction mécanique précise :

- **Le champignon** constitue la partie supérieure du rail, en contact direct avec la roue. Sa surface plane horizontale, appelée table de roulement, est profilée avec un dévers transversal de 1/20 (côté intérieur) pour optimiser le contact roue-rail et limiter l'usure latérale. Sa largeur (72 mm pour l'UIC 60) est dimensionnée pour résister aux contraintes hertziennes de contact pouvant atteindre 1 500 MPa sous les essieux les plus lourds.
- **L'âme** relie le champignon au patin. Sa hauteur conditionne le moment d'inertie de la section et donc la rigidité verticale du rail ; son épaisseur (16,5 mm pour l'UIC 60) assure la résistance au cisaillement. La forme galbée des raccordements âme/champignon et âme/patin minimise les concentrations de contraintes en zones de transition.
- **Le patin** constitue la base élargie du rail (150 mm de largeur pour l'UIC 60). Il assure la transmission des charges vers la traverse via la semelle d'attache et offre une surface d'appui suffisante pour limiter la pression de contact sur la traverse en béton.

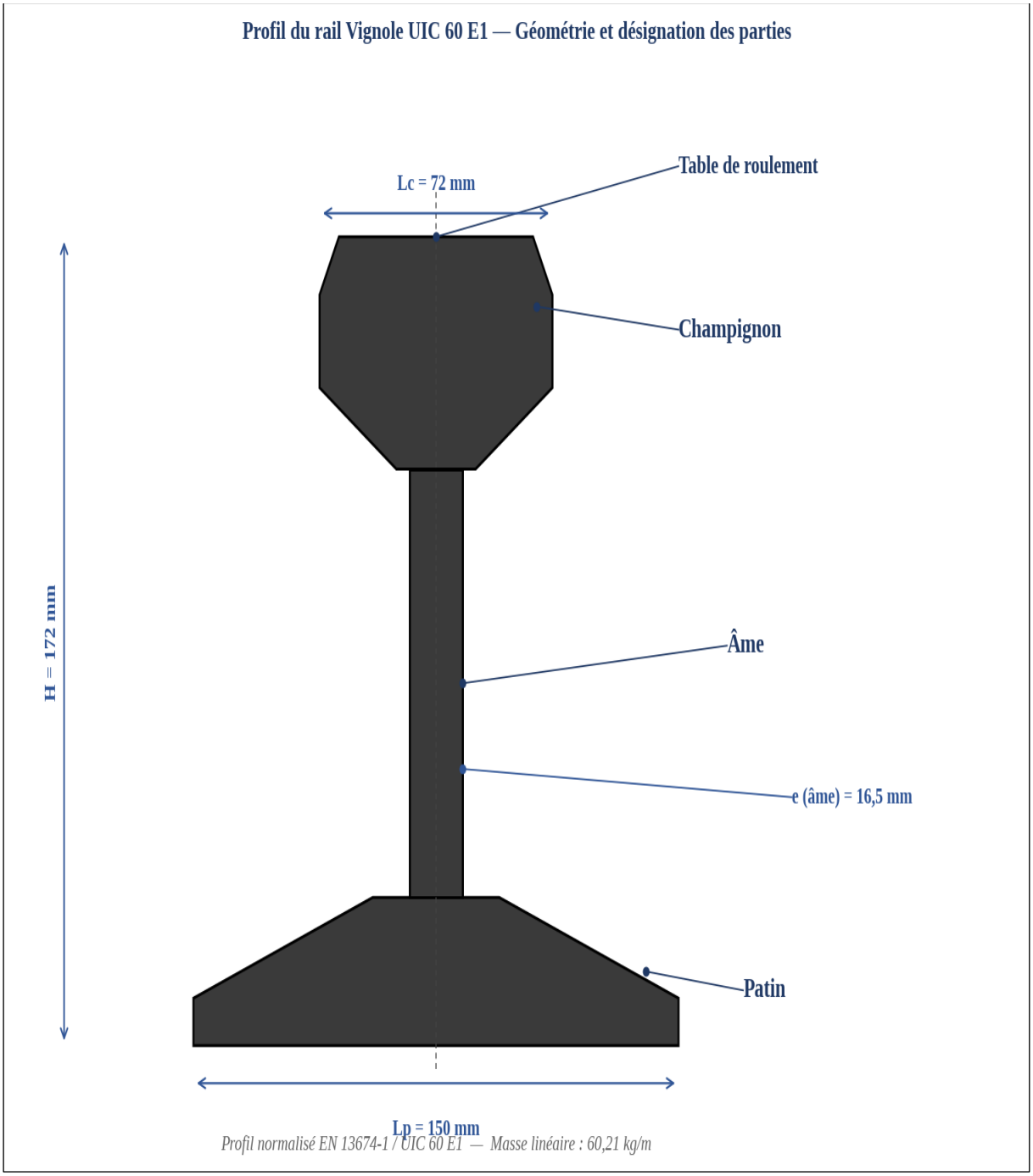



***Figure IV.2 — Profil du rail Vignole UIC 60 E1 — Géométrie, désignation des parties et dimensions normalisées (EN 13674-1)***

## IV.2.2 Rail Retenu — UIC 60 E1

Pour le présent projet de dédoublement, le rail retenu est le UIC 60 E1 conformément aux prescriptions de la SNTF pour les lignes de catégorie mixte à fort trafic. Ce profil, dont la masse linéaire de 60,21 kg/m en fait le rail le plus répandu sur les grands axes ferroviaires européens et nord-africains, offre le meilleur compromis entre résistance mécanique, durée de vie et coût d'investissement. Ses caractéristiques géométriques et mécaniques détaillées sont résumées dans le tableau ci-dessous.

*Tableau IV.1 — Caractéristiques techniques détaillées du rail UIC 60 E1 (EN 13674-1)*

| Caractéristique | Valeur | Norme / Observation |
|---|---|---|
| Désignation | 60 E1 | EN 13674-1 / UIC 860 |
| Masse linéaire | 60,21 kg/m | Référence pour calculs charge |
| Surface de section | 76,70 cm² | Tolérance ± 0,5 % |
| Hauteur totale H | 172 mm | Tolérance ± 0,6 mm |
| Largeur du champignon Lc | 72 mm | Profil EN 13674-1 |
| Largeur du patin Lp | 150 mm | Surface d'appui sur traverse |
| Épaisseur de l'âme e | 16,5 mm | Résistance au cisaillement |
| Moment d'inertie Ixx (axe horizontal) | 3 038,3 cm⁴ | Flexion verticale |
| Moment d'inertie Iyy (axe vertical) | 512,3 cm⁴ | Flexion latérale |
| Module de résistance Wxx | 375,2 cm³ | Calculs en flexion |
| Nuance d'acier | R260 (carbone-manganèse) | EN 13674-1 — qualité standard |
| Résistance à la traction Rm | ≥ 880 N/mm² | Essai EN ISO 6892-1 |
| Allongement à la rupture A | ≥ 10 % | Essai EN ISO 6892-1 |
| Dureté Brinell HBW (champignon) | 260 – 300 | Mesure sur table de roulement |
| Tolérance de planéité | ≤ 0,3 mm / 1 m | Contrôle qualité usine |

Le choix d'un rail de cette nuance et de cette section est pleinement justifié par les caractéristiques du trafic envisagé sur la ligne minière Est : convois de minerai pouvant atteindre 2 400 tonnes brutes, charge à l'essieu de 22,5 tonnes (225 kN) et trafic annuel cumulé supérieur à 25 millions de tonnes. La nuance R260 offre une dureté suffisante pour résister à l'usure du champignon tout en conservant une ductilité acceptable, gage de bonne tenue à la fatigue.

## IV.2.3 Assemblage des Rails

Les rails sortent d'aciérie en barres d'environ 18 à 36 m de long, longueurs imposées par les contraintes de fabrication, de transport ferroviaire et de manutention. Pour assurer la continuité et la solidité de la voie sur des kilomètres, deux méthodes d'assemblage sont mises en œuvre, chacune adaptée à un contexte particulier d'exploitation :

### a) Assemblage par éclisses (joint boulonné)

Cette technique consiste à raccorder deux barres consécutives au moyen d'une paire d'éclisses — plaques en acier moulées épousant la forme âme + champignon + patin du rail — solidarisées au rail par un jeu de quatre boulons HR (haute résistance) précontraints. Un jeu de dilatation de 6 à 12 mm est ménagé entre les deux extrémités de rails pour permettre les variations dimensionnelles dues à la température (l'acier R260 présente un coefficient de dilatation thermique d'environ $1{,}15 \times 10^{-5}$ °C$^{-1}$).

L'éclissage est aujourd'hui réservé aux zones où la pose en longs rails soudés est techniquement difficile ou indésirable : voies de service, raccordements provisoires, ou zones de transition au droit d'appareils de voie spéciaux. Sur les voies principales modernes, il est progressivement remplacé par la soudure pour des raisons de confort de roulement (suppression du « tac-tac » caractéristique au passage des roues sur les joints), de maintenance réduite et de longévité accrue.

### b) Soudure des rails — Longs Rails Soudés (LRS)

La soudure permet la constitution de Longs Rails Soudés (LRS) pouvant atteindre 288 m, voire plusieurs kilomètres après aboutage successif des barres. Cette technique élimine les joints classiques et leurs inconvénients (chocs au passage, usure prématurée du matériel roulant, vibrations). Deux procédés de soudure sont mis en œuvre dans la pratique algérienne et internationale :

- **Soudure électrique par étincelage (flash-butt)** : réalisée en atelier ou sur train-usine, elle consiste à porter les extrémités de deux rails à la température de fusion par effet Joule, puis à les rapprocher sous forte pression. Le cordon obtenu présente une qualité métallurgique homogène avec une résistance équivalente à celle du rail courant. Cette méthode est privilégiée pour la fabrication des LRS de 288 m en barres longues.
- **Soudure aluminothermique (procédé Thermite)** : réalisée in situ sur le chantier, elle utilise la réaction exothermique entre l'aluminium et l'oxyde de fer ($Fe_2O_3 + 2\ Al \rightarrow 2\ Fe + Al_2O_3$) qui libère un acier liquide à environ 2 400 °C, coulé dans un moule réfractaire enserrant les deux extrémités de rails à souder. Le cordon est ensuite ébavuré et meulé. C'est la technique de raccordement de référence pour relier les barres de LRS entre elles ou pour les réparations sur voie.

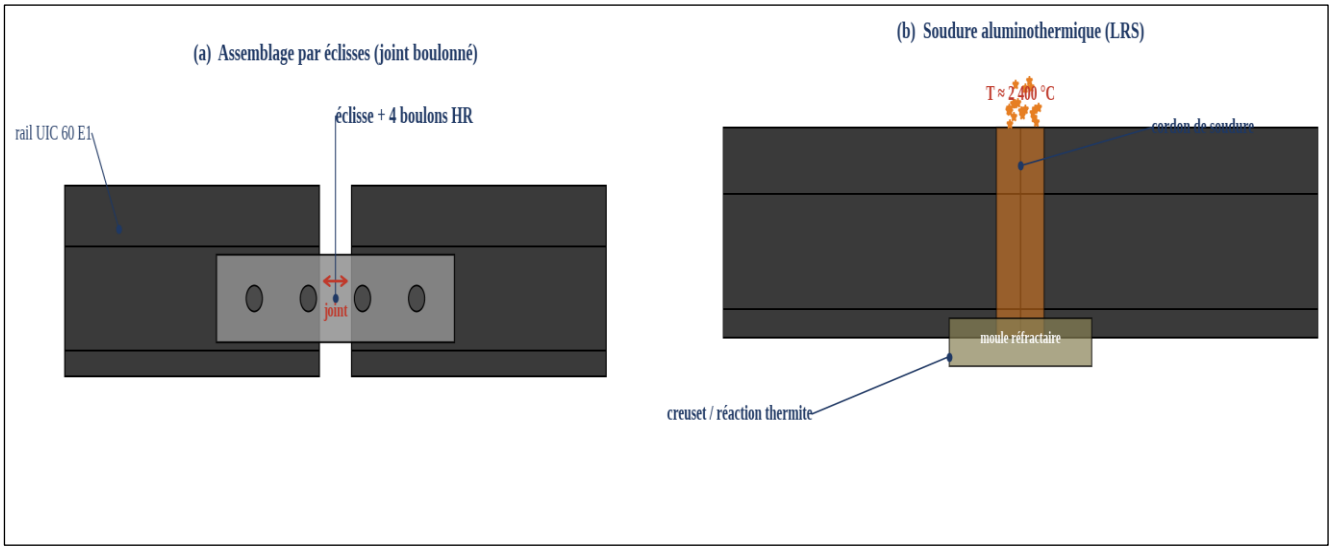



*Figure IV.3 — Assemblage des rails : (a) joint boulonné par éclisses — (b) soudure aluminothermique in situ (procédé Thermite, T ≈ 2 400 °C)*

# IV.3 Les Traverses

Les traverses constituent les organes de support transversal sur lesquels reposent les rails. Disposées perpendiculairement à l'axe de la voie selon un pas régulier (espacement typique de 60 cm en France, 65 cm en Algérie pour la voie courante), elles assurent simultanément plusieurs fonctions critiques :

- Maintenir constant l'écartement géométrique entre les deux files de rails (1 435 mm).
- Conserver l'inclinaison du rail vers l'intérieur (1/20 sur lignes UIC) pour optimiser le contact roue-rail.
- Transmettre les charges verticales et horizontales des rails vers le ballast en répartissant la pression sur une surface élargie.
- Limiter les déplacements longitudinaux du rail sous l'effet des forces de freinage, démarrage et dilatation thermique.
- Stabiliser la voie en s'opposant aux forces latérales générées par la force centrifuge en courbe.

Trois grandes familles de traverses coexistent historiquement sur le réseau algérien et international : les traverses en bois, les traverses en béton bi-bloc, et les traverses en béton monobloc précontraint. Chaque type présente des avantages et des inconvénients spécifiques détaillés ci-après.

## IV.3.1 Traverses en Bois

Les traverses en bois constituent historiquement la solution la plus ancienne et la plus universellement répandue, utilisées depuis les origines du chemin de fer au XIX$^{e}$ siècle. Elles sont taillées en bois durs imprégnés (chêne, hêtre, azobé, ou pour les chemins de fer africains, l'eucalyptus traité à la créosote ou aux sels CCA). En Algérie, les traverses en bois sont encore largement employées dans les zones spécifiques telles que les appareils de voie (ADV), les dispositifs de dilatation et les zones de raccordement complexes où leur souplesse offre des avantages techniques. La SNTF maintient un stock stratégique de traverses azobé pour les opérations de maintenance courante.

***Tableau IV.2 — Traverses en bois : avantages, inconvénients et domaine d'emploi***

| Critère | Caractéristique |
|---|---|
| Masse unitaire | 80 – 110 kg (selon essence) |
| Dimensions courantes | Section 22 × 14 cm — Longueur 2,60 m |
| Durée de vie | 25 à 40 ans (avec traitement créosote) |
| Avantages | Légèreté relative, élasticité naturelle, absorption des vibrations, facilité d'usinage sur chantier |
| Inconvénients | Sensibilité aux agents biologiques (champignons, insectes), sensibilité au feu, traitement chimique polluant |
| Domaine d'emploi | Appareils de voie, joints de dilatation, raccordements spéciaux |

## IV.3.2 Traverses en Béton Bi-bloc

La traverse bi-bloc, mise au point en France dans les années 1950 et popularisée par les modèles RS et VAX, est constituée de deux blochets en béton armé reliés par une entretoise métallique en cornière d'acier laminé. Cette conception dissociée présente un double avantage mécanique : chaque blochet s'ancre indépendamment dans le ballast, ce qui confère à la voie une excellente résistance latérale — qualité déterminante pour la stabilité des Longs Rails Soudés —, tandis que l'entretoise assure le

maintien rigoureux de l'écartement sans rigidifier excessivement la liaison entre les deux files de rails. Plus légère qu'une traverse monobloc (environ 200 kg contre plus de 300 kg), la traverse bi-bloc offre en outre une meilleure souplesse dynamique : la flexion se concentre dans l'entretoise métallique, ce qui réduit les contraintes transmises au béton et limite les risques de fissuration en partie centrale. Sa durée de vie est généralement de 30 à 40 ans dans des conditions normales d'exploitation.

C'est ce type de traverse qui est retenu pour le présent projet de dédoublement. Le choix de la traverse bi-bloc en béton armé répond aux exigences spécifiques du tronçon PK 35+000 – PK 45+000 : sa masse réduite facilite la manutention et la pose mécanisée, sa souplesse dynamique s'accorde au trafic mixte voyageurs-marchandises (charge à l'essieu de 22,5 t), et son double ancrage dans le ballast garantit la stabilité latérale requise pour la pose en Longs Rails Soudés. Ce modèle correspond par ailleurs à la pratique courante de la SNTF sur les lignes du réseau Est, ce qui assure la compatibilité des opérations de maintenance et l'approvisionnement local des fournitures. Les caractéristiques techniques de la traverse retenue sont récapitulées dans le tableau ci-après.

***Tableau IV.3 — Caractéristiques techniques de la traverse bi-bloc retenue pour le projet***

| Caractéristique | Valeur | Norme / Référence |
|---|---|---|
| Type | Bi-bloc — deux blochets en béton armé reliés par entretoise | EN 13230-3 / SNTF |
| Longueur hors tout | 2,245 m | Imposée par UIC 720 |
| Dimensions d'un blochet | ≈ 0,84 × 0,29 m | Section rectangulaire |
| Hauteur sous rail | ≈ 0,22 m | Hauteur d'épaulement |
| Entretoise | Cornière en acier laminé | Liaison des deux blochets |
| Masse unitaire | ≈ 200 kg | Avec accessoires d'attache |
| Béton — classe de résistance | C45/55 | $f_{c28} \geq 45$ MPa |
| Armatures | Aciers haute adhérence (HA) | Béton armé (non précontraint) |
| Espacement courant en voie | 60 cm (1 666 traverses/km) | SNTF — voie courante |
| Espacement renforcé (courbes) | 55 cm (1 820 traverses/km) | Courbes R < 800 m |
| Durée de vie nominale | 30 – 40 ans | Conditions d'exploitation normales |

## IV.3.3 Traverses en Béton Monobloc Précontraint

La traverse monobloc en béton précontraint représente la technologie de référence pour les lignes principales modernes à fort trafic. Sa conception consiste en une poutre prismatique unique en béton à haute performance (résistance caractéristique $f_{c28} \geq 50$ MPa) précontrainte par adhérence ou par post-tension à l'aide de fils ou torons d'acier dur ($f_{pk} \geq 1\,860$ MPa). La précontrainte introduit un état de compression permanent dans la section qui s'oppose aux contraintes de flexion induites par les charges

d'essieu, conférant à la traverse une excellente résistance à la fissuration et une grande durée de vie (typiquement 50 à 60 ans).

Malgré ces qualités intrinsèques, cette solution n'a pas été retenue pour le présent projet : son surcoût de fabrication et sa masse unitaire élevée (300 à 320 kg), qui alourdit les opérations de transport, de pose et de maintenance, ne se justifient pas au regard des sollicitations du tronçon étudié.

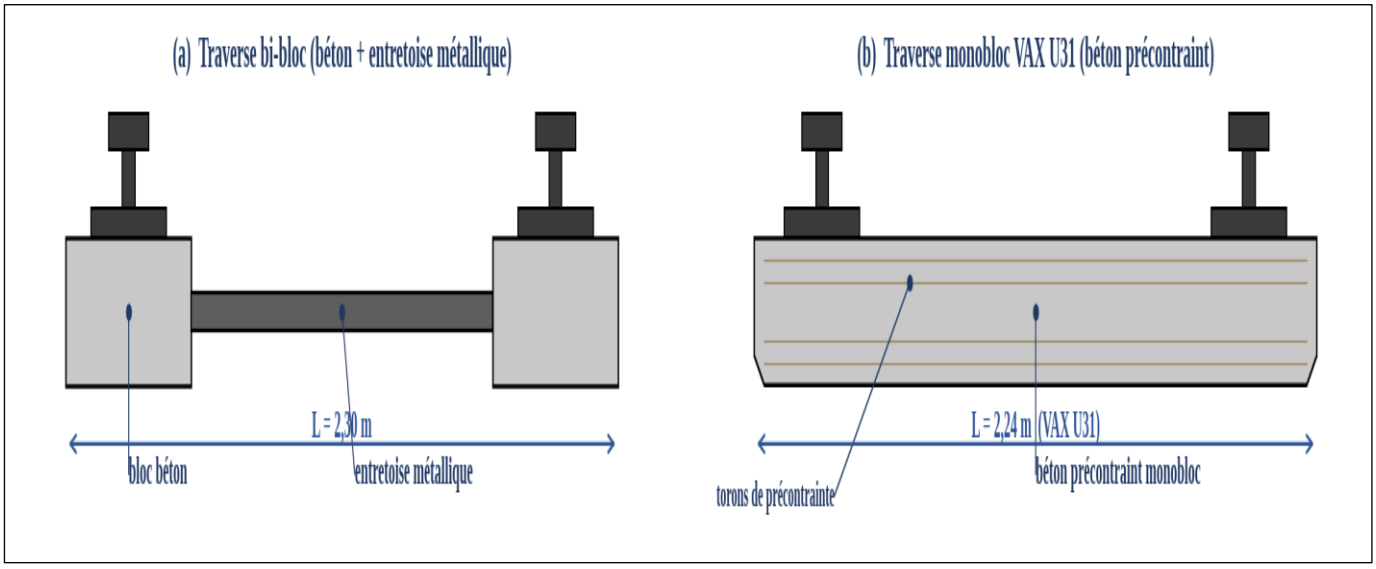



***Figure IV.4 — Comparaison des traverses en béton — (a) Type bi-bloc avec entretoise métallique, retenu pour le projet — (b) Type monobloc précontraint***

***Tableau IV.4 — Comparaison synthétique des trois familles de traverses***

| Critère | Bois (azobé) | Béton bi-bloc | Béton monobloc | ★ Projet |
|---|---|---|---|---|
| Masse unitaire | 80 – 110 kg | 180 – 220 kg | 300 – 320 kg | ≈ 200 kg |
| Durée de vie | 25 – 40 ans | 30 – 40 ans | 50 – 60 ans | 30 – 40 ans |
| Résistance latérale | Modérée | Très bonne | Excellente | Très bonne |
| Sensibilité incendie | Élevée | Nulle | Nulle | Nulle |
| Coût initial | Modéré | Modéré | Élevé | Modéré |
| Coût/an de service | Élevé | Modéré | Faible | Modéré |
| Choix projet | — | Retenu | — | Bi-bloc |

# IV.4 Les Systèmes d'Attache

Le système d'attache constitue l'interface mécanique entre le rail et la traverse. Sa conception conditionne directement le comportement dynamique de la voie sous le passage des trains, le maintien

de la géométrie de la voie dans le temps, et la durabilité conjointe des rails et des traverses. Un système d'attache moderne doit assurer simultanément quatre fonctions distinctes :

## IV.4.1 Fonctions Fondamentales

- **Fixation :** maintenir solidement le rail en position sur la traverse, en lui imposant la verticalité et l'inclinaison transversale réglementaires (1/20).
- **Élasticité :** autoriser une légère déformation verticale (1 à 3 mm) et horizontale (< 1 mm) sous le passage des trains afin d'amortir les chocs et de répartir progressivement les charges aux traverses voisines.
- **Isolation :** limiter la transmission des vibrations vers la traverse et le ballast (isolation mécanique), et garantir l'isolation électrique du rail vis-à-vis du sol pour le bon fonctionnement des circuits de voie (isolation électrique > 5 MΩ par traverse).
- **Durabilité :** résister aux sollicitations cycliques de fatigue ($10^7$ à $10^8$ cycles sur la durée de vie de la traverse) sans desserrage ni perte de précontrainte, et protéger les surfaces de contact rail-traverse contre l'usure et la corrosion.

## IV.4.2 Types d'Attaches

La classification des systèmes d'attache repose principalement sur leur capacité à fournir une élasticité contrôlée à l'interface rail-traverse :

- **Attaches rigides** (tirefonds simples, boulons-crampons type K) : utilisées historiquement avec les traverses en bois, elles offrent une fixation solide mais une élasticité quasi nulle. Leur emploi est aujourd'hui réservé aux voies de service ou aux zones de raccordement provisoires.
- **Attaches élastiques** (types NABLA, PANDROL, VOSSLOH) : développées à partir des années 1960 pour les lignes à grande vitesse et à fort trafic, elles intègrent des éléments en acier ressort à haute limite élastique (typiquement 1 600 MPa) ou en élastomère qui permettent une absorption progressive des efforts dynamiques. Elles sont aujourd'hui la norme sur toutes les voies principales modernes.

## IV.4.3 Système Retenu — Attache Élastique NABLA

Dans le cadre du dédoublement de la ligne minière Est, le système d'attache retenu est de type élastique NABLA, conformément aux préconisations de la SNTF pour les lignes de catégorie mixte à fort trafic et à la pratique courante du réseau ferroviaire algérien (notamment sur l'axe Annaba–Tébessa modernisé entre 2010 et 2020). Ce système se compose des éléments suivants :

- **Une plaque de support en fonte ductile** (ou plaque-épaule incorporée à la traverse) recevant le patin du rail.
- **Une semelle en élastomère** (EPDM ou similaire) d'épaisseur 9 mm placée entre le patin du rail et la plaque de support. Cette semelle joue le rôle d'amortisseur dynamique et d'isolant électrique simultanément.

- **Une attache ressort NABLA** en acier silico-manganèse trempé (fil ⌀ 19 mm formé à chaud), fixée par tirefond et rondelle de répartition. La géométrie en pince serre élastiquement le patin du rail contre la plaque, fournissant une force d'attache permanente d'environ 10 à 12 kN par attache.

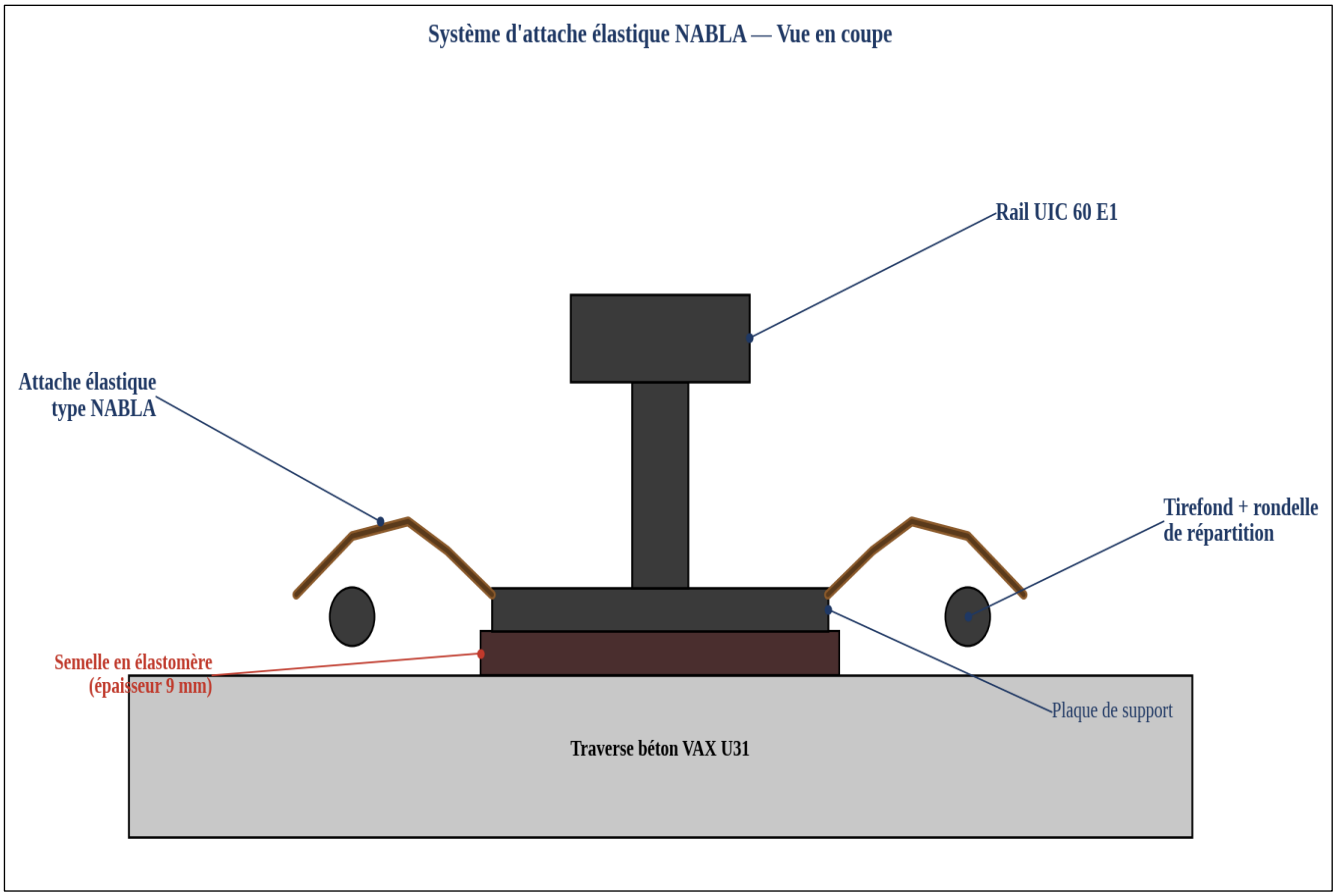



*Figure IV.5 — Système d'attache élastique NABLA — Vue en coupe : rail, semelle élastomère 9 mm, attaches ressort, tirefonds et plaque de support sur traverse bi-bloc*

*Tableau IV.5 — Caractéristiques techniques du système d'attache NABLA*

| Caractéristique | Valeur | Norme / Observation |
|---|---|---|
| Type d'attache | Élastique NABLA | EN 13481-2 |
| Effort d'attache (par ressort) | 10 – 12 kN | Mesure laboratoire SNTF |
| Effort total par traverse | ≈ 40 kN (4 attaches/traverse) | 2 rails × 2 attaches |
| Course élastique verticale | 1 à 3 mm sous charge nominale | Confort de roulement |
| Acier ressort | 55 SiCr 7 (silico-manganèse) | EN 10089 |
| Limite élastique Rp0,2 | ≥ 1 600 MPa | Acier ressort haute résistance |

| Caractéristique | Valeur | Norme / Observation |
|---|---|---|
| Semelle élastomère | EPDM noir — épaisseur 9 mm | EN 13146-9 |
| Résistance électrique (par traverse) | ≥ 5 MΩ (à sec) | Compatibilité signalisation |
| Durée de vie nominale | 30 – 40 ans | Avec maintenance préventive |

**Performances du système retenu :** Le système NABLA avec semelle 9 mm garantit une meilleure répartition des charges sur la longueur de la traverse, une réduction mesurée des vibrations transmises à la plateforme de l'ordre de 30 à 40 % par rapport aux attaches rigides, une amélioration du confort de roulement notable particulièrement aux vitesses supérieures à 80 km/h, et une longévité significativement supérieure tant pour le rail que pour la traverse grâce à l'amortissement des sollicitations dynamiques.

# IV.5 Les Appareils de Voie (ADV)

Les appareils de voie constituent les dispositifs ferroviaires qui permettent aux trains de passer d'une voie principale à une voie secondaire, de croisement ou de service. Leur rôle est fondamental pour la gestion de l'exploitation ferroviaire : ils matérialisent physiquement la commutation des itinéraires et conditionnent la capacité de débit d'une ligne. Leur conception fait l'objet d'exigences techniques particulièrement strictes en raison de la complexité géométrique de leur fonctionnement et des sollicitations mécaniques élevées qu'ils subissent au passage des trains.

Un ADV classique se compose de quatre sous-ensembles fonctionnels distincts représentés sur le schéma ci-dessous :

- **L'aiguille** : ensemble de lames mobiles orientables qui dirigent le train vers la voie directe ou la voie déviée selon leur position. La commande peut être manuelle (leviers) ou motorisée (moteurs d'aiguille électriques).
- **La contre-aiguille** : rail fixe placé à proximité de l'aiguille, contre lequel la lame mobile vient s'appuyer en position de travail.
- **Le cœur de croisement** (ou « frog » en terminologie anglo-saxonne) : zone d'intersection géométrique des deux files de rails où se produit le croisement effectif des voies. C'est la pièce la plus sollicitée mécaniquement de tout l'ADV.
- **Les contre-rails** : rails parallèles courts disposés à proximité du cœur, qui guident la roue opposée et l'empêchent de quitter le rail principal lors du franchissement de la pointe du cœur.

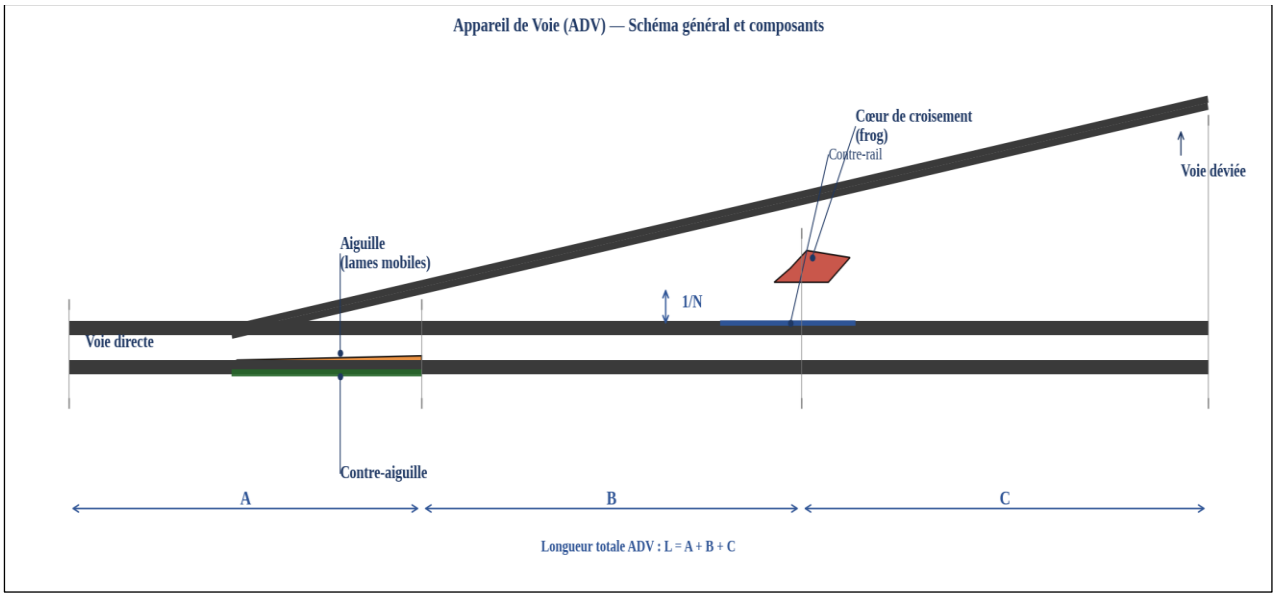



***Figure IV.6 — Appareil de Voie (ADV) — Schéma général en plan et composants principaux : aiguille, contre-aiguille, cœur de croisement et contre-rail***

## IV.5.1 Caractérisation Géométrique d'un ADV

Tout ADV est caractérisé par deux paramètres géométriques fondamentaux qui conditionnent sa vitesse admissible en voie déviée et sa longueur totale :

- **Le rayon R** de la branche déviée, qui détermine la force centrifuge subie par le train et donc la vitesse maximale autorisée selon la formule $v_max = \sqrt{(R \times \gamma_admissible)}$ avec $\gamma_admissible \approx 0{,}65\ m/s^2$ pour les ADV courants.
- **La tangente d'angle 1/N** au cœur de croisement, qui définit l'angle d'écartement entre les deux voies à partir du point théorique de divergence. Plus N est grand, plus l'angle est faible et plus l'ADV est long et permet de hautes vitesses.

La désignation commerciale d'un ADV combine ces deux paramètres avec le type de rail utilisé, sous la forme normalisée :

Ainsi, la désignation « UIC 60-300-1/9 » signifie : appareil de voie en rail UIC 60 E1, branche déviée de rayon 300 m, tangente d'angle au cœur 1/9 (soit un angle au cœur d'environ 6,34°).

## IV.5.2 Types d'ADV Utilisés dans le Projet

Pour le présent projet de dédoublement, l'appareil de voie UIC 60-300-1/9 est retenu pour la gare de depassement (en amont/aval) et UIC 60-500-1/12 pour le croisement entre les voies pricipales.

- **UIC 60-300-1/9 — Gare de dépassement (amont/aval)** Ce modèle est adapté aux vitesses modérées (≤ 30 km/h en voie déviée). Il équipe l'ensemble des appareils des entrées et sorties de la gare de dépassement. Sa compacité, avec une longueur totale d'environ **33 m**, permet de réduire l'emprise des zones d'appareils et de limiter le coût de pose.
- **UIC 60-500-1/12 — Croisement entre voies principales** Conçu pour des vitesses plus élevées (≤ 50 km/h en voie déviée), ce modèle offre un confort de franchissement supérieur. Sa longueur accrue (≈ **44 m**) entraîne toutefois un coût sensiblement plus

élevé. Il a été retenu pour les croisements entre les voies principales afin de garantir la fluidité et la sécurité des circulations.

***Tableau IV.6 — Caractéristiques géométriques comparées des deux types d'ADV***

| Paramètre | UIC 60-300-1/9 | UIC 60-500-1/12 |
|---|---|---|
| Type de rail | UIC 60 E1 | UIC 60 E1 |
| Rayon de la voie déviée R (m) | 300 | 500 |
| Tangente d'angle au cœur | 1/9 | 1/12 |
| Angle au cœur (°) | ≈ 6,34° | ≈ 4,76° |
| Longueur totale L (m) | ≈ 33,13 | ≈ 43,84 |
| Distance A (talon aiguille → pointe) | ≈ 14,2 m | ≈ 18,5 m |
| Distance B (pointe → cœur) | ≈ 6,8 m | ≈ 9,1 m |
| Distance C (cœur → talon cœur) | ≈ 12,1 m | ≈ 16,2 m |
| Vitesse max. en voie déviée | 30 km/h | 50 km/h |
| Vitesse max. en voie directe | 160 km/h | 200 km/h |
| Emploi dans le projet | Retenu — chapeaux de gendarme et entrées/sorties de gare | Non retenu (comparatif) |

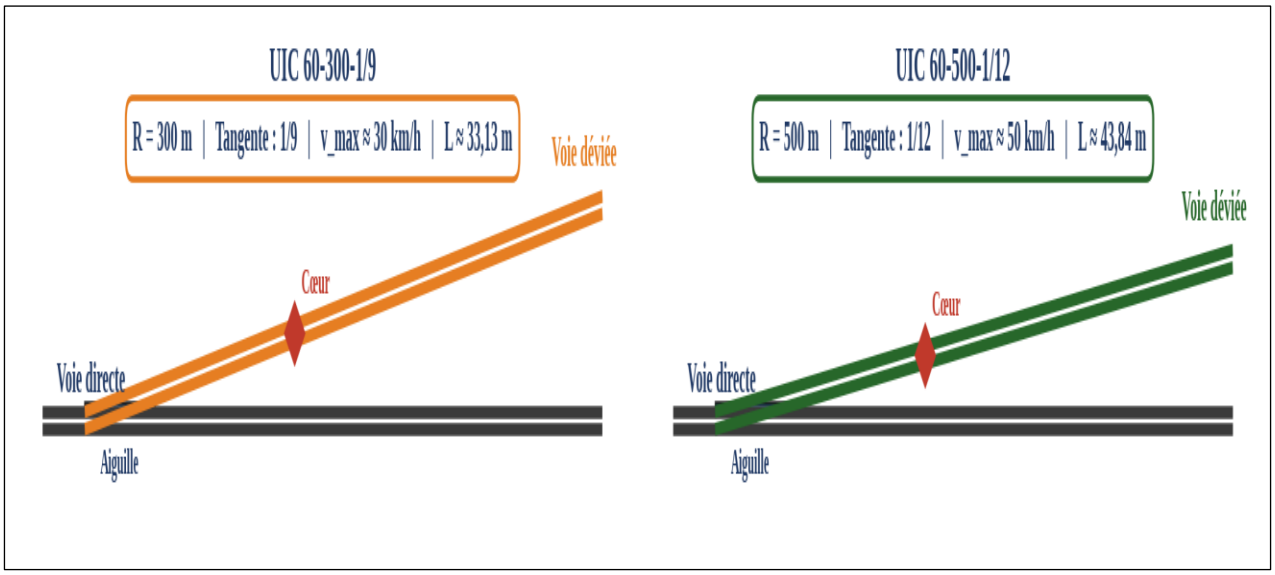



***Figure IV.7 — Comparaison géométrique des deux ADV : UIC 60-300-1/9 (à gauche, retenu pour le projet) et UIC 60-500-1/12 (à droite, présenté à titre comparatif)***

## IV.5.3 Appareils de Dilatation

Les appareils de dilatation sont des dispositifs particuliers intégrés dans les zones sensibles à la dilatation thermique différentielle, notamment au droit des ponts métalliques de grande portée. Leur rôle est de compenser les mouvements longitudinaux des rails dus aux variations de température (le coefficient de

dilatation de l'acier R260 est de 1,15 × $10^{-5}$ °$C^{-1}$, soit un allongement libre d'environ 11,5 mm pour 100 m de rail sur 10 °C de variation) ainsi qu'aux déformations thermomécaniques de l'ouvrage support.

Le principe de fonctionnement consiste en deux rails (appelés aiguilles, en référence à la terminologie ADV) taillés en biseau, qui viennent se plaquer contre deux rails fixes (contre-aiguilles). Lorsque la température varie, les aiguilles coulissent longitudinalement le long des contre-aiguilles, le contact entre les chants biseautés assurant en permanence la continuité de la surface de roulement pour les roues. Une fonction complémentaire essentielle est le maintien de la continuité électrique du circuit de voie, obtenu grâce à un fil métallique gainé reliant électriquement les deux extrémités de l'appareil.

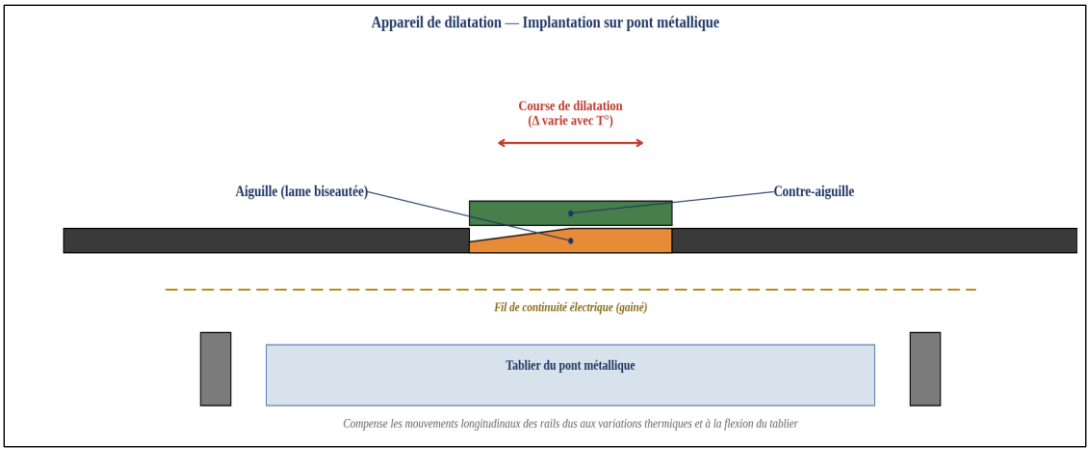



***Figure IV.8 — Appareil de dilatation au droit d'un pont métallique — Principe de fonctionnement et fil de continuité électrique***

# IV.6 Tableau de Synthèse — Composants de la Superstructure

***Tableau IV.7 — Synthèse des composants de la superstructure retenus pour le projet***

| Composant | Modèle / Spécification retenue | Référentiel normatif |
|---|---|---|
| Rail | UIC 60 E1 — 60,21 kg/m — Nuance R260 | EN 13674-1 / UIC 860 |
| Assemblage des rails | LRS soudés (288 m) — Soudure aluminothermique | EN 14730-1 / UIC 860-O |
| Traverses | Bi-bloc en béton armé — deux blochets + entretoise métallique | EN 13230-3 / SNTF |
| Espacement des traverses | 60 cm (voie courante) — 55 cm (courbes R < 800) | SNTF / UIC 719R |
| Système d'attache | Élastique NABLA + semelle élastomère 9 mm | EN 13481-2 / UIC 864-5 |
| Ballast | Pierre concassée 22,4/63 — Épaisseur 30 cm | EN 13450 / ST 590 B |

| Composant | Modèle / Spécification retenue | Référentiel normatif |
|---|---|---|
| Appareils de voie | UIC 60-300-1/9 entrées/sorties de gare — UIC 60 -500-<br>1/12 chapeaux de gendarme et | UIC 861 |
| Appareil de dilatation | Au droit du pont métallique principal | UIC 720 |
| Écartement de la voie | 1 435 mm (voie normale) | UIC 712 |
| Inclinaison du rail | 1/20 vers l'intérieur | UIC 510-2 |
| Charge à l'essieu maximale | 225 kN (22,5 t) | - |
| Vitesse de référence | 120 km/h voyageurs / 80 km/h marchandises | SNTF — ligne mixte |

# Conclusion

La superstructure de la voie ferrée constitue l'ossature mécanique et géométrique essentielle qui conditionne la sécurité, la stabilité et la performance du réseau ferroviaire. Elle regroupe quatre composants principaux — les rails, les traverses, les systèmes d'attache et les appareils de voie — chacun jouant un rôle complémentaire et indissociable dans la transmission des charges des essieux vers la plateforme et le maintien rigoureux de la géométrie de la voie.

Le choix des composants retenus pour le dédoublement de la ligne minière Est sur le tronçon PK 35+000 – PK 45+000 reflète une approche pleinement adaptée aux contraintes d'un trafic mixte voyageurs-marchandises lourd et continu. Le rail UIC 60 E1 en nuance R260, posé en Longs Rails Soudés par soudure aluminothermique, offre la résistance mécanique et la durabilité requises pour une charge à l'essieu de 32,5 tonnes. Les traverses bi-bloc en béton armé — deux blochets reliés par une entretoise métallique —, espacées de 60 cm en voie courante, allient légèreté, souplesse dynamique et excellente résistance latérale grâce au double ancrage des blochets dans le ballast, garantissant le maintien de la géométrie de la voie sur une durée de vie de 30 à 40 ans. Les attaches élastiques NABLA avec semelle élastomère de 9 mm assurent simultanément la fixation mécanique, l'amortissement des vibrations et l'isolation électrique nécessaire au bon fonctionnement des circuits de signalisation.

L’appareil de voie **UIC 60-300-1/9**, retenu comme modèle pour les entrées et sorties de la gare de dépassement, répond aux exigences d’exploitation en zone de manœuvre où les vitesses de franchissement en voie déviée sont limitées. Sa compacité et son adaptation aux conditions de trafic mixte en font une solution optimale pour réduire l’emprise des zones d’appareils et garantir une exploitation sûre.

De son côté, l’appareil de voie **UIC 60-500-1/12** est utilisé pour les communications croisées en « chapeaux de gendarme » entre les voies principales. Sa conception permet un franchissement plus fluide et confortable à des vitesses supérieures, tout en assurant la continuité géométrique et la régularité du tracé. Ce choix technique garantit une exploitation fiable de la gare, en conciliant les impératifs de sécurité, de performance et de conformité aux normes ferroviaires en vigueur.

L'ensemble de ces choix techniques s'inscrit dans un cadre normatif rigoureux (fiches UIC 712, 719R, 720, 860, 861, 864-5 ; spécifications techniques SNTF) garantissant la conformité du projet aux

meilleures pratiques et son intégration harmonieuse au sein du réseau ferroviaire algérien. La cohérence entre la superstructure définie dans ce chapitre et l'infrastructure développée dans les chapitres VII (étude géotechnique) et VIII (assise ferroviaire) du présent rapport assure une réponse intégrée aux exigences globales de durabilité, de sécurité et de performance opérationnelle de la ligne minière Est modernisée.

# CHAPITRE V

✦ ✦ ✦

# ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG

# Introduction

L'ingénierie ferroviaire s'appuie sur l'étude géométrique comme un pilier central pour garantir la sécurité, la performance et la durabilité d'une ligne ferroviaire. Cette étape fondamentale permet de définir le tracé le plus efficient et le plus respectueux de l'environnement, tout en tenant compte des contraintes du terrain et des besoins du trafic.

La géométrie de la voie regroupe l'ensemble des normes appliquées lors de la conception d'une infrastructure ferroviaire. À travers ses différentes caractéristiques mesurables, elle garantit les conditions optimales nécessaires au passage des trains dans les meilleures conditions de sécurité et de confort.

L'élaboration de cette étude s'appuie sur une méthodologie rigoureuse, fondée sur les normes et recommandations en vigueur dans le domaine ferroviaire. En particulier, elle s'aligne sur les directives établies par la Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF), qui constituent le référentiel technique utilisé dans le cadre de notre projet.

# V.1 Tracé en Plan

Le tracé en plan représente la projection de l'axe de la voie sur un plan horizontal. Il s'agit d'une composition savamment orchestrée d'alignements droits et de courbes, conçue pour garantir un voyage harmonieux et pleinement intégré à l'environnement naturel traversé.

Il est généralement composé des éléments suivants : alignements droits (AL), pleines courbes (carracterise par un rayon) et courbes de transition. Sur les voies mixtes, le tracé est caractérisé par deux vitesses de référence :

- **V**mar : vitesse des trains de marchandises (trains à vitesses lentes).
- **V**voy : vitesse des trains de voyageurs (trains à grandes vitesses).

# V.2 Éléments Constitutifs du Tracé en Plan

Le tracé en plan permet de définir la configuration et les caractéristiques géométriques de la voie ferrée. Il se compose de trois éléments fondamentaux, décrits ci-après :

## V.2.1 Les Alignements Droits

Les alignements droits sont des segments rectilignes de rayon théoriquement infini. Ils offrent une stabilité maximale du trajet, réduisent les forces centrifuges et constituent les tronçons les plus simples à concevoir et à entretenir.

## V.2.2 La Courbe Circulaire

La courbe circulaire est un arc de cercle de rayon constant reliant deux alignements droits. Elle permet d'effectuer un changement de direction maîtrisé tout en maintenant des conditions de circulation sûres et confortables.

### V.2.3 Les Courbes de Raccordement (Clothoïdes)

La courbe de raccordement, ou clothoïde, constitue la section de transition entre un alignement droit et une courbe circulaire, entre deux courbes de rayons différents de même sens, ou encore entre une courbe et une contre-courbe. Son rôle est d'assurer une variation progressive de la courbure, garantissant ainsi le confort des voyageurs et la sécurité du transport des marchandises.

## V.3 Conditions à Respecter dans le Tracé en Plan

La conception du tracé en plan d'une voie ferrée est soumise à un ensemble de conditions techniques et environnementales dont le respect est impératif pour garantir la sécurité et la durabilité de l'infrastructure :

- Adopter des rayons de courbure minimaux adaptés à la vitesse d'exploitation et au type de matériel roulant.
- Respecter les longueurs minimales des alignements droits et des pleines courbes.
- Insérer des raccords progressifs (clothoïdes) entre les alignements droits et les courbes circulaires pour assurer une transition fluide.
- Suivre les courbes de niveau et adapter le tracé au terrain naturel afin de minimiser les volumes de terrassement.
- Éviter l'implantation dans des zones présentant des défis géologiques ou géotechniques (terrains instables, sols compressibles, nappes phréatiques, etc.). En cas de nécessité, une étude approfondie du sol s'impose afin de garantir la sécurité et l'efficacité opérationnelle de la voie.

## V.4 Paramètres Géométriques de la Voie

### V.4.1 Vitesses de Référence du Projet

La ligne étudiée est à voie mixte, accueillant deux types de circulation ferroviaire avec des vitesses distinctes. La vitesse maximale des trains de marchandises est fixée à Vmar = 80 km/h, tandis que la vitesse maximale des trains de voyageurs est de Vvoy = 120 km/h. Ces deux vitesses de référence conditionnent l'ensemble des paramètres géométriques du tracé, notamment les rayons minimaux, les dévers, les insuffisances de dévers et les longueurs de raccordement.

***Tableau V.1 — Vitesses de référence du projet Source : ANESRIF, cahier des charges du projet de dédoublement de la ligne minière Est***

| Paramètre | Valeur |
|---|---|
| Vitesse des voyageurs (Vvoy) | 120 km/h |
| Vitesse des marchandises (Vmar) | 80 km/h |

## V.4.2 Tableau Récapitulatif des Paramètres Géométriques (SNTF)

***Tableau V.2 — Paramètres géométriques du tracé en plan (SNTF) — Vmax = 120 km/h, Vmin = 80 km/h***

| Paramètre | Normal | Exceptionnel | Formule | Unité |
|---|---|---|---|---|
| Dévers maximal d | 160 | 180 | dmax(Rmin)=(Emax·Vvoy²+Imax·Vmar²)/Vvoy2−Vmar | mm |
| Rayon minimal Rmin | 548 | 500 | 11,8·Vmax² / (dmax + Imax) | m |
| Long. min. des alignements | 60 | 40 | Vmax / 2 (ou Vmax / 3) | m |
| Long. min. des pleines courbes | 60 | 40 | Vmax / 2 (ou Vmax / 3) | m |
| Insuffisance de dévers admissible I | 150 | 160 | $I = d_{\text{th max}} - d_{\text{proj}}$ | mm |
| Excès de dévers admissible E | 110 | 130 | E=dproj−dth min | mm |
| Variation dévers / longueur (dd/dl) | 1,500 | 1,800 | 180 / Vmax | mm/m |
| Variation d'insuffisance / temps (dI/dt) | 75 | 90 | dd/dl = dp / Lrp | mm/s |

## V.4.3 Définition des Paramètres

Les paramètres du tableau ci-dessus sont définis comme suit :

- dp max : le dévers pratique maximal.
- I max : l'insuffisance de dévers admissible.
- E max : l'excès de dévers admissible.
- R min : le rayon minimal.
- L min : la longueur minimale des éléments de tracé (alignement droit, pleines courbes).
- (dd/dl) max : la limite de la variation de dévers par rapport à la longueur.
- (dd/dt) max : la limite de la variation de dévers par rapport au temps.
- (dI/dt) max : la limite de la variation d'insuffisance de dévers par rapport au temps.

# V.5 Détail des Paramètres Géométriques

## V.5.1 Dévers Théorique (dth)

Le dévers théorique représente l'inclinaison latérale de la voie sur une courbe, nécessaire pour compenser la force centrifuge exercée sur les véhicules en mouvement. Il est calculé en fonction de la vitesse maximale de la ligne et du rayon de la courbe considérée.

$$\mathbf{dth = 11{,}8 \times Vmax^2 / R}$$

avec dth : dévers théorique (mm), Vmax : vitesse maximale (km/h), R : rayon de la courbe (m).

## V.5.2 Dévers Prescrit ou Pratique (dp)

Sur les voies mixtes, les trains circulent à des vitesses différentes. Le dévers pratique est celui effectivement appliqué sur la voie afin de réduire les risques de déraillement. Sa formule fait intervenir le coefficient de dévers C, qui doit obligatoirement être un multiple de 15.

$$\mathbf{dp = 1000 \times C / R}$$

avec C : coefficient de dévers (= 0,006 × $Vvoy^2$), multiple de 15 ; R : rayon de courbure (m) ; dp : dévers pratique (mm).

## V.5.3 Dévers Maximum Admissible (dp max)

Selon les prescriptions de la SNTF, en pleine courbe, les valeurs du dévers pratique sont limitées comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

***Tableau V.3 — Valeurs admissibles du dévers pratique***

| Paramètre | Normal (mm) | Exceptionnel (mm) |
|---|---|---|
| dp max | 160 | 180 |

## V.5.4 Insuffisance de Dévers (I)

L'insuffisance de dévers représente la différence entre le dévers théorique des trains rapides et le dévers pratique. Elle traduit le manque de compensation de la force centrifuge pour les voyageurs.

***Tableau V.4 — Valeurs limites d'insuffisance***

| Insuffisance | Normal (mm) | Exceptionnel (mm) |
|---|---|---|
| I max | 150 | 160 |

$$\mathbf{I = dth - dp \leq I\ max}$$

## V.5.5 Excès de Dévers (E)

L'excès de dévers représente la différence entre le dévers pratique et le dévers théorique des trains lents. Il traduit la sensation de décalage latéral ressenti par les marchandises transportées.

*Tableau V.5 — Valeurs limites d'excès*

| Excès | Normal (mm) | Exceptionnel (mm) |
|---|---|---|
| E max | 110 | 130 |

$$E = dp - (11{,}8 \times V_{min}^2) / R \leq E\ max$$

## V.5.6 Rayon Minimal (Rmin)

Le rayon minimal représente le rayon de la courbe la plus serrée que le train peut emprunter en toute sécurité. Il est calculé en prenant la valeur maximale obtenue à partir des formules suivantes :

*Tableau V.6 — Formules du rayon minimal*

| Formule | Paramètres associés |
|---|---|
| $R_{min} = 11{,}8 \times V_{max}^2 / (I\ max + dp\ max)$ | En fonction de I et dp |
| $R_{min} = 11{,}8 \times (V_{voy}^2 - V_{mar}^2) / (I\ max + E\ max)$ | En fonction de E max et I max |

## V.5.7 Variation du Dévers par rapport à la Longueur (dd/dl)

Ce paramètre définit la vitesse de variation du dévers en fonction de la longueur de la rampe de dévers. Il doit respecter deux conditions selon la norme DN 0272.

*Tableau V.7 — Valeurs limites de variation du dévers / longueur*

| dd/dl | Normal (mm/m) | Exceptionnel (mm/m) |
|---|---|---|
| (dd/dl) max | 1,500 | 1,800 |

$$dd/dl = dp / Lrp \leq (dd/dl)\ max$$

## V.5.8 Variation du Dévers par rapport au Temps (dd/dt)

Ce paramètre caractérise la vitesse à laquelle le dévers évolue dans le temps, perçue par les occupants du train. Il est exprimé en mm/s selon la relation suivante :

*Tableau V.8 — Valeurs limites de variation du dévers / temps*

| dd/dt | Normal (mm/s) | Exceptionnel (mm/s) |
|---|---|---|
| (dd/dt) max | 50 | 60 |

$$dd/dt = (dp \times V_{max}) / (Lrp \times 3{,}6) \leq (dd/dt)\ max$$

## V.5.9 Variation de l'Insuffisance par rapport au Temps (dI/dt)

Ce paramètre permet de limiter le taux de variation de l'insuffisance de dévers afin de favoriser une adaptation progressive du confort en courbe.

*Tableau V.9 — Valeurs limites de variation de l'insuffisance / temps*

| dI/dt | Normal (mm/s) | Exceptionnel (mm/s) |
|---|---|---|
| (dI/dt) max | 75 | 90 |

$$dI/dt = (I \times Vmax) / (Lrp \times 3{,}6) \leq (dI/dt)\ max$$

# V.6 Application sur le Projet

Dans cette section, les formules issues des normes SNTF sont appliquées aux données spécifiques du projet. Le calcul est conduit en deux temps : la détermination complète des paramètres de dévers pour le rayon minimal du tracé, présentée sous forme de tableaux de calcul détaillés, puis la vérification systématique de l'ensemble des courbes du projet.

## V.6.1 Détails du Calcul

Le calcul est appliqué à l'ensemble des cinq courbes du nouvel axe en plan retenu. Les données d'entrée sont celles de la ligne mixte : $V_{voy}$ = 120 km/h, $V_{mar}$ = 80 km/h. Pour chaque courbe, le dévers théorique est calculé pour la vitesse maximale ($d_{th,max} = 11{,}8 \cdot V_{max}^2/R$) et pour la vitesse minimale ($d_{th,min} = 11{,}8 \cdot V_{min}^2/R$). Le dévers adopté $d_p$ est ensuite choisi dans la plage pratique, puis l'on vérifie l'insuffisance $I = d_{th,max} - d_p$, l'excès $E = d_p - d_{th,min}$, ainsi que les variations dynamiques $\Delta d/\Delta l$, $\Delta d/\Delta t$ et $\Delta I/\Delta t$. Le détail courbe par courbe est récapitulé dans le tableau suivant.

*Tableau V.10 — Détail du calcul des paramètres de dévers par courbe — Nouvel axe en plan*

| Courbe | Rayon (m) | dth Vmax (mm) | dth Vmin (mm) | Dévers adopté (mm) | Insuff. I (mm) | Excès E (mm) | Vérification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C01 | 2 000 | 85 | 38 | 70 | 15 | 32 | Vérifiée |
| C02 | 1 500 | 113 | 50 | 80 | 33 | 30 | Vérifiée |
| C03 | 1 300 | 131 | 58 | 95 | 36 | 37 | Vérifiée |
| C04 | 10 000 | 17 | 8 | 0 | 7 | 2 | Vérifiée |
| C05 | 9 000 | 19 | 8 | 0 | 4 | 7 | Vérifiée |

Le dévers adopté pour chaque courbe reste compris dans la plage pratique réglementaire et supérieur au dévers théorique minimal correspondant à la vitesse des trains de marchandises. Les insuffisances de dévers, comprises entre 4 mm (courbe C05) et 36 mm (courbe C03), demeurent très largement inférieures au seuil admissible de 150 mm ; les excès de dévers, compris entre 2 mm (C04) et 37 mm

(C03), restent eux aussi en deçà de la limite de 110 mm. Les variations dynamiques associées sont présentées et vérifiées dans le tableau ci-après.

***Tableau V.11 — Vérifications des variations dynamiques par courbe***

| Courbe | Δd/Δl (mm/m) | Δd/Δt (mm/s) | ΔI/Δt (mm/s) | Dévers adopté (mm) | Conditions normatives |
|---|---|---|---|---|---|
| C01 | 0,58 | 19 | 4 | 70 | Toutes |
| C02 | 0,80 | 27 | 11 | 80 | Toutes |
| C03 | 1,19 | 40 | 15 | 95 | Toutes |
| C04 | 0 | 0 | 1 | 0 | Toutes |
| C05 | 0 | 0 | 2 | 0 | Toutes |

Les trois critères dynamiques sont satisfaits pour la totalité des courbes : la variation du dévers par rapport à la longueur (Δd/Δl) reste inférieure à 1,5 mm/m, atteignant au maximum 1,19 mm/m sur la courbe C03 ; la variation du dévers par rapport au temps (Δd/Δt) demeure inférieure à 50 mm/s, avec une valeur maximale de 40 mm/s sur C03 ; et la variation de l'insuffisance par rapport au temps (ΔI/Δt) reste inférieure à 75 mm/s, plafonnée à 15 mm/s sur C03. L'ensemble des courbes de laxe est donc vérifié au regard des prescriptions de confort et de sécurité de la SNTF.

**Courbe C01 — Rayon 2 000 m**

Le dévers théorique est de 85 mm pour la vitesse maximale et de 38 mm pour la vitesse minimale. Le dévers adopté est fixé à 70 mm, valeur comprise dans la plage pratique et supérieure au dévers théorique minimal. L'insuffisance est de 15 mm et l'excès de 32 mm, tous deux conformes aux limites normatives. Les variations de dévers sont maîtrisées : Δd/Δl = 0,58 mm/m, Δd/Δt = 19 mm/s et ΔI/Δt = 4 mm/s. La courbe est donc vérifiée.

**Courbe C02 — Rayon 1 500 m**

Le dévers théorique atteint 113 mm (Vmax) et 50 mm (Vmin). Le dévers adopté est de 80 mm. L'insuffisance est de 33 mm et l'excès de 30 mm, valeurs acceptables. Les variations sont conformes : Δd/Δl = 0,80 mm/m, Δd/Δt = 27 mm/s et ΔI/Δt = 11 mm/s. La courbe est validée.

**Courbe C03 — Rayon 1 300 m**

Le dévers théorique est de 131 mm pour la vitesse maximale et de 58 mm pour la vitesse minimale. Le dévers adopté est de 95 mm. L'insuffisance est de 36 mm et l'excès de 37 mm. Les variations respectent les seuils : Δd/Δl = 1,19 mm/m, Δd/Δt = 40 mm/s et ΔI/Δt = 15 mm/s. La courbe est vérifiée.

**Courbe C04 — Rayon 10 000 m**

Le dévers théorique est de 17 mm (Vmax) et 8 mm (Vmin). Le dévers adopté est de 0 mm. L'insuffisance est de 7 mm et l'excès de 2 mm, valeurs négligeables. Les variations sont nulles : $\Delta d/\Delta l = 0$ mm/m, $\Delta d/\Delta t = 0$ mm/s et $\Delta I/\Delta t = 1$ mm/s très faible. La courbe est conforme.

**Courbe C05 — Rayon 9 000 m**

Le dévers théorique est de 19 mm (Vmax) et 8 mm (Vmin). Le dévers adopté est de 0 mm. L'insuffisance est de 4 mm et l'excès de 7 mm. Les variations: $\Delta d/\Delta l = 0$ mm/m, $\Delta d/\Delta t = 0$ mm/s et $\Delta I/\Delta t = 2$ mm/s. La courbe est vérifiée.

## V.6.2 Tableau Récapitulatif des Calculs — Ensemble des Courbes

Le tableau ci-dessous synthétise, pour chacune des cinq courbes du nouvel axe en plan, l'ensemble des paramètres géométriques calculés et les vérifications associées, conformément à la démarche normative SNTF.

***Tableau V.12 — Récapitulatif des paramètres géométriques calculés pour chaque courbe du nouvel axe***

| Courbe | Rayon (m) | Vmax (km/h) | Vmin (km/h) | dth Vmax (mm) | dth Vmin (mm) | Dévers adopté (mm) | I (mm) | E (mm) | Δd/Δl (mm/m) | Δd/Δt (mm/s) | ΔI/Δt (mm/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C01 | 2 000 | 120 | 80 | 85 | 38 | 70 | 15 | 32 | 0,58 | 19 | 4 |
| C02 | 1 500 | 120 | 80 | 113 | 50 | 80 | 33 | 30 | 0,80 | 27 | 11 |
| C03 | 1 300 | 120 | 80 | 131 | 58 | 95 | 36 | 37 | 1,19 | 40 | 15 |
| C04 | 10 000 | 120 | 80 | 17 | 8 | 0 | 7 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| C05 | 9 000 | 120 | 80 | 19 | 8 | 0 | 4 | 7 | 0 | 0 | 2 |

Les rayons de laxe, compris entre 1 300 m et 10 000 m, sont tous largement supérieurs au rayon minimal réglementaire. Les dévers adoptés (de 0 à 95 mm) restent inférieurs au plafond admissible de 160 mm. Les insuffisances de dévers (de 4 à 36 mm) respectent le seuil de 150 mm imposé pour la circulation des trains de voyageurs à 120 km/h, et les excès de dévers (de 2 à 37 mm) demeurent inférieurs à la limite de 110 mm pour les trains de marchandises à 80 km/h. L'ensemble des variations dynamiques satisfait les conditions normatives.

# Conclusion

L'étude géométrique du tracé en plan présentée dans ce chapitre établit l'ensemble des paramètres dimensionnants laxe retenu pour le projet de dédoublement du tronçon PK 35+000 – PK 45+000. L'analyse a porté sur les cinq courbes du tracé, dont les rayons s'échelonnent de 1 300 m à 10 000 m, tous compatibles avec une circulation mixte à $V_{voy} = 120$ km/h et $V_{mar} = 80$ km/h.

Pour chaque courbe, les dévers adoptés (de 0 à 95 mm) ont été retenus dans la plage pratique réglementaire et vérifiés vis-à-vis de l'insuffisance de dévers (4 à 36 mm, toutes inférieures à 150 mm) et de l'excès de dévers (2 à 37 mm, tous inférieurs à 110 mm). Les variations dynamiques — $\Delta d/\Delta l \leq$ 1,19 mm/m, $\Delta d/\Delta t \leq 40$ mm/s et $\Delta I/\Delta t \leq 15$ mm/s — restent nettement en deçà des seuils de confort et de sécurité (respectivement 1,5 mm/m, 50 mm/s et 75 mm/s).

L'ensemble des cinq courbes du nouvel axe est ainsi techniquement justifié et validé. Ces choix géométriques garantissent la circulation simultanée des trains de voyageurs et de marchandises dans des conditions optimales de confort et de sécurité, en parfaite cohérence avec la nature mixte de la ligne minière Est.

# V.7 Justification du profil en long

Le profil en long constitue l'un des éléments fondamentaux de la conception d'une ligne ferroviaire. Il traduit, sur un plan vertical, la succession des pentes, des rampes et des raccordements qui définissent le comportement de la voie face au relief naturel. Sa justification ne se limite pas à une exigence géométrique : elle conditionne directement la sécurité des circulations, le confort des voyageurs et l'efficacité des opérations de traction et de freinage.

La détermination du profil en long permet d'évaluer avec précision les volumes de terrassement, d'anticiper la nécessité d'ouvrages d'art ou de tunnels, et de vérifier la conformité aux normes techniques en vigueur. Les paramètres tels que la déclivité maximale, les rayons verticaux de raccordement et les longueurs minimales des pentes sont fixés par des prescriptions réglementaires (UIC, SNTF) afin de garantir un équilibre entre performance technique et faisabilité économique.

Ainsi, la justification du profil en long repose sur une double logique :

- **Technique,** en assurant la compatibilité avec les vitesses de circulation, les capacités de freinage et les contraintes de traction.
- **Économique,** en optimisant les terrassements et en réduisant les coûts liés aux ouvrages complémentaires.

Ce chapitre vise donc à démontrer que le profil en long retenu n'est pas seulement une représentation graphique, mais le résultat d'une démarche rationnelle qui concilie normes ferroviaires, contraintes du terrain et objectifs de performance du projet.

## V7 .1 Critères normatifs de conception

La conception du profil en long s'appuie sur les paramètres géométriques normalisés ci-après. Le premier critère fixe la déclivité maximale admissible en fonction de la longueur de la rampe ; l'annulation de la déclivité au droit des gares y est imposée.

**Tableau VI-1 : Paramètres géométriques de profil en long**

| | | Normal | Exceptionnel |
|---|---|---|---|
| **Déclivité Maximale** | L<3000m | 16‰ | 18‰ |
| | 3000<L<15000 m | 16‰ à 13‰ | 18‰ à 15‰ |
| | L>15000 m | 13‰ | 15‰ |
| | **Gares** | 0 | 0 |

Le rayon minimal des raccords paraboliques verticaux est ensuite déterminé en fonction de la vitesse de référence V, selon les valeurs limites suivantes.

**Tableau VI-2 : Valeurs de rayon verticale minimale**

| Paramétré | Valeur limite normale | Valeur limite exceptionnelle |
|---|---|---|
| Rayon minimum verticale | $0.35V^2$ | $0.25V^2$ |

Enfin, la longueur minimale des éléments à déclivité constante (paliers) est encadrée par les valeurs ci-dessous, afin d'éviter la succession trop rapprochée de raccords.

**Tableau VI-3 : Longueur minimale des déclivités**

| Paramétré | Valeurs maximale normal | Valeur maximale exceptionnelle |
|---|---|---|
| Longueurs minimales des déclivité | V / 2 | V / 2.5 |

## V7.2 Application au projet

### Données de base et seuils normatifs

La vitesse dimensionnante retenue pour le calcul des raccords verticaux est V = 120 km/h (vitesse des trains de voyageurs), la vitesse des trains de marchandises Vmar = 80 km/h étant principalement déterminante pour la vérification de l'effort de traction dans les rampes. L'application numérique des expressions normatives précédentes conduit aux seuils suivants :

- Rayon vertical minimal : $R_{min} = 0{,}35 \times V^2 = 0{,}35 \times 120^2 = 5040$ m (normal) ; $0{,}25 \times V^2 = 3600$ m (exceptionnel).
- Longueur minimale des paliers : $L_{min} = V/2 = 60$ m (normal) ; $V/2{,}5 = 48$ m (exceptionnel).
- Déclivité maximale (rampe longue, L > 15000 m) : 13‰ (normal) ; 15‰ (exceptionnel).

**Tableau VI-4 : Seuils normatifs appliqués au projet (V = 120 km/h)**

| Paramètre | Expression | Normal | Exceptionnel |
|---|---|---|---|
| Rayon de raccord vertical $R_{min}$ | $0{,}35\ V^2$ / $0{,}25\ V^2$ | 5040 m | 3600 m |
| Longueur minimale $L_{min}$ | V/2 / V/2,5 | 60 m | 48 m |
| Déclivité maximale (rampe longue) | L > 15000 m | 13‰ | 15‰ |

## V7.3 Présentation et vérification des résultats

Le tableau ci-après (présenté en page paysage pour des raisons de lisibilité) regroupe l'ensemble des éléments du profil en long ainsi que la vérification de chaque paramètre vis-à-vis des seuils normatifs établis ci-dessus. La mention « Vérifiée » indique que le critère correspondant est satisfait.

# Tableau VI-5 : Vérification des paramètres du profil en long (PK 35+000 – PK 45+000)

| Données | | | | | | | | | | Vérification | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Élément | N° | Pk [m] | Altitude [m] | ie [‰] | is [‰] | Δi [‰] | Déclivité constante [m] | Raccord de déclivités [m] | Rayon de raccord de déclivités [m] | Déclivité [‰] | Long. de déclivité constante [m] | Long. de raccord de déclivité constante [m] | Rayon [m] |
| | | 0,000 | | | -1,30 | | | | | - | - | - | - |
| PCD | 1 | 35000,000 | 843,000 | -1,30 | -1,30 | 0,00 | 35000,000 | 0,00 | 0,00 | Vérifiée | Vérifiée | - | - |
| CV | 2 | 35723,000 | 838,300 | -1,30 | -0,68 | 0,62 | 723,000 | 68,02 | 11000,00 | Vérifiée | Vérifiée | Vérifiée | Vérifiée |
| CV | 3 | 37128,000 | 828,762 | -0,68 | 0,00 | 0,68 | 1405,000 | 62,61 | 9000,00 | Vérifiée | Vérifiée | Vérifiée | Vérifiée |
| PCD | 5 | 41,171 | 829,453 | 6,20 | -0,17 | -6,37 | 33,502 | 0,00 | 0,00 | Vérifiée | Vérifiée | - | - |
| PCD | 6 | 42588,000 | 827,020 | -0,17 | -0,04 | 0,13 | 42546,829 | 0,00 | 0,00 | Vérifiée | Vérifiée | - | - |
| PCD | 7 | 45000,000 | 826,021 | -0,04 | | 0,04 | 2412,000 | 0,00 | 0,00 | Vérifiée | Vérifiée | - | - |

## V7.4 Interprétation des résultats

- **Déclivités :** les déclivités du tracé varient de 0,04‰ à 6,20‰ en valeur absolue, demeurant largement inférieures à la déclivité maximale normale de 13‰. La marge disponible est confortable et garantit de bonnes conditions de traction, y compris pour les trains de marchandises.
- **Rayons de raccordement :** les raccords paraboliques verticaux présentent des rayons de 9000 m et 11000 m, supérieurs au rayon minimal normal de 5040 m. Le confort vertical des voyageurs est donc assuré sans recourir aux valeurs exceptionnelles.
- **Longueurs des éléments :** la vérification des longueurs de déclivité constante et de raccord, telle que portée dans le tableau, est satisfaite (« Vérifiée ») pour l'ensemble des éléments concernés.
- **Synthèse :** tous les paramètres géométriques du profil en long sont conformes aux normes, dans leurs valeurs normales et sans recours systématique aux tolérances exceptionnelles.

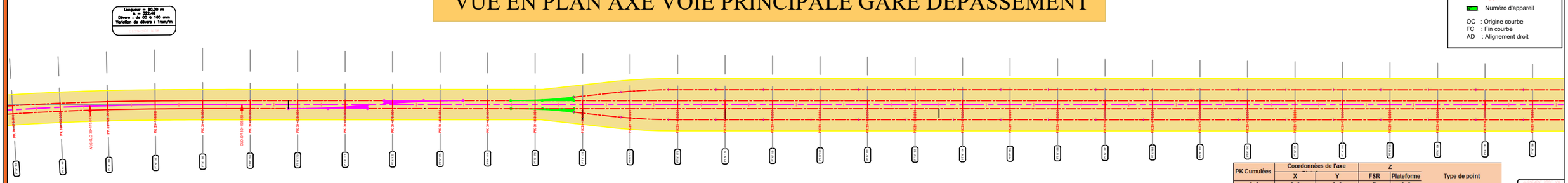
## V7.4Conclusion

Le profil en long retenu sur la section PK 35+000 – PK 45+000 respecte l'ensemble des prescriptions normatives : les déclivités (0,04‰ à 6,20‰) restent très inférieures aux limites admissibles, et les rayons de raccordement vertical (9000 m et 11000 m) dépassent les valeurs minimales requises. Ce résultat confirme que le tracé proposé ne relève pas du simple report graphique d'un profil, mais d'une démarche rationnelle conciliant relief naturel, respect des normes, performance d'exploitation et économie des terrassements.

| Courbe N° | Elément | PKi | PKf | Longueur | Rayon | $D_{projet}$ | Vitesse | | D théorique | | D pratique | | I | | E | | | | | | Variation de dévers Δd | | | | | | di/dt | | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Min | Max | Min | Max | | | | | | | | | | | 1ere Condition | | | | 2eme Condition | | | | |
| | | | | [m] | [m] | [mm] | [Km/h] | | [mm] | | | | | | | | | | | | Δd/Δl [mm/m] | | Δd/Δt [mm/s] | | [mm/m] | | [mm/s] | | |
| | Droite | 35 000,000 | 35 563,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01 | Clothoïde | 35 563,000 | 35 683,000 | 120,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Arc | 35 683,000 | 35 839,000 | 156,000 | 2 000,000 | **70** | **80** | **120** | 38 | 85 | 19 | 43 | 15 | Vérifiée | 32 | Vérifiée | | | | | 1 | Vérifiée | 33 | Vérifiée | | | 4 | Vérifiée | 489,898 |
| | Clothoïde | 35 839,000 | 35 959,000 | 120,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Droite | 35 959,000 | 37 165,000 | 1 206,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | Clothoïde | 37 165,000 | 37 265,000 | 100,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Arc | 37 265,000 | 37 748,000 | 483,000 | 1 500,000 | **80** | **80** | **120** | 50 | 113 | 26 | 58 | 33 | Vérifiée | 30 | Vérifiée | | | | | 0,80 | Vérifiée | 27 | Vérifiée | | | 11 | Vérifiée | 387,298 |
| | Clothoïde | 37 748,000 | 37 848,000 | 100,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Droite | 37 848,000 | 38 361,000 | 513,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | Clothoïde | 38 361,000 | 38 441,000 | 80,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Arc | 38 441,000 | 39 116,000 | 675,000 | 1 300,000 | **95** | **80** | **120** | 58 | 131 | 30 | 66 | 36 | Vérifiée | 37 | Vérifiée | | | | | 1,36 | Vérifiée | 45 | Vérifiée | | | 15 | Vérifiée | 322,490 |
| | Clothoïde | 39 116,000 | 39 196,000 | 80,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Droite | 39 196,000 | 40 564,000 | 1 368,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | Clothoïde | 40 564,000 | 40 764,000 | 200,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Arc | 40 764,000 | 41 732,000 | 968,000 | 10 000,000 | 0 | **80** | **120** | 8 | 17 | 4 | 9 | 7 | Vérifiée | 2 | Vérifiée | | | | | 0,14 | Vérifiée | 5 | Vérifiée | | | 1 | Vérifiée | 1414,214 |
| | Clothoïde | 41 732,000 | 41 932,000 | 200,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Droite | 41 932,000 | 43 499,000 | 1 567,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | Clothoïde | 43 499,000 | 43 569,000 | 70,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Arc | 43 569,000 | 44 846,000 | 1 277,000 | 9 000,000 | 0 | **80** | **120** | 8 | 19 | 4 | 10 | 4 | Vérifiée | 7 | Vérifiée | | | | | 0,15 | Vérifiée | 5 | Vérifiée | | | 2 | Vérifiée | 793,725 |
| | Clothoïde | 44 846,000 | 44 916,000 | 70,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Droite | 44 916,000 | 45 000,000 | 84,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

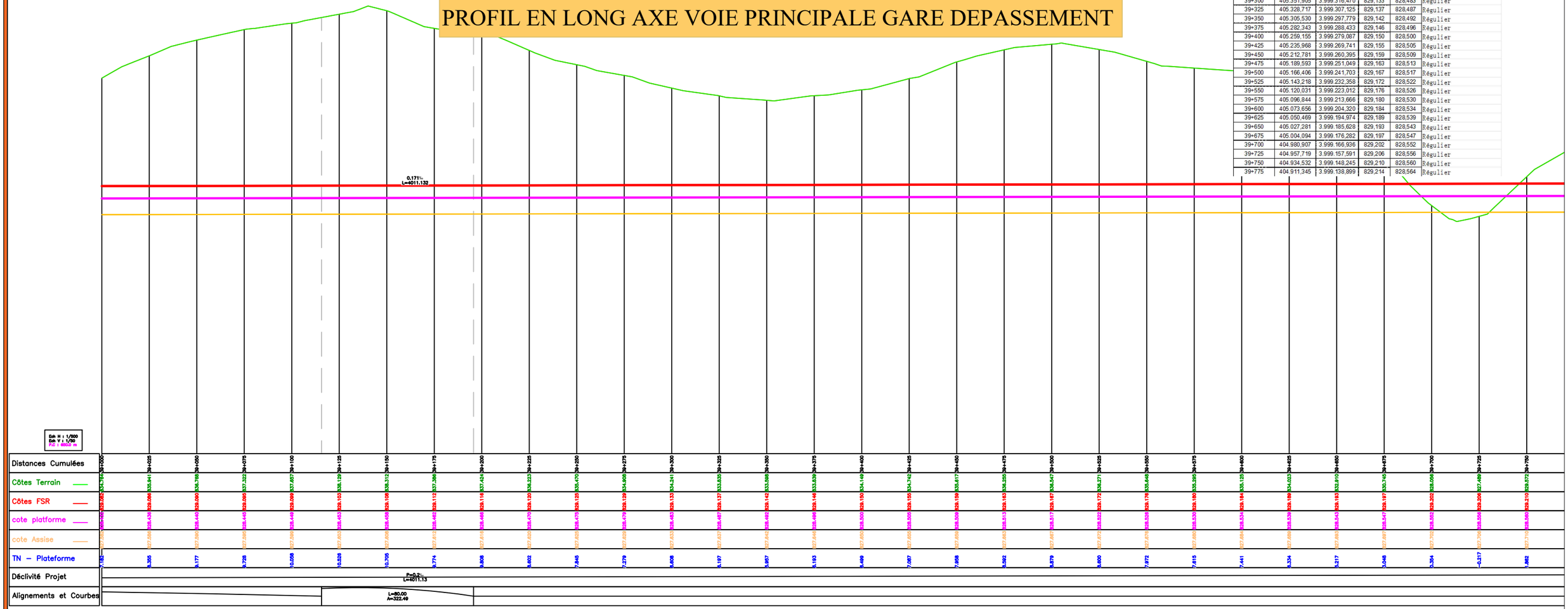
**Tableau : Justification de l´axe en plan**

# VUE EN PLAN AXE VOIE PRINCIPALE GARE DEPASSEMENT




| PK Cumulées | Coordonnées de l'axe | | Z | | Type de point |
|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | FSR | Plateforme | |
| [m] | [m] | [m] | [] | [m] | |
| 39+000 | 405.626,253 | 3.999.437,309 | 829,082 | 828,432 | Régulier |
| 39+025 | 405.604,233 | 3.999.425,471 | 829,086 | 828,436 | Régulier |
| 39+050 | 405.581,990 | 3.999.414,059 | 829,090 | 828,440 | Régulier |
| 39+075 | 405.559,532 | 3.999.403,076 | 829,095 | 828,445 | Régulier |
| 39+100 | 405.536,866 | 3.999.392,528 | 829,099 | 828,449 | Régulier |
| 39+116 | 405.522,546 | 3.999.386,134 | 829,102 | 828,452 | Courbe - Transition |
| 39+125 | 405.514,002 | 3.999.382,415 | 829,103 | 828,453 | Régulier |
| 39+150 | 405.490,972 | 3.999.372,688 | 829,108 | 828,458 | Régulier |
| 39+175 | 405.467,837 | 3.999.363,213 | 829,112 | 828,462 | Régulier |
| 39+196 | 405.448,659 | 3.999.355,468 | 829,115 | 828,465 | Transition - Ligne |
| 39+200 | 405.444,654 | 3.999.353,854 | 829,116 | 828,466 | Régulier |
| 39+225 | 405.421,467 | 3.999.344,508 | 829,120 | 828,470 | Régulier |
| 39+250 | 405.398,280 | 3.999.335,162 | 829,125 | 828,475 | Régulier |
| 39+275 | 405.375,092 | 3.999.325,816 | 829,129 | 828,479 | Régulier |
| 39+300 | 405.351,905 | 3.999.316,470 | 829,133 | 828,483 | Régulier |
| 39+325 | 405.328,717 | 3.999.307,125 | 829,137 | 828,487 | Régulier |
| 39+350 | 405.305,530 | 3.999.297,779 | 829,142 | 828,492 | Régulier |
| 39+375 | 405.282,343 | 3.999.288,433 | 829,146 | 828,496 | Régulier |
| 39+400 | 405.259,155 | 3.999.279,087 | 829,150 | 828,500 | Régulier |
| 39+425 | 405.235,968 | 3.999.269,741 | 829,155 | 828,505 | Régulier |
| 39+450 | 405.212,781 | 3.999.260,395 | 829,159 | 828,509 | Régulier |
| 39+475 | 405.189,593 | 3.999.251,049 | 829,163 | 828,513 | Régulier |
| 39+500 | 405.166,406 | 3.999.241,703 | 829,167 | 828,517 | Régulier |
| 39+525 | 405.143,218 | 3.999.232,358 | 829,172 | 828,522 | Régulier |
| 39+550 | 405.120,031 | 3.999.223,012 | 829,176 | 828,526 | Régulier |
| 39+575 | 405.096,844 | 3.999.213,666 | 829,180 | 828,530 | Régulier |
| 39+600 | 405.073,656 | 3.999.204,320 | 829,184 | 828,534 | Régulier |
| 39+625 | 405.050,469 | 3.999.194,974 | 829,189 | 828,539 | Régulier |
| 39+650 | 405.027,281 | 3.999.185,628 | 829,193 | 828,543 | Régulier |
| 39+675 | 405.004,094 | 3.999.176,282 | 829,197 | 828,547 | Régulier |
| 39+700 | 404.980,907 | 3.999.166,936 | 829,202 | 828,552 | Régulier |
| 39+725 | 404.957,719 | 3.999.157,591 | 829,206 | 828,556 | Régulier |
| 39+750 | 404.934,532 | 3.999.148,245 | 829,210 | 828,560 | Régulier |
| 39+775 | 404.911,345 | 3.999.138,899 | 829,214 | 828,564 | Régulier |

# PROFIL EN LONG AXE VOIE PRINCIPALE GARE DEPASSEMENT



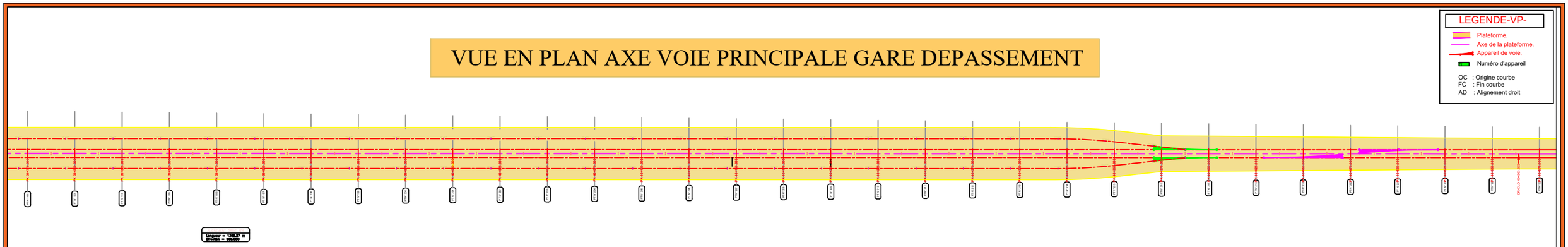


ENSTP

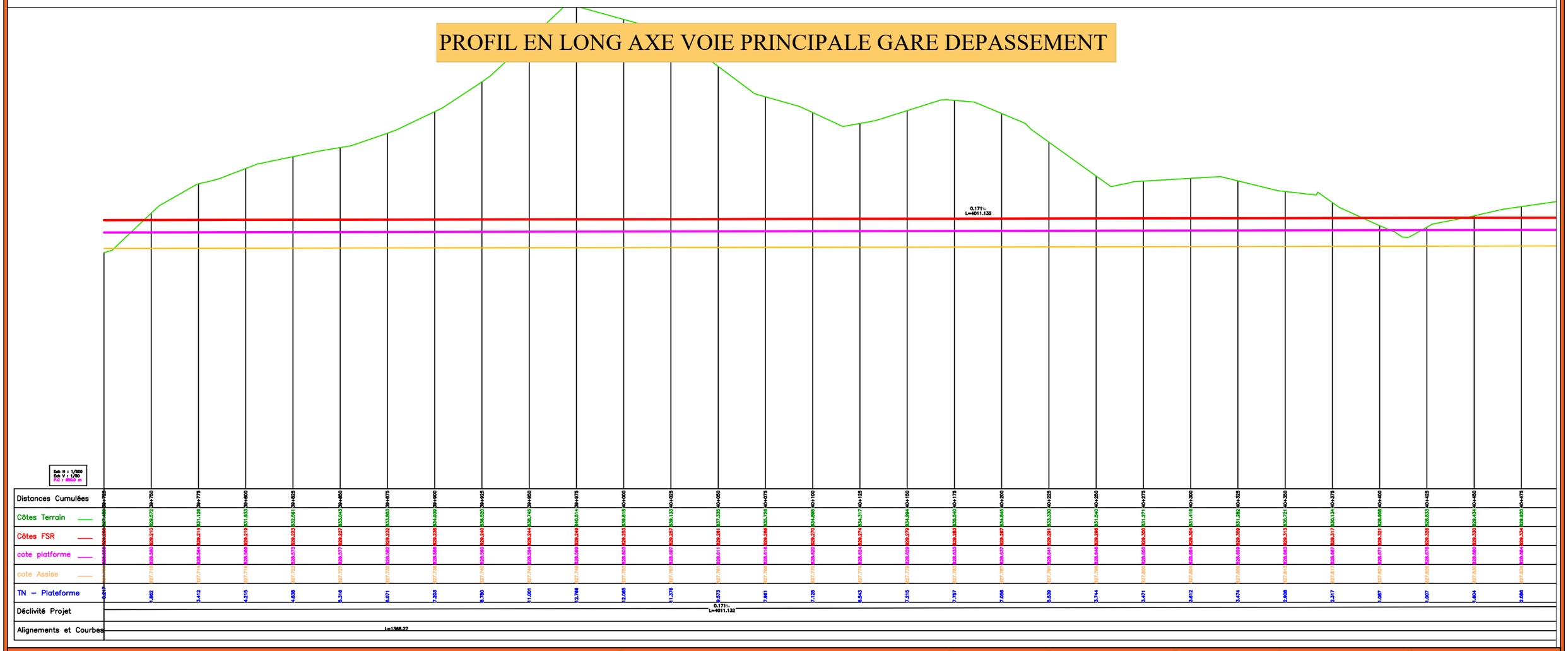
Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : ( 023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz


| PROJET DE FIN D'ETUDES | Réalisé par | Encadré par | Echelle | N° Planche | Année universitaire |
|---|---|---|---|---|---|
| Projet étude liaison ferroviaire BOUCHEGOUF - DREA Ligne Ferroviaire Minière Est PK 35+000-45+000 | A. BENCHINE | A. KHELIFI<br>F. FEDGHOUCH | | | 2025 / 2026 |

# VUE EN PLAN AXE VOIE PRINCIPALE GARE DEPASSEMENT




# PROFIL EN LONG AXE VOIE PRINCIPALE GARE DEPASSEMENT



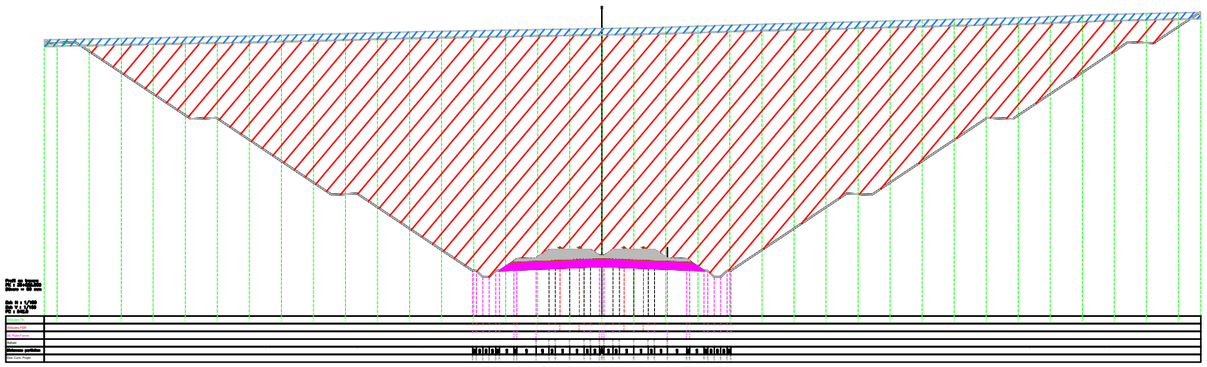


ENSTP

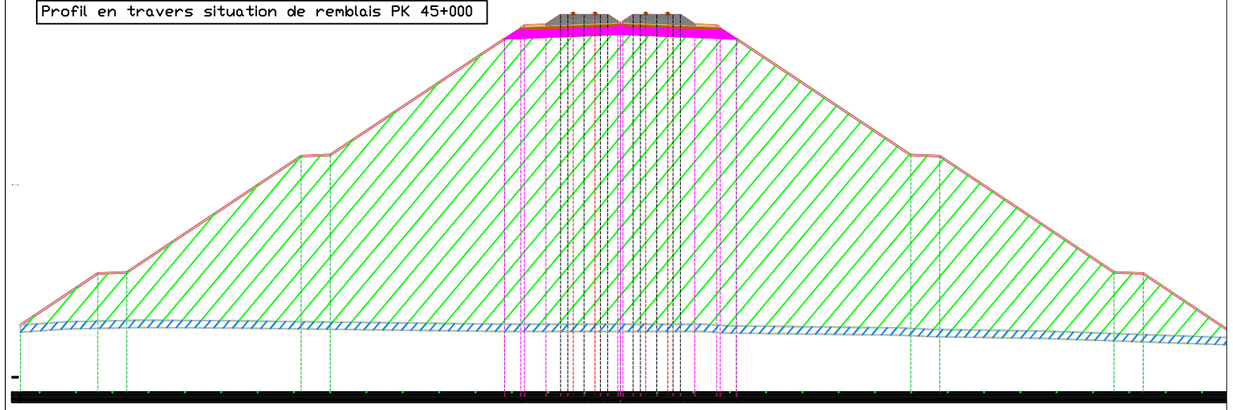
**Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger**
**Fax** : ( 023) 70 19 38 **Site web** : www.enstp.edu.dz
**Tel** : (023) 70 19 04 **E-mail** : enstp@enstp.edu.dz


| PROJET DE FIN D'ETUDES | Réalisé par | Encadré par | Echelle | N° Planche | Année universitaire |
|---|---|---|---|---|---|
| Projet étude liaison ferroviaire BOUCHEGOUF - DREA Ligne Ferroviaire Minière Est PK 35+000-45+000 | A. BENCHINE | A. KHELIFI<br>F. FEDGHOUCH | | | 2025 / 2026 |

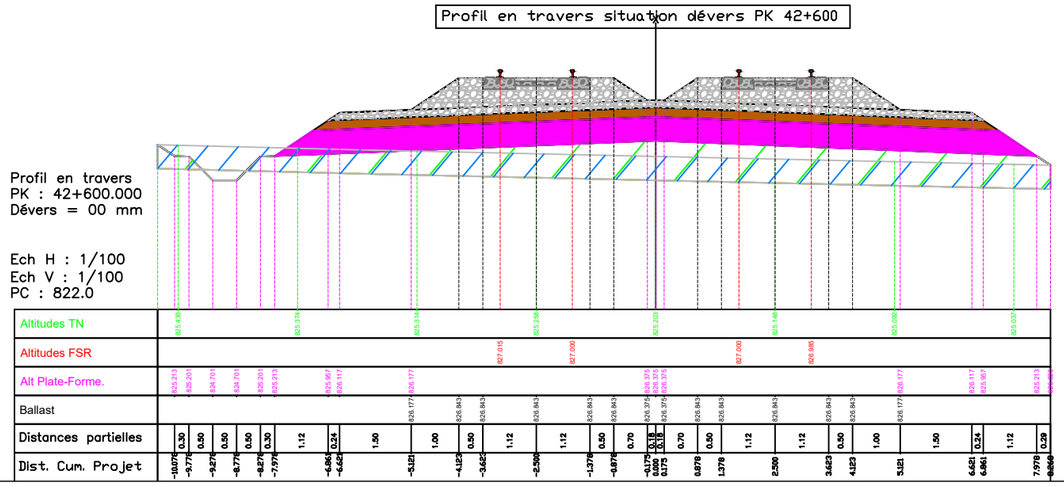
## Profil en travers situation de déblais PK 35+025



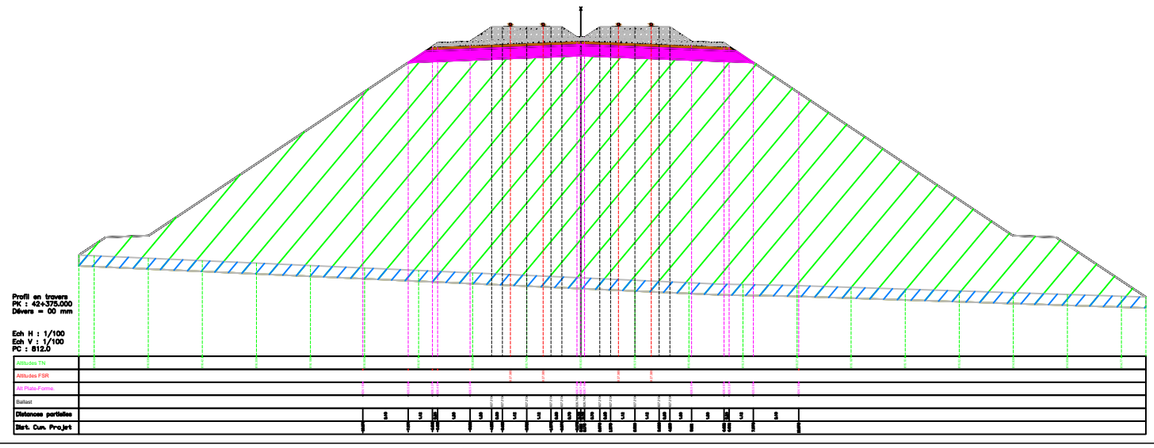
## Profil en travers situation de remblais PK 45+000



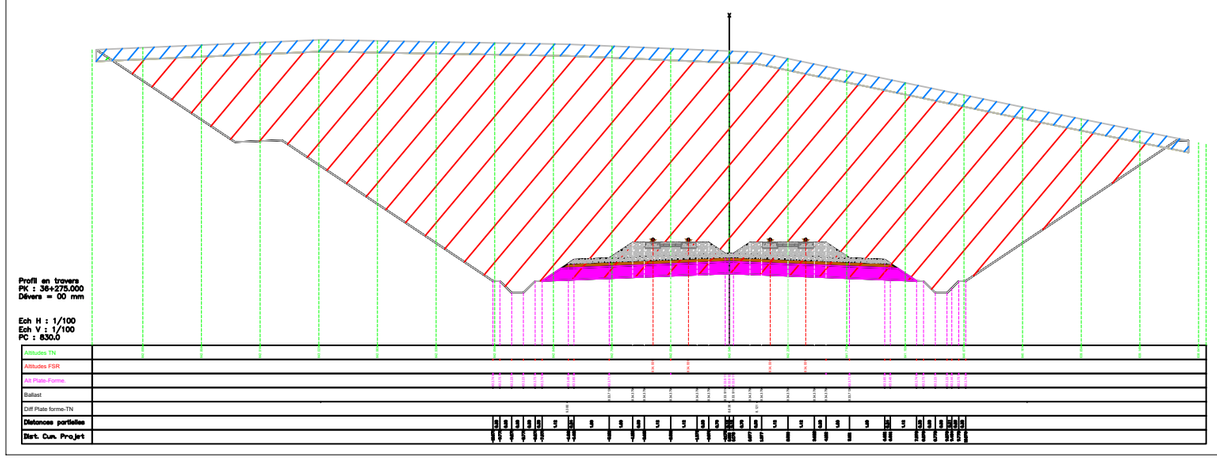
## Profil en travers situation dévers PK 42+600



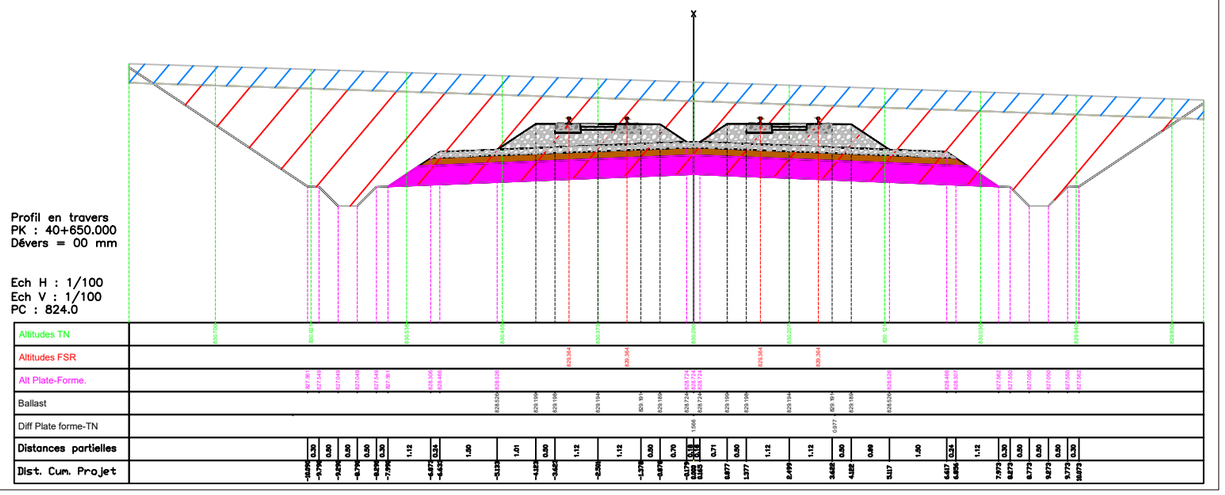

## Profil en travers situation de remblais PK 32+375




## Profil en travers situation de deblai PK 36+275




## Profil en travers PK 40+650





ENSTP

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : ( 023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz


| PROJET DE FIN D'ETUDES | Réalisé par | Encadré par | Echelle | N° Planche | Année universitaire |
|---|---|---|---|---|---|
| Projet étude liaison ferroviaire BOUCHEGOUF - DREA Ligne Ferroviaire Minière Est PK 35+000-45+000 | A. BENCHINE | A. KHELIFI<br>F. FEDGHOUCH | | | 2025 / 2026 |

# CHAPITRE VI

✦ ✦ ✦

# ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

# Introduction

Le présent chapitre a pour objet de fournir les éléments hydrologiques nécessaires à l'étude du tronçon de la Ligne Minière Est — Souk-Ahras → Dréa, dans le cadre du projet de dédoublement de voie (PK 35+000 – PK 45+000).

Ce tronçon de voie ferrée traverse un certain nombre de bassins versants hydrologiques qu'il convient d'étudier avec soin. Les précipitations d'intensités élevées, fréquentes dans cette région semi-aride à sub-humide, sont susceptibles de provoquer des crues significatives au droit des franchissements, notamment aux endroits présentant une topographie favorable à la concentration des eaux de ruissellement. La maîtrise de ces phénomènes est indispensable pour garantir la pérennité et la sécurité de l'infrastructure ferroviaire projetée.

# VI.1 Présentation Générale

## VI.1.1 Localisation Géographique de la Zone d'Étude

La région d'étude se situe à l'extrême Est algérien, sur le territoire de la wilaya de Souk-Ahras. Elle est délimitée par les wilayas suivantes :

- **Au Nord :** Wilaya d'El-Taref.
- **Au Nord-Ouest :** Wilaya de Guelma.
- **À l'Ouest :** Wilaya d'Oum El-Bouaghi.
- **À l'Est :** Frontière algéro-tunisienne.
- **Au Sud :** Wilaya de Tébessa.




***Figure VI.1 — Limites administratives de la wilaya de Souk-Ahras***

# VI.2 Caractéristiques Climatiques

## VI.2.1 Températures

La région d'étude est caractérisée par un climat de type méditerranéen à dominance semi-continentale, avec des étés chauds et secs et des hivers froids et humides. La température moyenne annuelle enregistrée à la station de Souk-Ahras est de l'ordre de 14,6 °C pour la période 1965–2002, et de 15,8 °C d'après les données actualisées. Le tableau suivant présente les moyennes mensuelles des températures relevées à la station de Souk-Ahras.

***Tableau VI.1 — Températures moyennes mensuelles (°C) — Station de Souk-Ahras (1965–2002)***

| Mois | Sep | Oct | Nov | Déc | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Jun | Jul | Aoû | Moy. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T (°C) | 21 | 15,9 | 11,2 | 7,3 | 6,3 | 6,3 | 9,3 | 13,0 | 15,9 | 20,5 | 23,9 | 24,0 | 14,6 |

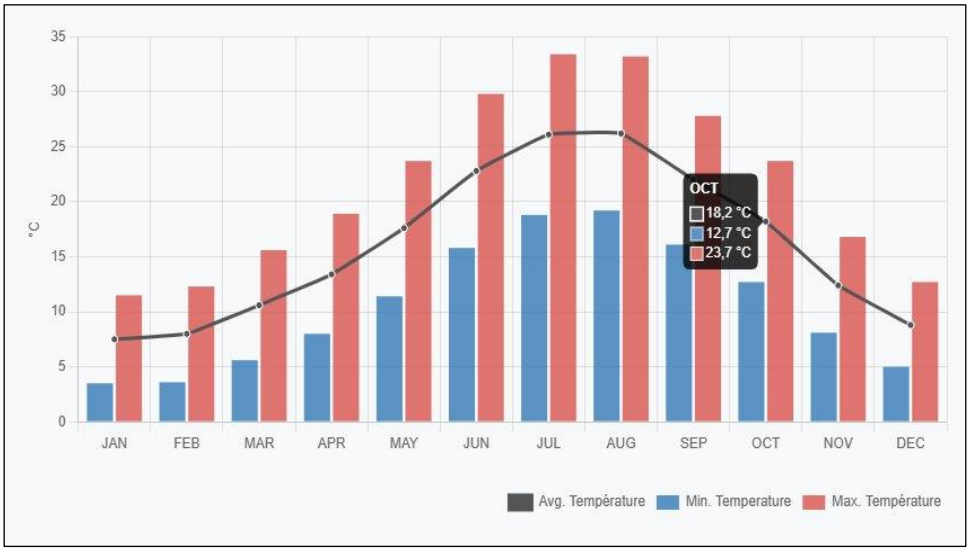



***Figure VI.2 — Températures moyennes mensuelles à Souk-Ahras (1991–2020) — Minimales, maximales et moyennes***

## VI.2.2 Humidité et Zones Bioclimatiques

La combinaison des précipitations et des températures caractérise un rythme climatique à dominance méditerranéenne régnant sur l'Est algérien, où la saison froide et humide s'oppose nettement à la saison chaude et sèche. On distingue quatre grands types de bioclimats méditerranéens :

- **Humide :** pluviométrie annuelle P > 900 mm, forte humidité atmosphérique.
- **Sub-humide :** P > 600 mm environ, déficit hydrique saisonnier modéré.
- **Semi-aride :** 300–350 < P < 550–600 mm, déficit hydrique net et marqué.
- **Sub-aride :** P < 350 mm, nombre de mois secs supérieur au nombre de mois humides.
- **Aride :** P < 150 mm, 12 mois biologiquement secs.

D'après la carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien, la zone d'étude est caractérisée par un climat sub-humide, ce qui est cohérent avec les données pluviométriques enregistrées à la station de Souk-Ahras.

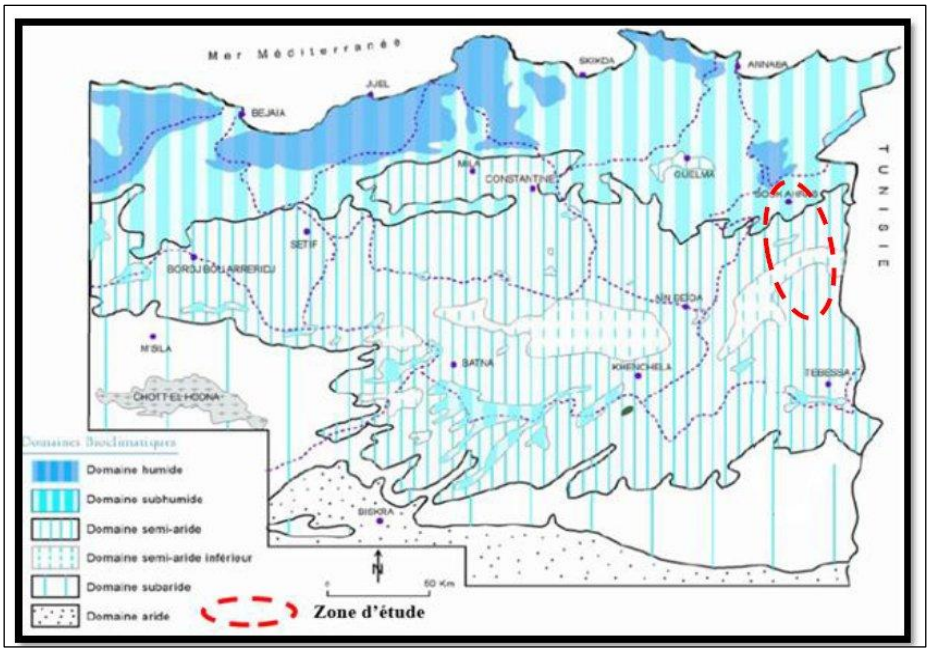



*Figure VI.3 — Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien — Zone d'étude encerclée*

## VI.2.3 Pluviométrie

Les données pluviométriques de la région ont été recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources en Eau (ANRH) et de l'Office National de la Météorologie (ONM). Il s'agit d'observations journalières à partir desquelles ont été reconstituées les valeurs des pluies mensuelles et annuelles pour différentes fréquences de retour.

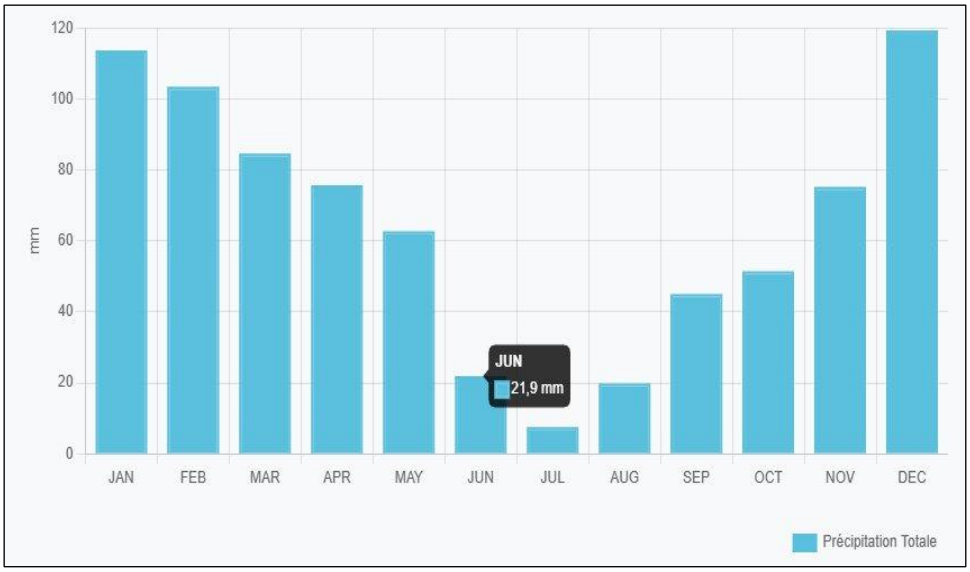



*Figure VI.4 — Précipitations totales mensuelles à Souk-Ahras (1991–2020)*

### VI.2.3.1 Pluies Annuelles

L'ajustement des séries de pluies annuelles à une loi de distribution normale montre que les distributions statistiques dans la région présentent un caractère symétrique. Le tableau suivant donne les pluies annuelles de la station de Souk-Ahras pour différentes fréquences de retour.

***Tableau VI.2 — Pluies annuelles selon les fréquences de retour — Station de Souk-Ahras***

| Station | Fréq. 0,99 | Fréq. 0,98 | Fréq. 0,95 | Fréq. 0,90 |
|---|---|---|---|---|
| Souk-Ahras (mm) | 1 108,8 | 1 060,2 | 987,3 | 922,6 |

### VI.2.3.2 Précipitations Journalières Maximales

La protection d'une infrastructure contre les dégâts des eaux exige une analyse des pluies journalières maximales annuelles. Le tableau ci-dessous présente les valeurs de ces pluies pour différentes périodes de retour à la station de Souk-Ahras.

***Tableau VI.3 — Pluies journalières maximales selon les fréquences — Station de Souk-Ahras***

| Station | Fréq. 0,90 | Fréq. 0,95 | Fréq. 0,98 | Fréq. 0,99 |
|---|---|---|---|---|
| Souk-Ahras (mm) | 80 | 91,2 | 105,7 | 116,6 |

### VI.2.3.3 Pluies de Courtes Durées — Relation IDF

La relation Intensité–Durée–Fréquence (IDF) est établie à partir des enregistrements pluviographiques sur différents pas de temps (15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h et 24 h). Pour chaque pas de temps, la valeur maximale observée par averse est sélectionnée, et la loi IDF est exprimée sous la forme de Montana :

$$I(t, T) = a(T) / t^{b}$$

Avec : I : intensité de pluie (mm/h) ; T : période de retour (ans) ; t : durée (heures) ; a(T) et b : paramètres de Montana, déterminés par régression sur les données pluviographiques.

***Tableau VI.4 — Valeurs du paramètre a(T) selon la période de retour — Station de Souk-Ahras***

| T (ans) | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| a(T) — Souk-Ahras | 13,7 | 18,9 | 22,4 | 25,7 | 30,0 | 33,2 |

***Tableau VI.5 — Valeur du paramètre b de Montana — Station de Souk-Ahras***

| Station | b |
|---|---|
| Souk-Ahras | 0,62 |

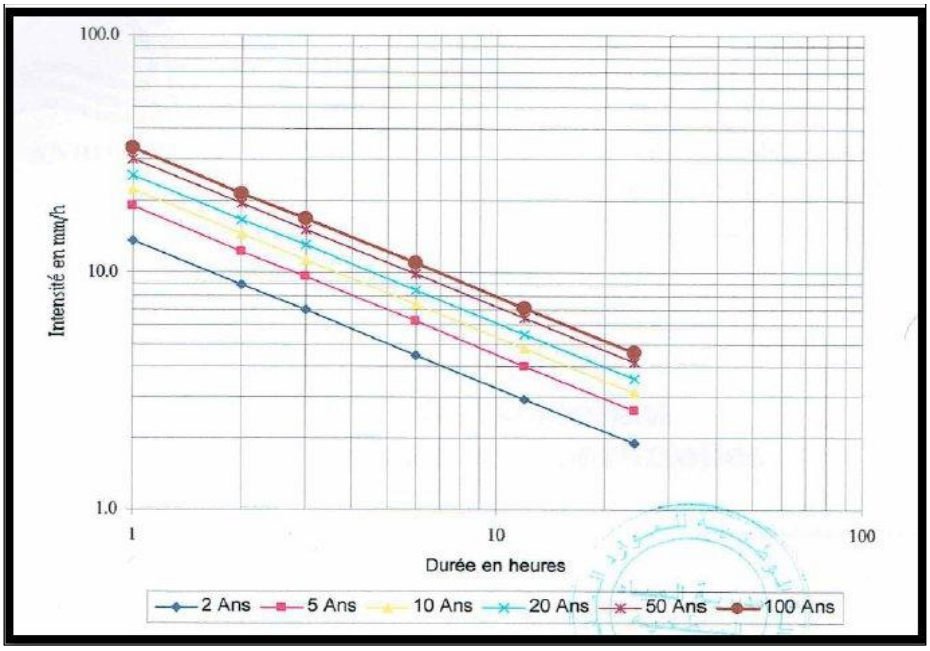



***Figure VI.5 — Courbes Intensité–Durée–Fréquence (IDF) — Station de Souk-Ahras (T = 2 à 100 ans)***

# VI.3 Les Crues

La détermination du débit de crue de projet est une étape fondamentale pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques de franchissement. Un événement de crue est caractérisé par son débit de pointe, sa durée et le volume total écoulé. Les aménagements projetés doivent être conçus pour la crue de période de retour centennale, afin de garantir leur robustesse face aux événements pluvieux extrêmes.

## VI.3.1 Formule Rationnelle

Pour évaluer les débits de pointe aux sites de franchissement du tracé par les écoulements superficiels, la formule rationnelle est appliquée :

$$\mathbf{Q\ max\ =\ (Cr \times I \times S) / 3{,}6}$$

- Qmax : débit de crue de la période de retour souhaitée ($m^3/s$)
- Cr : coefficient de ruissellement (sans dimension)
- I : intensité de la pluie de fréquence donnée, pour une durée égale au temps de concentration Tc (mm/h)
- S : superficie du bassin versant ($km^2$)

## VI.3.2 Coefficient de Ruissellement — Méthode de Kenessey

Le coefficient de ruissellement Cr est déterminé par la méthode de Kenessey, qui décompose ce coefficient en trois termes additifs :

$$\mathbf{Cr\ =\ C_1 + C_2 + C_3}$$

***Tableau VI.6 — Terme $C_1$ — Pente du cours d'eau principal selon (ANRH – Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Algérie).***

| Pente | Valeur de $C_1$ |
|---|---|
| < 3,5 % | 0,01 – 0,05 |
| 3,5 % – 11 % | 0,06 – 0,10 |
| 11 % – 35 % | 0,12 – 0,20 |
| > 35 % | 0,22 – 0,30 |

***Tableau VI.7 — Terme $C_2$ — Perméabilité du terrain selon (ANRH – Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Algérie).***

| Nature du sol | Valeur de $C_2$ |
|---|---|
| Terrains imperméables | 0,22 – 0,30 |
| Terrains peu perméables | 0,10 – 0,20 |
| Terrains perméables | 0,06 – 0,10 |
| Terrains très perméables | 0,03 – 0,05 |

***Tableau VI.8 — Terme $C_3$ — Couverture végétale selon (ANRH – Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Algérie).***

| Type de couverture | Valeur de $C_3$ |
|---|---|
| Terrains rocheux | 0,22 – 0,30 |
| Prairies / pâturages | 0,17 – 0,25 |
| Champs labourés | 0,07 – 0,15 |
| Forêts / sols sableux | 0,03 – 0,05 |

# VI.4 Délimitation et Caractérisation des Bassins Versants

## VI.4.1 Délimitation

Le bassin versant constitue l'unité hydrologique de base : il capture les précipitations tombant sur son étendue et les achemine vers un exutoire unique. Sa délimitation a été réalisée à l'aide du logiciel Global Mapper Pro, à partir du Modèle Numérique de Terrain (MNT) ASTER GDEM v3. La procédure adoptée a consisté à générer les courbes de niveau dans Global Mapper, en projetant la zone d'étude dans le système de coordonnées UTM – WGS84, Zone 32 Nord. L'analyse morphologique du MNT a ensuite permis d'identifier automatiquement les lignes de partage des eaux délimitant chaque bassin versant intercepté par le tracé.

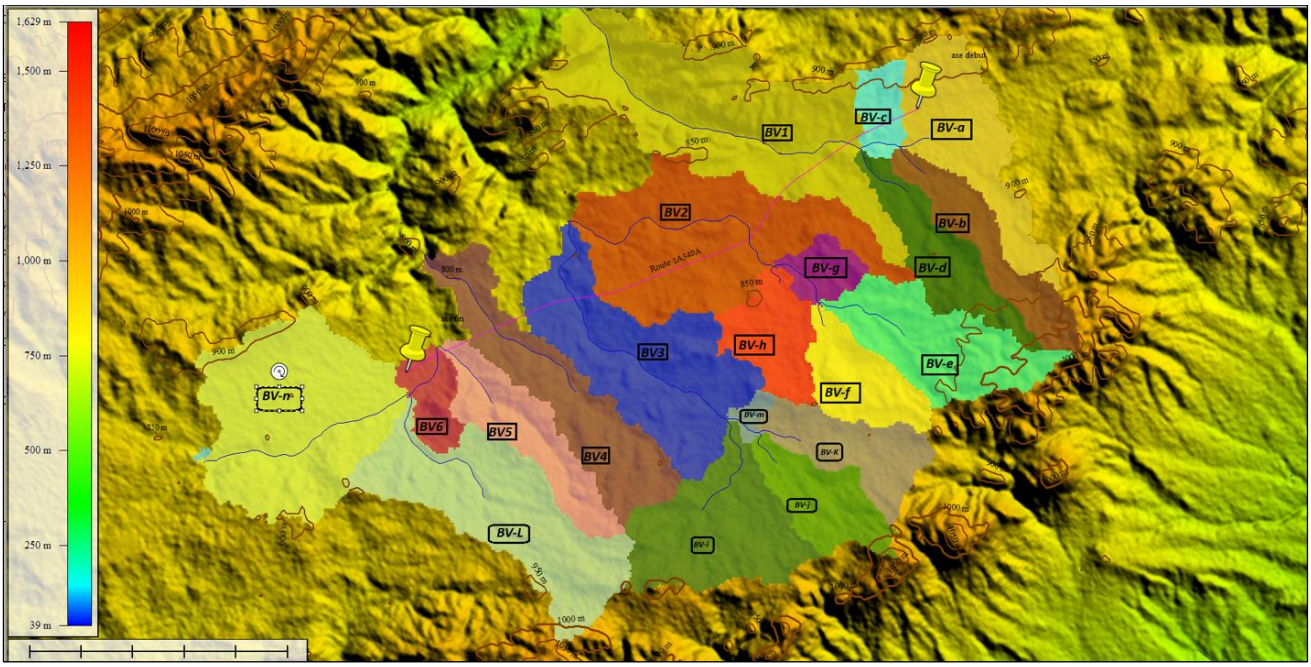



*Figure VI.6 — Délimitation des bassins versants traversés par le tracé — Global Mapper / MNT ASTER GDEM v3*

## VI.4.2 Paramètres Morphométriques

Pour chaque bassin versant, les paramètres morphométriques suivants ont été calculés :

- S (km²) : surface du bassin versant
- P (km) : périmètre du bassin versant
- Lw (km) : longueur du plus long cours d'eau
- Hmax (m) : altitude maximale
- Hmin (m) : altitude minimale
- Hmoy (m) : altitude moyenne
- I (m/m) : pente moyenne du bassin versant
- Kc : indice de compacité de Gravelius
- Tc (h) : temps de concentration

## VI.4.3 Calcul du Temps de Concentration

Le temps de concentration Tc est calculé selon la superficie du bassin versant, en appliquant la formule la plus adaptée :

**Superficie < 5 km² — Formule des Petits Bassins**

$$Tc = 0{,}127 \times \sqrt{(S / I)}$$

**Superficie 5 à 25 km² — Formule de Passini**

$$Tc = 0{,}108 \times \sqrt[3]{(S \times Lw)} / \sqrt{I}$$

**Superficie > 25 km² — Formule de Giandotti**

$$Tc = (4\sqrt{S} + 1{,}5\,Lw) / (0{,}8 \times \sqrt{(Hmoy - Hmin)})$$

## VI.4.4 Paramètres des Bassins Versants Identifiés

La délimitation hydrologique du tronçon, réalisée à partir du modèle numérique de terrain, a permis d'identifier vingt bassins versants élémentaires interceptés par le tracé : six bassins principaux, numérotés 1 à 6, correspondant aux franchissements majeurs, et quatorze bassins secondaires, désignés par les lettres a à n, dont les apports convergent vers les mêmes points de franchissement. Leurs caractéristiques morphométriques — superficie, périmètre, longueur du talweg principal, altitudes extrêmes et moyennes, pente moyenne et indice de compacité de Gravelius — sont récapitulées dans le tableau suivant.

***Tableau VI.9 — Caractéristiques morphométriques des bassins versants des oueds traversés par la Ligne Minière — Tronçon Souk-Ahras – Dréa (PK 35 – PK 45)***

| n° BV | S (km²) | Périmètre (km) | $L_w$ (km) | $H_{max}$ (m) | $H_{min}$ (m) | $H_{moy}$ (m) | P (m/m) | $K_c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 13,799 | 29,513 | 6,897 | 823,0000 | 665,0000 | 744,0000 | 0,022909 | 0,40949 |
| 2 | 11,146 | 25,537 | 5,082 | 828,0075 | 791,7112 | 809,8594 | 0,007142 | 0,42382 |
| 3 | 9,468 | 22,479 | 5,809 | 856,0062 | 791,7112 | 823,8587 | 0,011107 | 0,43144 |
| 4 | 6,875 | 23,167 | 4,241 | 854,3865 | 773,5732 | 813,9799 | 0,019055 | 0,51399 |
| i | 6,699 | 16,592 | 2,255 | 889,3100 | 855,0070 | 872,1585 | 0,015212 | 0,44066 |
| e | 5,794 | 17,051 | 1,929 | 882,0842 | 840,1823 | 861,1333 | 0,021722 | 0,48033 |
| a | 5,919 | 18,886 | 0,60888 | 855,0363 | 843,8080 | 849,4222 | 0,018441 | 0,50015 |
| n | 11,457 | 20,261 | 4,367 | 841,5676 | 806,5600 | 824,0638 | 0,008016 | 0,37235 |
| L | 9,122 | 23,702 | 2,987 | 860,2267 | 806,5625 | 833,3946 | 0,017966 | 0,45134 |
| 5 | 4,148 | 16,056 | 1,543 | 831,1075 | 801,6129 | 816,3602 | 0,011912 | 0,55088 |
| 6 | 1,719 | 8,410 | 1,235 | 807,9994 | 800,3038 | 804,1516 | 0,006231 | 0,61932 |
| b | 3,580 | 16,133 | 0,74294 | 857,5000 | 843,0082 | 850,2541 | 0,019506 | 0,59439 |
| c | 1,475 | 6,958 | 0,79887 | 844,0000 | 823,0000 | 833,5000 | 0,026287 | 0,60814 |
| d | 3,779 | 16,362 | 1,327 | 859,0790 | 823,0000 | 841,0395 | 0,027188 | 0,58262 |
| f | 3,253 | 11,010 | 0,48047 | 846,0766 | 840,0009 | 843,0388 | 0,012645 | 0,51512 |
| g | 1,467 | 7,187 | 1,303 | 841,0000 | 827,0002 | 834,0001 | 0,010744 | 0,61975 |
| h | 3,116 | 11,469 | 0,41954 | 829,9980 | 827,0900 | 828,5440 | 0,006931 | 0,53718 |
| j | 3,273 | 11,928 | 0,76494 | 872,2440 | 860,0030 | 866,1235 | 0,016003 | 0,53453 |

| n° BV | S (km²) | Périmètre (km) | $L_w$ (km) | $H_{max}$ (m) | $H_{min}$ (m) | $H_{moy}$ (m) | P (m/m) | $K_c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| k | 3,641 | 13,075 | 0,85623 | 868,0060 | 860,0040 | 864,0060 | 0,009343 | 0,53060 |
| m | 0,463 | 4,282 | 0,74668 | 861,0945 | 854,0647 | 857,5796 | 0,009415 | 0,85151 |

*Partie A : paramètres géométriques et morphologiques*

Le temps de concentration de chaque bassin, calculé selon les formules adaptées à sa superficie, permet ensuite de déterminer les intensités pluviométriques de projet par la loi de Montana, pour les périodes de retour de 10, 50 et 100 ans.

***Tableau VI.10 — Paramètres hydrauliques et intensités pluviométriques des bassins versants***

| n° BV | $T_c$ (h) | i (T = 10 ans) (mm/h) | i (T = 50 ans) (mm/h) | i (T = 100 ans) (mm/h) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,31816 | 10,6486 | 14,2615 | 15,7827 |
| 2 | 4,99877 | 8,2595 | 11,0618 | 12,2417 |
| 3 | 3,97626 | 9,5186 | 12,7481 | 14,1079 |
| 4 | 2,45263 | 12,8433 | 17,2008 | 19,0356 |
| i | 2,20471 | 13,7205 | 18,3757 | 20,3357 |
| e | 1,66870 | 16,3070 | 21,8397 | 24,1693 |
| a | 1,24192 | 19,5844 | 26,2290 | 29,0268 |
| n | 4,52711 | 8,7829 | 11,7628 | 13,0175 |
| L | 2,46950 | 12,7888 | 17,1279 | 18,9548 |
| 5 | 1,87083 | 15,1910 | 20,3451 | 22,5152 |
| 6 | 2,10938 | 14,1017 | 18,8863 | 20,9008 |
| b | 1,72052 | 16,0007 | 21,4295 | 23,7153 |
| c | 0,95132 | 21,3039 | 30,9427 | 34,2432 |
| d | 1,49727 | 17,4406 | 23,3580 | 25,8495 |
| f | 2,03695 | 14,4105 | 19,2998 | 21,3585 |
| g | 1,48399 | 17,5372 | 23,4874 | 25,9927 |
| h | 2,69272 | 12,1207 | 16,2331 | 17,9647 |
| j | 1,81628 | 15,4723 | 20,7218 | 22,9322 |
| k | 2,50706 | 12,6697 | 16,9683 | 18,7783 |
| m | 0,89061 | 24,0680 | 32,2339 | 35,6722 |

*Partie B : temps de concentration et intensités pluviométriques pour T = 10, 50 et 100 ans*

# VI.5 Calcul des Débits de Crue Centennaux

Les débits de pointe sont évalués pour la crue centennale (T = 100 ans), période de retour de référence pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques ferroviaires. La méthode de calcul est choisie en fonction de la superficie du bassin versant : la formule Rationnelle est appliquée aux bassins de moins de 10 km², tandis qu'une formule de transition, pondérant les résultats des méthodes Rationnelle et Crupedix, est utilisée pour les bassins compris entre 10 et 50 km².

## VI.5.1 Bassins Versants de Superficie S < 10 km² — Formule Rationnelle

Dix-sept bassins versants présentent une superficie inférieure à 10 km². Leurs débits maximaux centennaux, calculés par la formule Rationnelle, sont présentés dans le tableau suivant.

***Tableau VI.11 — Débits maximaux centennaux ($Q_{100}$) pour les bassins versants de superficie S < 10 km²***

| n° BV | S (km²) | Périmètre (km) | $L_w$ (km) | $T_c$ (h) | $Q_{100}$ (m³/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 9,468 | 22,479 | 5,809 | 3,97626 | 0,27 |
| 4 | 6,875 | 23,167 | 4,241 | 2,45263 | 0,28 |
| i | 6,699 | 16,592 | 2,255 | 2,20471 | 0,27 |
| e | 5,794 | 17,051 | 1,929 | 1,66870 | 0,28 |
| a | 5,919 | 18,886 | 0,60888 | 1,24192 | 0,28 |
| L | 9,122 | 23,702 | 2,987 | 2,46950 | 0,262 |
| 5 | 4,148 | 16,056 | 1,543 | 1,87083 | 0,27 |
| 6 | 1,719 | 8,410 | 1,235 | 2,10938 | 0,26 |
| b | 3,580 | 16,133 | 0,74294 | 1,72052 | 0,27 |
| c | 1,475 | 6,958 | 0,79887 | 0,95132 | 0,29 |
| d | 3,779 | 16,362 | 1,327 | 1,49727 | 0,28 |
| f | 3,253 | 11,010 | 0,48047 | 2,03695 | 0,27 |
| g | 1,467 | 7,187 | 1,303 | 1,48399 | 0,27 |
| h | 3,116 | 11,469 | 0,41954 | 2,69272 | 0,26 |
| j | 3,273 | 11,928 | 0,76494 | 1,81628 | 0,27 |
| k | 3,641 | 13,075 | 0,85623 | 2,50706 | 0,26 |
| m | 0,463 | 4,282 | 0,74668 | 0,89061 | 0,26 |

*Méthode Rationnelle — Période de retour T = 100 ans*

## VI.5.2 Bassins Versants de Superficie 10 km² < S < 50 km² — Formule de Transition

Trois bassins versants — les bassins n°1, n°2 et n — présentent une superficie comprise entre 10 et 50 km². Pour cette gamme intermédiaire, le débit centennal de projet est obtenu par pondération des résultats de la formule Rationnelle et de la formule Crupedix, au moyen de coefficients α et β fonction de la superficie. Les résultats des deux étapes du calcul sont présentés dans les tableaux suivants.

***Tableau VI.12 — Calcul des débits centennaux par pondération Rationnelle / Crupedix (Partie 1)***

| n° BV | S (km²) | $L_w$ (km) | $Q_{100}$ Rationnelle (m³/s) | Q Crupedix (m³/s) | ΔQ (m³/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 13,799 | 6,897 | 17,5439 | 1,0000 | 16,5438 |
| 2 | 11,146 | 5,082 | 9,8545 | 0,8430 | 9,0114 |
| n | 11,457 | 4,367 | 10,7714 | 0,8618 | 9,9096 |

*Partie 1 : débits issus des méthodes Rationnelle et Crupedix et écart ΔQ*

***Tableau VI.13 — Coefficients de pondération et débits de projet retenus (Partie 2)***

| n° BV | α | β | $Q_{CT}$ (m³/s) | $Q_{100}$ projet (m³/s) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,9050 | 0,0950 | 17,5449 | 17,5440 |
| 2 | 0,9714 | 0,0287 | 9,8550 | 9,8545 |
| n | 0,9636 | 0,0364 | 10,7720 | 10,7714 |

*Partie 2 : coefficients de pondération α et β, débit pondéré $Q_{CT}$ et débit de projet final*

## VI.5.3 Débits de Projet Retenus pour le Dimensionnement

Les débits de dimensionnement adoptés correspondent aux débits totaux franchissant effectivement l'infrastructure ferroviaire en chaque point de croisement. Ces valeurs résultent de la somme des contributions des bassins versants adjacents, regroupés en fonction de leur position géographique et de leur convergence hydraulique vers le site de l'ouvrage.

Les regroupements retenus sont les suivants :

- $\mathbf{Q_{o1} = Q_1 + Q_a + Q_b + Q_c + Q_d}$ — ouvrage de franchissement n°1 ;
- $\mathbf{Q_{o2} = Q_2 + Q_e + Q_f + Q_g + Q_h}$ — ouvrage de franchissement n°2 ;
- $\mathbf{Q_{o3} = Q_3 + Q_i + Q_j + Q_k + Q_m}$ — ouvrage de franchissement n°3 ;
- $\mathbf{Q_{o4} = Q_4}$ — ouvrage de franchissement n°4 ;
- $\mathbf{Q_{o5} = Q_5}$ — ouvrage de franchissement n°5 ;
- $\mathbf{Q_{o6} = Q_6 + Q_l + Q_n}$ — ouvrage de franchissement n°6.

Ces regroupements reflètent la réalité hydraulique des sites : chaque ouvrage est dimensionné sur la base de la totalité des apports convergeant vers le point de franchissement de la voie. Les débits de projet $Q_{oi}$ ainsi déterminés sont récapitulés dans le tableau suivant :

*Tableau VI.14 — Débits de projet retenus par ouvrage transversal*

| Ouvrage | Composition des apports | $Q_{oi}$ (m³/s) |
|---|---|---|
| $Q_{o1}$ | $Q_{o1} = Q_1 + Q_a + Q_b + Q_c + Q_d$ | 48,9410 |
| $Q_{o2}$ | $Q_{o2} = Q_2 + Q_e + Q_f + Q_g + Q_h$ | 32,8598 |
| $Q_{o3}$ | $Q_{o3} = Q_3 + Q_i + Q_j + Q_k + Q_m$ | 31,9953 |
| $Q_{o4}$ | $Q_{o4} = Q_4$ | 10,1787 |
| $Q_{o5}$ | $Q_{o5} = Q_5$ | 7,0045 |
| $Q_{o6}$ | $Q_{o6} = Q_6 + Q_l + Q_n$ | 2,5948 |

*Débits résultant de l'agrégation des bassins versants adjacents à chaque ouvrage de franchissement*

# VI.6 Calcul Hydraulique et Dimensionnement des Ouvrages

## VI.6.1 Méthode de Manning–Strickler

Les écoulements superficiels interceptés par l'infrastructure ferroviaire seront rétablis par la mise en place d'ouvrages hydrauliques de franchissement (dalots, buses) réalisés dans les règles de l'art. Ces ouvrages sont dimensionnés pour un événement pluvieux de période de retour centennale (T = 100 ans). Le débit de saturation est calculé par la formule de Manning–Strickler :

$$Q_s = V \times S_u \qquad \text{et} \qquad V = K_{st} \times J^{(1/2)} \times R_h^{(2/3)}$$

- Kst : coefficient de rugosité de Strickler (dépend de la nature de l'ouvrage)
- J : pente longitudinale de l'ouvrage (m/m)
- Rh : rayon hydraulique = section mouillée / périmètre mouillé (m)
- Su : section utile de l'écoulement (m²)

*Tableau VI.15 — Valeurs du coefficient de rugosité Kst selon la nature de l'ouvrage*

| Nature de l'ouvrage | Coefficient Kst |
|---|---|
| Fossé en terre | 30 |
| Buse métallique | 40 |
| Maçonnerie | 50 |
| Dalot en béton | 70 |
| Buse préfabriquée en béton | 70 |

### Hauteur utile des ouvrages

**Pour un dalot :**

- Si Ht ≤ 2,5 m : Hu = 0,80 × Ht
- Si Ht > 2,5 m : Hu = Ht − 0,50 m

**Pour une buse :**

- Si Ø ≤ 1,0 m : Hu = 0,75 × Ø
- Si Ø > 1,0 m : Hu = 0,50 × Ø

## VI.6.2 Critères de Dimensionnement

Les dimensions retenues pour chaque ouvrage de franchissement doivent satisfaire simultanément les deux conditions suivantes :

- **Condition de capacité :** Qa < Qs : le débit d'apport (crue centennale) doit rester inférieur au débit de saturation de l'ouvrage.
- **Condition de vitesse : V ≤ 4 m/s :** la vitesse maximale de l'écoulement dans l'ouvrage est limitée pour éviter toute érosion du radier.

## VI.6.3 Dimensions Retenues des Dalots

Sur la base des calculs hydrauliques développés dans les sous-sections précédentes, les dimensions finales des dalots retenues pour chaque ouvrage de franchissement sont récapitulées dans le tableau ci-dessous. Le bassin versant n°1, compte tenu de l'importance de son débit centennal, nécessite la mise en place d'un ouvrage double constitué de deux dalots jumelés de section 3×3 m. Pour les bassins versants n°2 à 6, un dalot simple suffit.

***Tableau VI.16 — Dimensionnement hydraulique des dalots (Formule de Manning–Strickler)***

| N° BV | Nbre de cellules | Q (m³/s) | $K_s$ | Pente (m/m) | B (m) | H (m) | $S_m$ (m²) | $P_m$ (m) | $R_h$ (m) | $Q_{ps}$ (m³/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | × 2 dalots | 24,47 × 2 | 70 | 0,01 | 3 | 3 | 6,75 | 7,5 | 0,900 | 44,045 |
| 2 | × 1 dalot | 32,86 | 70 | 0,01 | 3,5 | 3,5 | 9,1875 | 8,75 | 1,050 | 66,439 |
| 3 | × 1 dalot | 31,995 | 70 | 0,01 | 3,5 | 3,5 | 9,1875 | 8,75 | 1,050 | 66,439 |
| 4 | × 1 dalot | 10,18 | 70 | 0,01 | 2,5 | 1,5 | 2,8125 | 4,75 | 0,592 | 13,882 |
| 5 | × 1 dalot | 7,00 | 70 | 0,01 | 2 | 1,5 | 2,25 | 4,25 | 0,529 | 10,307 |
| 6 | × 1 dalot | 2,59 | 70 | 0,01 | 1 | 1 | 0,75 | 2,5 | 0,300 | 2,353 |

*Note : le bassin versant n°1 est équipé d'un ouvrage double (2 × dalot 3×3 m) ; les bassins n°2 à 6 comportent un dalot simple.*

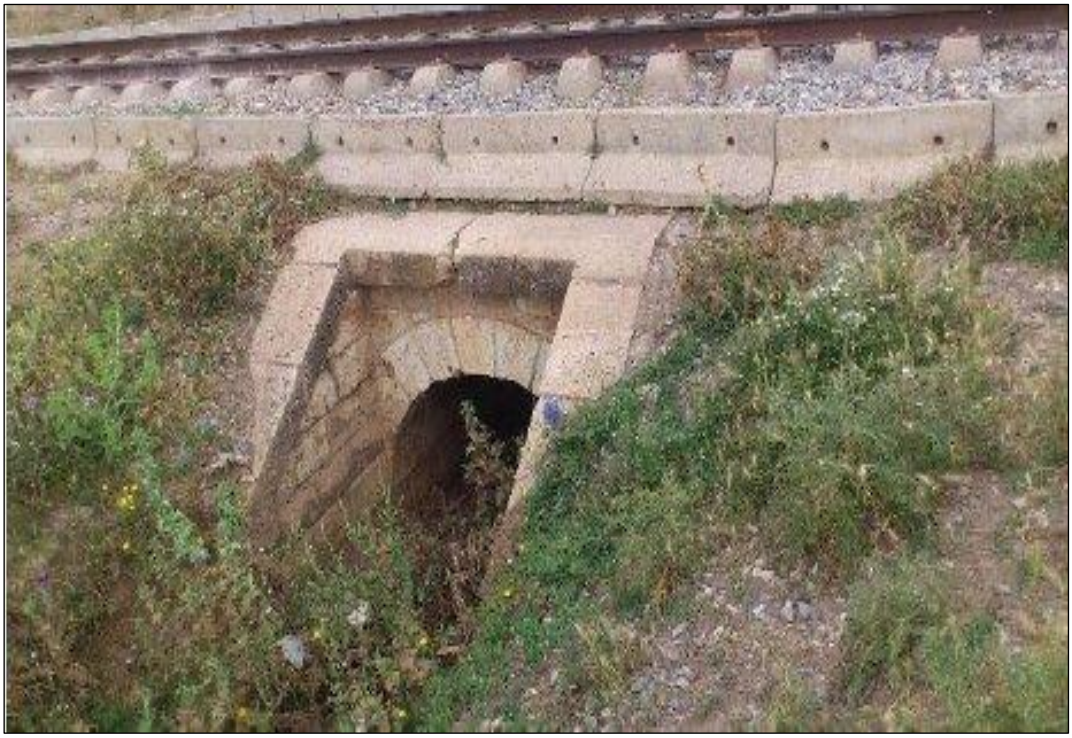


*Figure VI.7 — Vue d'un dalot existant sous voie ferrée — Exemple type de franchissement à rétablir*

## VI.6.4 Vérifications Hydrauliques des Ouvrages

La vérification hydraulique des ouvrages dimensionnés porte sur trois critères essentiels : (i) le taux de remplissage $H_c/H$, qui doit rester inférieur à l'unité ; (ii) la vitesse d'écoulement V, limitée à 4 m/s pour prévenir l'érosion du radier ; (iii) la condition d'auto-curage, traduite par une vitesse à pleine section $V_{ps}$ supérieure à 1 m/s, garantissant que les sédiments ne s'accumulent pas en fond de dalot. Les résultats, ligne par ligne pour les ouvrages n°1 à 6, sont récapitulés ci-dessous.

*Tableau VI.17 — Vérifications hydrauliques des dalots (taux de remplissage, vitesse et auto-curage)*

| $H_c$ (m) | T.R. ($H_c/H$) | V (m/s) | V ≤ 4 m/s | $V_{ps}$ (m/s) | $V_{ps}$ > 1 m/s | V(100) (m/s) | V(100) > 0,3 | V(10) (m/s) | V(10) > 0,6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,309 | Vérifié | 3,63 | Vérifié | 6,53 | Vérifié | 2,088 | Vérifié | 4,176 | Vérifié |
| 1,502 | Vérifié | 3,58 | Vérifié | 7,23 | Vérifié | 2,314 | Vérifié | 4,628 | Vérifié |
| 1,502 | Vérifié | 3,48 | Vérifié | 7,23 | Vérifié | 2,314 | Vérifié | 4,628 | Vérifié |
| 0,891 | Vérifié | 3,62 | Vérifié | 4,94 | Vérifié | 1,579 | Vérifié | 3,159 | Vérifié |
| 0,807 | Vérifié | 3,11 | Vérifié | 4,58 | Vérifié | 1,466 | Vérifié | 2,932 | Vérifié |
| 0,493 | Vérifié | 3,45 | Vérifié | 3,14 | Vérifié | 1,004 | Vérifié | 2,008 | Vérifié |

*TR : taux de remplissage $H_c/H$ — V : vitesse d'écoulement — $V_{ps}$ : vitesse à pleine section — V(100), V(10) : vitesses aux taux de remplissage 100 % et 10 %*

# VI.7 Assainissement Longitudinal

Les dispositifs de drainage longitudinaux ont pour rôle de collecter et d'évacuer les eaux de pluie qui s'écoulent sur la plateforme et dans les structures d'assise, ainsi que les eaux de ruissellement provenant des talus et des bassins versants adjacents.

Selon leur position, on distingue le drainage de déblai et le drainage de remblai. Selon leur nature, ils peuvent être à ciel ouvert (fossés, cunettes) ou enterrés (collecteurs drainants). L'étude du drainage longitudinal vise à s'assurer de la continuité de l'écoulement depuis tout point de la plateforme jusqu'à un exutoire, sans recourir à des stations de pompage.

## VI.7.1 Dimensionnement des Fossés

Des fossés à section trapézoïdale, avec un talus de pente 2/3 (Horizontal/Vertical), seront mis en place dans les zones de déblai, de part et d'autre de la plateforme. Les fossés sont classés en trois types selon le débit à évacuer :

***Tableau VI.18 — Types de fossés selon le débit à évacuer***

| Type | Débit Q (m³/s) | Largeur (m) | Profondeur (m) |
|---|---|---|---|
| Type 1 | Q < 0,5 | 0,50 | 0,50 |
| Type 2 | 0,5 ≤ Q < 1,0 | 0,70 | 0,70 |
| Type 3 | 1,0 ≤ Q < 2,0 | 0,80 | 0,90 |

L'écoulement dans les fossés se fait par gravité, avec une pente identique à celle du profil en long de la voie. Dans les zones où la déclivité est inférieure à 1 ‰, une pente minimale de 1 ‰ (0,1 %) est imposée pour assurer un écoulement suffisant.

## VI.7.2 Calcul des Débits Longitudinaux

Le débit engendré par le ruissellement sur les talus et la plateforme est calculé par la méthode rationnelle pour une période de retour décennale (T = 10 ans) :

**$Q_{10} = 0{,}278 \times Cr \times I_{10} \times A$ avec $I_{10} = a(T) / tc^{b}$**

- $Q_{10}$ : débit décennal (m³/s)
- Cr : coefficient de ruissellement pondéré (0,95 pour la chaussée — 0,70 pour les talus)
- $I_{10}$ : intensité de pluie décennale (mm/h)
- A : surface active de la plateforme ou du talus (km²)
- tc : temps de concentration = 15 min (0,25 h) pour l'assainissement longitudinal
- a(T) et b : paramètres de Montana

Le dimensionnement des fossés utilise la formule de Manning–Strickler avec Kst = 70 (fossés revêtement béton grossier), en prenant pour pente celle du profil en long de la voie sur chaque section.

## Justification du dimensionnement des fossés

Le dimensionnement des fossés latéraux a été réalisé sur la base d'hypothèses hydrauliques et géométriques adaptées au projet. L'objectif est d'assurer une évacuation efficace des eaux de ruissellement provenant de la plateforme, des talus et des bermes, tout en garantissant la stabilité de l'infrastructure ferroviaire.

## Hypothèses retenues

- Le coefficient de rugosité de Strickler a été fixé à **Ks = 70**
- correspondant à un revêtement en béton .
- Le débit à évacuer est considéré comme la **somme des débits élémentaires** issus de la plateforme, des talus et des bermes :

$$Q_a = Q_{plt} + Q_t + Q_b$$

- La pente longitudinale des fossés en zone de déblai est assimilée à celle du profil en long de la voie. (Sauf aux troncon de la gare ou la pente est nulle , on la considere a 1 pour mile )

## Dimensionnement évolutif

Le dimensionnement des fossés suit une logique progressive :

- La largeur de base du fossé est d'abord fixée pour le premier bassin versant.
- À chaque tronçon, le débit total calculé est comparé à la capacité hydraulique de la section choisie.
- Tant que la section initiale est suffisante ($Q_{ps} \geq Q_{total}$), elle est conservée.
- Dès que le débit cumulé dépasse la capacité ($Q_{total} > Q_{ps}$), les dimensions du fossé sont augmentées (largeur de base, profondeur ou pente) afin de garantir l'évacuation des eaux.
-

## Vérifications hydrauliques

Les débits calculés sont comparés à la capacité hydraulique des fossés, déterminée par la formule de Manning-Strickler :

$$Q_{ps} = K_s \cdot S_m \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Les vérifications doivent assuré que :

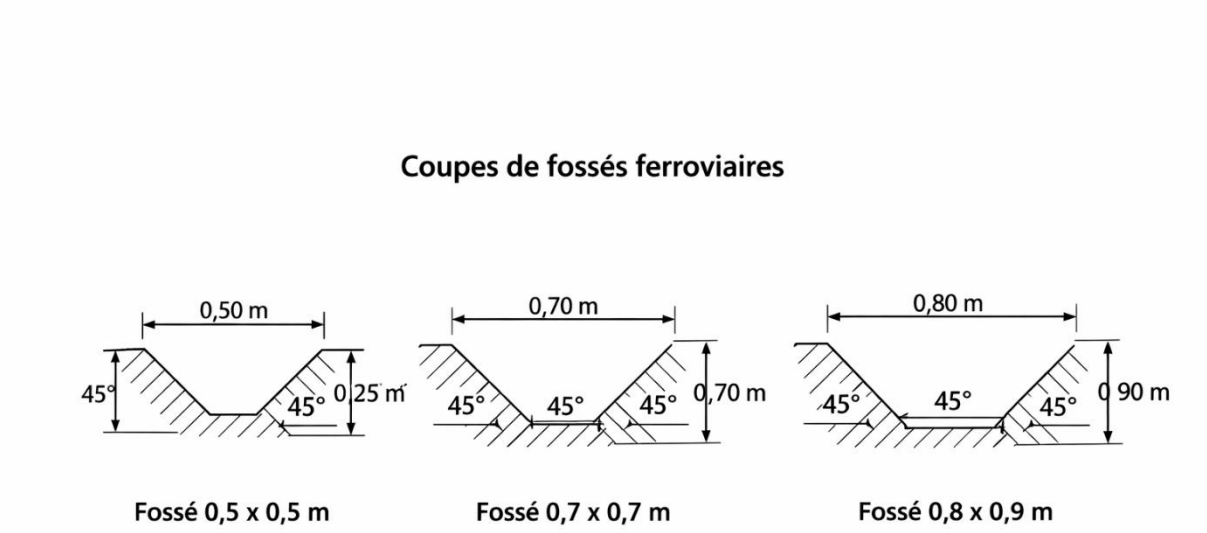
- **La capacité des fossés est supérieure au débit total à évacuer** ($Q_{ps} > Q_{total}$), garantissant l'efficacité du drainage.
- **La vitesse d'écoulement reste inférieure à 4 m/s**, ce qui évite les risques d'érosion et assure la stabilité des talus.

## Conclusion

L'étude hydrologique et hydraulique du tronçon PK 35+000 – PK 45+000 a permis de caractériser le contexte climatique et hydrologique du projet, à partir des données de la station de Souk-Ahras et de la délimitation morphométrique des bassins versants traversés par le tracé. Vingt bassins versants élémentaires ont été identifiés — six bassins principaux et quatorze bassins secondaires —, dont les superficies s'échelonnent de 0,46 km² à 13,8 km², imposant une analyse individualisée des apports en chaque point de franchissement.

Les débits de crue centennaux ont été évalués par la formule Rationnelle pour les bassins de moins de 10 km², et par une formule de transition pondérant les méthodes Rationnelle et Crupedix pour les trois bassins de superficie supérieure (bassins n°1, n°2 et n). L'agrégation des apports convergeant vers chaque point de franchissement conduit à six débits de projet, échelonnés de 2,59 m³/s (ouvrage n°6) à 48,94 m³/s (ouvrage n°1). Le dimensionnement par la formule de Manning–Strickler aboutit à un ouvrage double composé de deux dalots jumelés 3×3 m pour l'ouvrage n°1, et à des dalots simples de sections 3,5×3,5 m à 1×1 m pour les ouvrages n°2 à 6. Les vérifications hydrauliques confirment, pour l'ensemble des ouvrages, le respect des trois critères imposés : taux de remplissage inférieur à l'unité, vitesse d'écoulement limitée à 4 m/s et condition d'auto-curage ($V_{ps}$ > 1 m/s).

L'assainissement longitudinal complète le dispositif : des fossés trapézoïdaux normalisés en trois types selon le débit à évacuer vers des exutoires qu´on doit prévoir sur terrain, implantés en tête et en pied de talus sur les deux rives du tronçon conformément à l'inventaire établi, assurent l'écoulement gravitaire avec une pente minimale de 1 ‰ en toute condition.



# CHAPITRE VII

✦ ✦ ✦

# ÉTUDE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE

# Introduction

L'étude géologique et géotechnique constitue un préalable indispensable à toute infrastructure ferroviaire. Dans le cadre du projet d'étude APD du dédoublement de la ligne minière Est, tronçon Bouchegouf – Souk-Ahras – Dréa (PK 35+000 – PK 45+000), cette étude revêt une importance capitale pour garantir la stabilité et la pérennité des ouvrages projetés.

Avant de concevoir et de réaliser les travaux de terrassement, les ouvrages d'art et les fondations, il est nécessaire de connaître avec précision la nature des terrains traversés, leurs caractéristiques mécaniques et leur comportement vis-à-vis de l'eau. C'est précisément l'objectif de la campagne d'investigations géologiques et géotechniques menée dans le cadre de la présente étude.

les moyens humains et matériels nécessaires — ingénieurs géotechniciens, machines de forage, pressiomètre type Ménard, pénétromètre dynamique et rétro-chargeur — afin d'assurer une caractérisation complète et fiable des terrains le long du couloir d'étude.

La campagne d'investigation a poursuivi les objectifs suivants :

- Déterminer la nature et les propriétés des matériaux du sous-sol le long du tracé.
- Mesurer le niveau de la nappe phréatique par piézomètres installés dans les forages.
- Évaluer les conditions de réutilisation des matériaux de déblai en remblai.
- Fournir les paramètres nécessaires au dimensionnement des ouvrages d'art et des terrassements.

# VII.1 Géologie Régionale

La connaissance du contexte géologique régional est essentielle pour l'interprétation des résultats géotechniques et le dimensionnement des ouvrages. Cette section présente l'aspect structural, l'hydrogéologie et le contexte sismique de la région d'étude.

## VII.1.1 Aspect Structural de la Région d'Étude

La région étudiée constitue une zone charnière entre deux grands domaines structuraux : l'Atlas Tellien au Nord, à structure complexe, et l'Atlas Saharien au Sud, à structure généralement simple.

### a) Unité Saharienne

Elle se caractérise par une succession régulière de plis simples orientés Sud-Ouest – Nord-Est (SW-NE).

### b) Unité Tellienne

Cette unité présente des plis plus accentués dont la direction tend vers Ouest–Est. On y distingue :

- **La nappe numidienne :** composée de grès oligocènes décollés de leurs argiles de base, ayant glissé vers le sud et recouvrant les plis telliens.
- **Le domaine des écailles :** fragments de la nappe tellienne qui se chevauchent entre eux ou sur des dépôts plus anciens (Trias, Miocène, etc.).

### c) Structures Disjonctives

La région est affectée par plusieurs systèmes de failles :

- Premier système : failles parallèles de direction Est–Ouest, souvent jalonnées par les dépôts triasiques.
- Deuxième système : failles orientées Sud-Ouest – Nord-Est.
- Troisième système : failles de direction inverse au deuxième système.

### d) Le Trias

Les formations triasiques apparaissent sous différentes formes :

- Véritables structures diapiriques (montée de masses salifères).
- Glaciers de sel sous-marins.
- Trias allochtone sous forme de nappes, en contact avec les nappes telliennes et numidienne, ainsi que les unités allochtones de Sellaoua.

### e) Les Nappes Telliennes (Domaine Externe)

Elles correspondent à des séries épaisses, principalement marneuses, issues du sillon tellien. On distingue trois grandes unités du Nord au Sud :

- **Unités ultra-telliennes :** représentées par le massif cristallophyllien de l'Edough, constituant le substratum des zones externes des Maghrebides.
- Unités telliennes.
- Unités péni-telliennes.

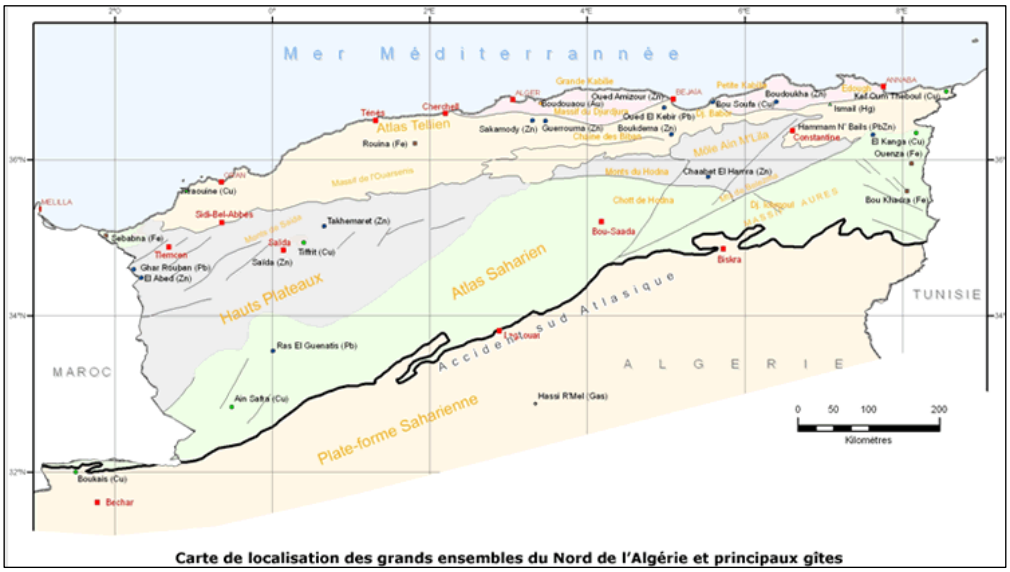



*Figure VII.1 — Carte géologique de la zone d'étude (région de Souk-Ahras)*

## VII.1.2 Hydrogéologie

La région d'étude est caractérisée par la présence de deux nappes principales et de plusieurs nappes secondaires, situées principalement au sud du chef-lieu de Souk-Ahras. Les conditions hydrogéologiques dépendent de plusieurs facteurs déterminants :

- La structure géologique et tectonique.
- Le relief et le climat.
- L'alternance entre zones d'alimentation, de transit et de décharge des aquifères.
- La présence de fractures favorisant la circulation et la filtration de l'eau.
- L'existence d'eaux thermales aux compositions chimiques variées.

En raison de la diversité des terrains et de la faible étendue des nappes, les émergences d'eau sont généralement peu abondantes et souvent temporaires.

***Tableau VII.1 — Horizons aquifères de la région d'étude***

| Horizon aquifère | Nature des roches | Débit des sources | Qualité de l'eau / particularités |
|---|---|---|---|
| Massifs de diapirs | Calcaire poreux, dolomite cellulaire | 0,1 – 0,3 l/s | Décharge par fractures ou contacts avec roches crétacées |
| Calcaire campanien & maastrichtien | Calcaire fissuré et poreux sur marne imperméable | 0,5 – 1,0 l/s | Eau pure, bonne qualité gustative ; sources puissantes alimentant des localités |
| Sédiments du Miocène & Pliocène | Grès et conglomérats filtrants | 0,2 – 1,5 l/s | Décharge au contact des couches argileuses et marneuses du substratum |

## VII.1.3 Cadre Sismique — RPA 2024

Le Règlement Parasismique Algérien RPA 2024 définit sept zones de sismicité couvrant l'ensemble du territoire national, établies sur la base de l'aléa sismique en termes d'accélération spectrale de calcul :

- Zone 0 : très faible (accélération ≤ 0,04 g)
- Zone I : faible (accélération ≤ 0,07 g)
- Zone II : faible à moyenne
- **Zone III : moyenne Souk-Ahras**
- Zone IV : moyenne à élevée
- Zone V : élevée
- Zone VI : très élevée

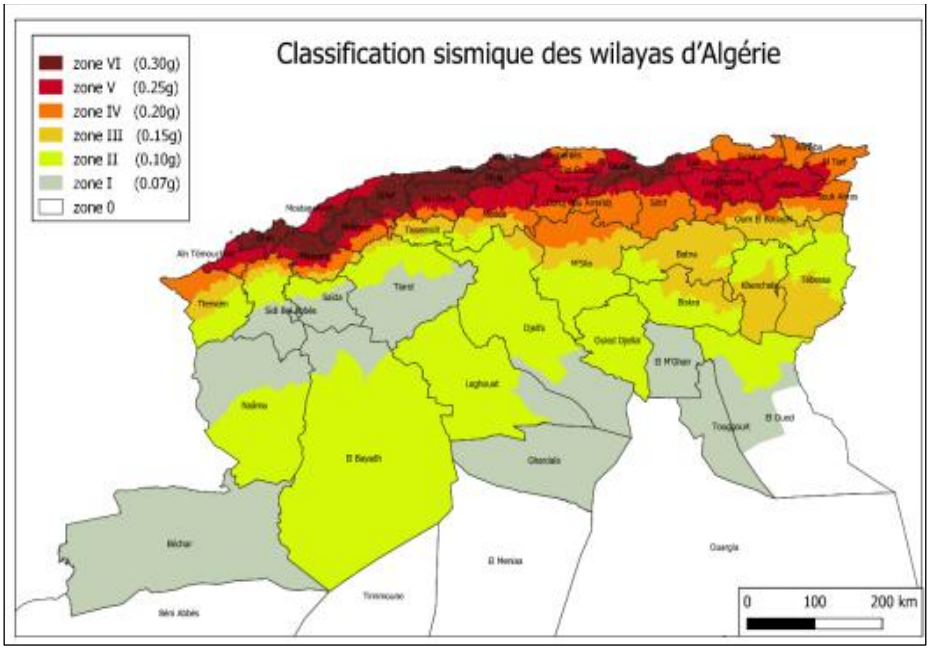



*Figure VII.2 — Carte sismique nationale — RPA 2024 (zonage de la wilaya de Souk-Ahras en Zone III)*

➤ La wilaya de Souk-Ahras est classée en **Zone III (sismicité moyenne)** selon le zonage du RPA 2024. Cette classification implique des exigences parasismiques renforcées pour la conception et le dimensionnement des ouvrages. Pour les ouvrages ferroviaires (Groupes 1A et 1B), le coefficient d'accélération de calcul s'établit entre 0,20 et 0,25 g selon l'importance de l'ouvrage.

## Classification des ouvrages

*Tableau VII.2 — Classification des ouvrages selon RPA 2024*

| Groupe | Type d'ouvrage | Exemples |
|---|---|---|
| Groupe 1A | Ouvrages d'importance vitale | Hôpitaux, barrages, centrales électriques |
| Groupe 1B | Ouvrages de grande importance | Écoles, grands bâtiments publics |
| Groupe 2 | Ouvrages courants | Habitations, immeubles standards |
| Groupe 3 | Ouvrages de faible importance | Constructions légères, annexes |

## Coefficients d'accélération

*Tableau VII.3 — Coefficients d'accélération de calcul selon RPA 2024*

| Zone de sismicité | Groupe 1A | Groupe 1B | Groupe 2 | Groupe 3 |
|---|---|---|---|---|
| Zone 0 (≤ 0,04 g) | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,04 |
| Zone I (≤ 0,07 g) | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,06 |
| Zone II (faible à moyenne) | 0,18 | 0,15 | 0,12 | 0,09 |
| **Zone III (moyenne)** | 0,25 | 0,20 | 0,15 | 0,12 |
| Zone IV (moyenne à élevée) | 0,30 | 0,25 | 0,20 | 0,15 |

| Zone de sismicité | Groupe 1A | Groupe 1B | Groupe 2 | Groupe 3 |
|---|---|---|---|---|
| Zone V (élevée) | 0,35 | 0,30 | 0,25 | 0,18 |
| Zone VI (très élevée) | 0,40 | 0,35 | 0,30 | 0,20 |

**Note :** Pour le présent projet ferroviaire (Bouchegouf–Drea), les ouvrages sont classés en Groupe 1B. En Zone III, le coefficient d'accélération de calcul retenu est **A = 0,20 g**.

# VII.2 Campagne d'Investigations Géotechniques

La campagne géotechnique sur le terrain a été menée sur la base d'un programme de travail établi en fonction de la situation des ouvrages d'art, des ouvrages en terre et des zones de terrassements importantes le long du tracé. Les différents types d'investigations réalisées comprennent les forages carottés, les puits d'exploration, les pénétromètres dynamiques et les sondages pressiométriques.

Le tableau ci-dessous présente la synthèse complète de l'ensemble des investigations géotechniques in situ réalisées sur le tronçon PK 35+000 – PK 45+000.

***Tableau VII.4 — Synthèse des investigations géotechniques in situ — PK 35+000 à PK 45+000***

| Contexte | PK | Prof. forage (m) | Prof. pressio. (m) | SPT | X (m) | Y (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| OH + Remblai | 35+575 | Refus | — | — | 407 808 | 4 001 484 |
| OH + Remblai | 35+672 | 12,00 | 12,00 | — | 407 785 | 4 001 607 |
| OH + Remblai | 37+275 | 4,00 | — | — | 406 238 | 3 999 866 |
| OH + Remblai | 37+275 | Refus | — | — | 406 238 | 3 999 866 |
| Déblai | 41+615 | 12,00 | — | 12 | 402 935 | 3 998 340 |
| Déblai | 41+712 | 4,00 | — | — | 402 840 | 3 998 318 |
| OH + Remblai | 41+986 | Refus | — | — | 402 544 | 3 998 368 |
| OH + Remblai | 42+000 | 12,00 | 12,00 | — | 402 529 | 3 998 352 |
| Déblai | 44+260 | 12,00 | — | 12 | 400 461 | 3 997 433 |
| Déblai | 44+232 | 4,00 | — | — | 400 410 | 3 997 669 |
| OH + Remblai | 44+796 | Refus | — | — | 399 883 | 3 997 473 |

## VII.2.1 Forages Carottés

Les forages ont été réalisés dans le but de déterminer la nature et les propriétés des matériaux du sous-sol ainsi que le niveau de l'eau souterraine. Sur le tronçon PK 35+000 – PK 45+000, deux (02) forages ont été effectués, aux PK 41+615 et PK 44+260, tous deux en zones de déblai, à une profondeur de 12 m ; un sondage complémentaire (F-56-B-OK), réalisé en amont au PK 31+025, complète la reconnaissance du secteur. L'indice N des essais SPT a été mesuré à l'aide d'un carottier fendu. Des piézomètres ont été installés pour le suivi du niveau de la nappe phréatique.

***Tableau VII.5 — Forages carottés réalisés dans le secteur d'étude***

| PK | Sondage | Profondeur (m) | X (m) | Y (m) |
|---|---|---|---|---|
| 41+615 | F-57-B-OK | 12,00 | 402 935 | 3 998 340 |
| 44+260 | F-58-B-OK | 12,00 | 400 461 | 3 997 433 |

## VII.2.2 Puits d'Exploration

Les puits d'exploration ont été réalisés à l'aide d'un rétro-chargeur. Les profondeurs atteintes ont varié entre 1,0 m et 4,0 m. Ces puits ont permis de caractériser visuellement les terrains de surface et de classer les matériaux en vue de leur éventuelle réutilisation en corps de remblai. Quatre (04) puits ont été réalisés dans le secteur d'étude, dont trois dans l'emprise directe du tronçon.

***Tableau VII.6 — Puits d'exploration réalisés dans le secteur d'étude***

| PK | Essai | Profondeur (m) | X (m) | Y (m) |
|---|---|---|---|---|
| 37+275 | PU-39-B-OK | 4,00 | 406 238 | 3 999 866 |
| 41+712 | PU-40-B-OK | 4,00 | 402 840 | 3 998 318 |
| 44+232 | PU-41-B-OK | 4,00 | 400 410 | 3 997 669 |

## VII.2.3 Pénétromètres Dynamiques

L'essai de pénétration dynamique consiste à enfoncer dans le sol, sous l'effet de chocs d'un mouton en chute libre, un train de tiges équipé d'une pointe conique. Le nombre de coups nécessaire pour enfoncer les tiges de 20 cm est relevé, permettant de calculer la résistance de pointe dynamique Rp selon la formule des Hollandais :

$$\mathbf{Rp = g \cdot H \cdot M^2 / [A \cdot e \cdot (M + P)]}$$

Quatre (04) pénétromètres dynamiques ont été réalisés sur le tronçon, tous en zones d'ouvrages hydrauliques (OH + remblai). Le refus généralisé enregistré dès la surface traduit la présence d'un terrain très compact ou d'une roche sub-affleurante, ce qui est favorable pour les fondations des ouvrages prévus.

*Tableau VII.7 — Pénétromètres dynamiques sur le tronçon PK 35+000 → PK 45+000*

| PK | Essai | Prof. atteinte | X (m) | Y (m) |
|---|---|---|---|---|
| 35+575 | PDL-22-B-OK | Refus généralisé | 407 808 | 4 001 484 |
| 37+275 | PDL-23-B-OK | Refus généralisé | 406 238 | 3 999 866 |
| 41+986 | PDL-24-B-OK | Refus généralisé | 402 544 | 3 998 368 |
| 44+796 | PDL-25-B-OK | Refus généralisé | 399 883 | 3 997 473 |

### VII.2.4 Sondages Pressiométriques

Quatre (04) sondages pressiométriques ont été réalisés à l'emplacement des ouvrages d'art. La sonde pressiométrique est gonflée par paliers successifs jusqu'à 700 cm³ ou 50 daN/cm². L'essai a été réalisé selon la norme NF P94-110 et permet de déterminer :

- **La pression limite nette Pl* :** pression à partir de laquelle le sol se déforme de façon irréversible.
- **Le module pressiométrique EM :** rigidité du sol, calculé par $EM = K \cdot \Delta P / \Delta V$.

*Tableau VII.8 — Sondages pressiométriques réalisés dans le secteur d'étude*

| Référence | PK | Profondeur (m) | X (m) | Y (m) |
|---|---|---|---|---|
| SP-38-B-OK | 35+672 | 12,00 | 407 785 | 4 001 607 |
| SP-39-B-OK | 42+000 | 12,00 | 402 529 | 3 998 352 |
| SP-40-B-OK | 44+796 | 12,00 | 399 883 | 3 997 473 |
| SP-41-B-OK | 45+996 | 12,00 | 399 599 | 3 997 473 |

## VII.3 Essais de Laboratoire

Les échantillons prélevés lors des forages et des puits d'exploration ont été acheminés au laboratoire dans de bonnes conditions de conservation. Après une inspection visuelle, les échantillons jugés représentatifs ont été soumis à une série d'essais physiques, mécaniques et chimiques, conformément aux normes en vigueur.

*Tableau VII.9 — Essais de laboratoire réalisés et normes applicables*

| Type d'essai |
|---|
| Densités sol et roche |
| Teneur en eau naturelle |
| Analyse granulométrique |
| Analyse sédimentométrique |
| Limites d'Atterberg |

| Type d'essai |
|---|
| Valeur au Bleu de Méthylène (VBS) |
| Proctor Normal et Modifié |
| Portance CBR (3 énergies) |
| Essai œdométrique |
| Compression uniaxiale (sol et roche) |
| Matières organiques |
| Teneur en sulfates |
| Teneur en carbonates |
| Teneur en chlorures |

Ces essais permettent de caractériser les matériaux sous trois aspects :

- **Physique :** identification de la nature et de la granularité des sols (granulométrie, plasticité, teneur en eau).
- **Mécanique :** résistance au cisaillement, compressibilité, portance (paramètres c', φ', EM, CBR).
- **Chimique :** détection de substances agressives pour les bétons et les métaux (sulfates, chlorures, carbonates, matières organiques).

# VII.4 Campagne de Reconnaissance Géotechnique — Résultats Détaillés d´un sondage

La campagne de reconnaissance géotechnique a été menée conformément aux normes en vigueur, dans le cadre du Lot 05 Bouchegouf – Oued Kebrit (PK 91+000 – PK 152+000 du kilométrage général de la ligne). Elle comprend des sondages carottés, des essais in situ (SPT) et des essais de laboratoire complets visant à caractériser les formations géologiques rencontrées le long du tracé. À titre représentatif, les résultats détaillés du sondage F-57-B-OK, implanté dans l'emprise du tronçon étudié, sont présentés ci-après ; les planches d'essais correspondantes (coupe lithologique, granulométrie, limites d'Atterberg, essais triaxiaux et œdométriques) sont reportées en Annexe H.

## VII.4.1 Sondage Carotté F-57-B-OK

### Coupe Géotechnique

Le sondage F-57-B-OK a été réalisé jusqu'à une profondeur totale de 12,00 m. Des refus au carottier ont été enregistrés à 4,00 m et à 8,00 m, révélant la présence d'éléments rocheux durs (blocs de grès), cohérents avec la description des couches.

*Tableau VII.10 — Formations géologiques rencontrées (description régionale)*

| Formation géologique | Nature lithologique | Caractéristiques principales |
|---|---|---|
| Formations gravitationnelles | Éboulis, blocs, abatis, sables, limons | Dépôts instables liés aux mouvements de pente |
| Alluvions fluviatiles | Galets, graviers, sables, limons sableux | Dépôts des basses terrasses, terrains submersibles |
| Miocène | Siltstones, marnes argileuses, grès | Roches sédimentaires à alternance marneuse et gréseuse |
| Oligocène | Argiles verdâtres, grès quartzeux à patine rousse | Formations argilo-gréseuses compactes |
| Éocène | Marnes, calcaires bitumineux noirs et bruns | Roches carbonatées riches en matière organique |
| Crétacé supérieur | Marnes argileuses, calcaires, calcaires gréseux | Formations variées, souvent fissurées |
| Trias | Argilo-gypso-gréseux, fragments et blocs divers | Formations hétérogènes, souvent liées aux diapirs |

## Reconnaissance Visuelle

Les carottes extraites du sondage F-57-B-OK ont été photographiées et placées dans des caisses à carottes standardisées, permettant une identification visuelle des formations rencontrées.




*Figure VII.3 — Carottes F-57-B-OK, profondeur 0,00 à 5,00 m*

➤ La caisse 1 (0–5 m) montre une matrice sablo-graveleuse de couleur ocre à beige, avec de nombreux galets et blocs de grès arrondis à sub-anguleux, témoignant d'un transport fluviatile. La récupération est excellente sur cette tranche.




*Figure VII.4 — Carottes F-57-B-OK, profondeur 5,00 à 10,00 m*

➤ La caisse 2 (5–10 m) révèle la transition entre l'argile tufaci compacte jaunâtre (5,00–5,70 m) et le retour aux sables graveleux avec blocs de grès.




*Figure VII.5 — Carottes F-57-B-OK, profondeur 10,00 à 12,00 m*

➤ La caisse 3 (10–12 m) présente l'argile tufaci sablo-graveleuse de couleur beige à jaunâtre, avec des niveaux carbonatés intercalés. La texture est plus fine, indiquant un milieu de dépôt plus calme. L'essai SPT donne 22 coups à 12 m, reflétant un matériau de bonne portance.

## Analyse Granulométrique

Trois échantillons prélevés sur le forage F-57-B-OK ont fait l'objet d'une analyse granulométrique et de la détermination des limites d'Atterberg.

➤ Éch 11 classé GA (Gravier Argileux) avec D60 = 26,713 mm et Cu = 6 678 (granulométrie très étalée, typique des alluvions torrentielles) ; Éch 12 classé GA avec D60 = 12,952 mm, WL = 33,83 %,

WP = 16,76 %, IP = 17,07 % (plasticité modérée) ; Éch 13 classé Ap (Argile plastique) avec 93,01 % de particules < 80 µm et IP = 19,82 %, confirmant le caractère argileux des couches profondes.

### Limites d'Atterberg et Classification

➤ Pour l'échantillon 12 : WL = 33,83 % et IP = 17,07 %. La limite de liquidité inférieure à 35 % indique une argile de plasticité faible à moyenne, adaptée à un usage en remblai après contrôle de la teneur en eau de mise en œuvre.

➤ Sur l'abaque de Casagrande, le point représentatif (WL ≈ 34 %, IP ≈ 17 %) se positionne dans la zone des argiles peu plastiques (au-dessous de la ligne A), confirmant la classification en argile faiblement plastique.

### Essai Triaxial

➤ Les courbes contrainte-déformation sous trois pressions de confinement (1,0 ; 2,0 ; 3,0 bars) montrent un comportement élasto-plastique sans rupture nette, typique des sols argileux denses. La rigidité croît avec la contrainte de confinement, traduisant un sol contractant bien consolidé.

➤ La droite de Mohr-Coulomb déduite de l'essai CD donne : Cohésion C = 0,24 bars (24 kPa) et angle de frottement interne φ = 30,21°. Ces paramètres sont satisfaisants et permettent un dimensionnement correct des fondations superficielles et des talus de déblai le long du tracé.

### Essai Œdométrique

➤ L'essai œdométrique fournit : Pression de préconsolidation Pc = 2,84 bars, Indice de compression Cc = 14,45 %, Indice de gonflement Cg = 2,77 %. La contrainte effective verticale in situ estimée est inférieure à Pc, indiquant un sol légèrement surconsolidé (OCR > 1). Les tassements différés attendus restent modérés pour les chargements ferroviaires courants.

# VII.5 Unités Géotechniques

## VII.5.1 Présentation Générale

Le tracé traverse plusieurs formations géologiques regroupées en grandes unités géotechniques. Le comportement de chacune d'elles a été étudié à partir des essais in situ (pressiomètre) et des essais de laboratoire (caractéristiques physiques et mécaniques). Chaque unité est ainsi définie par sa nature lithologique et par les propriétés mesurées, dont les valeurs minimales, maximales et moyennes sont récapitulées dans les tableaux suivants.

## VII.5.2 Description des Unités Géotechniques

### Unité 1 — Argile Limoneuse (AGL)

Cette unité est constituée de limon et d'argile. Elle est rencontrée soit en affleurement entre le PK 0 et PK 10, ou surmontée par une couche d'encroûtements calcaires du Quaternaire (croûte) du PK 35 au PK 45. Cette formation est rencontrée jusqu'à 20 m de profondeur.

*Tableau VII.11 — Récapitulatif des résultats des essais — Unité Argile Limoneuse (AGL)*

| Paramètre | Désignation | Nb val. | Min. | Max. | Moy. |
|---|---|---|---|---|---|
| Module pressiométrique | Em (MPa) | 54 | 64,13 | 185,44 | 131,27 |
| Poids volumique sec | γd (t/m³) | 40 | 0,99 | 1,9 | 1,64 |
| Teneur en eau | W (%) | 40 | 0,92 | 48 | 20,98 |
| Pression limite | Pl* (MPa) | 54 | 2,55 | 7,29 | 4,95 |

## Unité 2 — Encroûtement Calcaire (EN)

Cette unité est rencontrée en affleurement de faible épaisseur à partir du PK 35 au PK 45. Elle est souvent caractérisée par une partie sommitale constituée d'une croûte calcaire dure.

*Tableau VII.12 — Récapitulatif des résultats de laboratoire — Unité Encroûtement Calcaire (EN)*

| Paramètre | Désignation | Nb val. | Min. | Max. | Moy. |
|---|---|---|---|---|---|
| Poids volumique sec | γd (t/m³) | 4 | 1,74 | 2,06 | 1,84 |
| Poids volumique humide | γh (t/m³) | 4 | 1,87 | 2,06 | 2,05 |
| Teneur en eau | W (%) | 4 | 7,7 | 17,16 | 11,2 |
| Degré de saturation | Sr (%) | 4 | 37 | 89,92 | 65,4 |
| Granulométrie < 2 mm | (%) | 4 | 22 | 68 | 41,5 |
| Granulométrie < 80 µm | (%) | — | 13 | 49 | 29,5 |
| Valeur au Bleu (VBS) | (%) | 1 | 0,98 | 0,98 | 0,98 |
| Limite de liquidité | WL (%) | 1 | 39 | 39 | 39 |
| Limite de plasticité | WP (%) | 1 | 19 | 19 | 19 |
| Indice de plasticité | IP (%) | 1 | 19 | 19 | 19 |
| Pression limite | Pl* (MPa) | 22 | 1,01 | 3,09 | 2,27 |
| Module pressiométrique | Em (MPa) | 22 | 14,57 | 39,22 | 22,47 |

## Unité 3 — Calcaire (CA)

Cette formation est localisée aux environs du PK 35 au PK 45. Elle correspond à des bancs peu épais de calcaire, rencontrés souvent en profondeur.

*Tableau VII.13 — Récapitulatif des résultats de laboratoire — Unité Calcaire (CA)*

| Paramètre | Désignation | Nb val. | Min. | Max. | Moy. |
|---|---|---|---|---|---|
| Poids volumique sec | γd (t/m³) | 3 | 2,42 | 2,69 | 2,56 |
| Poids volumique humide | γh (t/m³) | — | — | — | — |

| Paramètre | Désignation | Nb val. | Min. | Max. | Moy. |
|---|---|---|---|---|---|
| Teneur en eau | W (%) | — | — | — | — |
| Degré de saturation | Sr (%) | — | — | — | — |
| Résistance en compression simple | Rc (MPa) | 3 | 22,0 | 40,5 | 31,1 |

### Unité 4 — Marne (M)

Cette formation est localisée aux environs du PK 18 au PK 76. C'est la formation la plus répandue sur l'ensemble du tracé.

***Tableau VII.14 — Récapitulatif des résultats de laboratoire — Unité Marne (M)***

| Paramètre | Désignation | Max. | Min. | Moy. |
|---|---|---|---|---|
| Limite de liquidité | WL (%) | 66,01 | 49,48 | 58,78 |
| Limite de plasticité | WP (%) | 33,12 | 24,72 | 28,10 |
| Indice de plasticité | IP (%) | 40,03 | 24,70 | 30,68 |
| Teneur en eau | W (%) | 30,21 | 14,14 | 18,51 |
| Poids volumique sec | γd (t/m³) | 1,84 | 1,46 | 1,72 |
| Degré de saturation | Sr (%) | 95,72 | 66,91 | 85,48 |
| Angle de frottement interne | φ (°) | 31,28 | 20,42 | 24,34 |
| Cohésion | C (bars) | 0,67 | 0,52 | 0,60 |
| Pression de préconsolidation | Pc (bars) | 2,52 | 1,56 | 2,00 |
| Indice de compression | Cc (%) | 23,32 | 15,66 | 18,71 |
| Indice de gonflement | Cg (%) | 5,60 | 5,08 | 5,31 |
| Résistance compression simple | Rc (MPa) | 10,65 | 10,65 | 10,65 |
| Teneur en sulfates | (%) | 1,37 | 1,37 | 1,37 |
| Teneur en chlorures $Cl^-$ | (%) | 0,35 | 0,24 | 0,30 |
| Matières organiques | MO (%) | 1,51 | 1,41 | 1,46 |

L'analyse d'ensemble de ces unités géotechniques fait ressortir les enseignements suivants :

- Les argiles limoneuses présentent une variabilité importante de rigidité, traduite par la large plage des modules pressiométriques mesurés.
- Les encroûtements calcaires sont hétérogènes : la croûte sommitale est dure, mais les propriétés mécaniques d'ensemble restent moyennes.
- Les calcaires massifs offrent une bonne résistance mécanique (résistance en compression simple moyenne de 31 MPa).

- Les marnes, formation la plus répandue le long du tracé, sont plastiques et sensibles à l'eau, avec une cohésion faible et une forte teneur en carbonates.

# VII.6 Gîtes d'Emprunts et Carrières

## VII.6.1 Gîtes d'Emprunts

Plusieurs zones d'emprunts ont été identifiées le long du tracé. Afin de classer les matériaux de ces gîtes selon le Guide Technique de Réalisation des Remblais et de Couche de Forme (GTR), des puits d'exploration avec prélèvement d'échantillons ont été réalisés au niveau de chaque zone d'emprunt.

Selon les résultats de laboratoire et la classification GTR, les matériaux de ces gîtes sont classés comme suit :

- **Classe R43 :** matériau assimilé à une roche siliceuse fragmentable, composé essentiellement de grès dans une matrice limono-sableuse. Représenté au niveau des gîtes ZE-03 et ZE-04.

***Tableau VII.15 — Liste des zones d'emprunts — Nature des matériaux et coordonnées***

| Code | PK | Coord. X | Coord. Y | Épais. (m) | Classe GTR | Nature du matériau |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ZE-03 | 20+850 | — | — | — | R43 | Grès dans matrice limono-sableuse |
| ZE-04 | 47+500 | — | — | — | R43 | Grès dans matrice limono-sableuse |

➤ Les zones d'emprunts ZE-04 (PK 47+500) et ZE-03 (PK 20+850) sont les plus proches du tronçon étudié PK 35–45, ce qui les rend les plus accessibles logistiquement pour l'approvisionnement en matériaux de remblai.

## VII.6.2 Carrières

Le long du tracé, plusieurs indices de substances utiles (ballast, agrégats pour béton) ont été mis en évidence. Le tableau ci-dessous recense les différentes carrières identifiées dans la région de Souk-Ahras, localisées à proximité du tracé du projet.

***Tableau VII.16 — Liste des carrières identifiées — Région de Souk-Ahras***

| Nom de la carrière | Statut juridique | Substance | Utilisation possible |
|---|---|---|---|
| Ain Mesk Carrière SARL | SARL privée | Calcaire | Couche de fondation, agrégats pour béton, sous-ballast, couche de forme |
| Sidk El Ines EURL | EURL privée | Sable et calcaire | Couche de fondation, agrégats pour béton, sous-ballast, couche de forme |

## VII.1 Zones à Risque de Faible Portance

Ces cas correspondent généralement à des zones basses où les terrains ne possèdent pas une capacité portante suffisante face à l'addition de nouvelles charges. Les résultats des travaux d'investigation géotechnique révèlent que les terrains en place ont de bonnes caractéristiques géotechniques et n'ont pas mis en évidence la présence de sols compressibles.

## VII.2 Zones à Risque de Cavités Souterraines

Des zones à risque d'effondrement ont été identifiées le long du tracé. Cet aléa, causé par la dissolution des gypses et calcaires créant des cavités souterraines, constitue une contrainte majeure impliquant des mesures spécifiques avec la nécessité de traitement par comblement (remplissage/remblaiement) ou injection par forage.

Afin de bien mener et étudier ce risque, et vu que le tracé passe en majorité en viaduc sur cette zone, il est demandé de réaliser des sondages profonds (environ 30 m de profondeur).

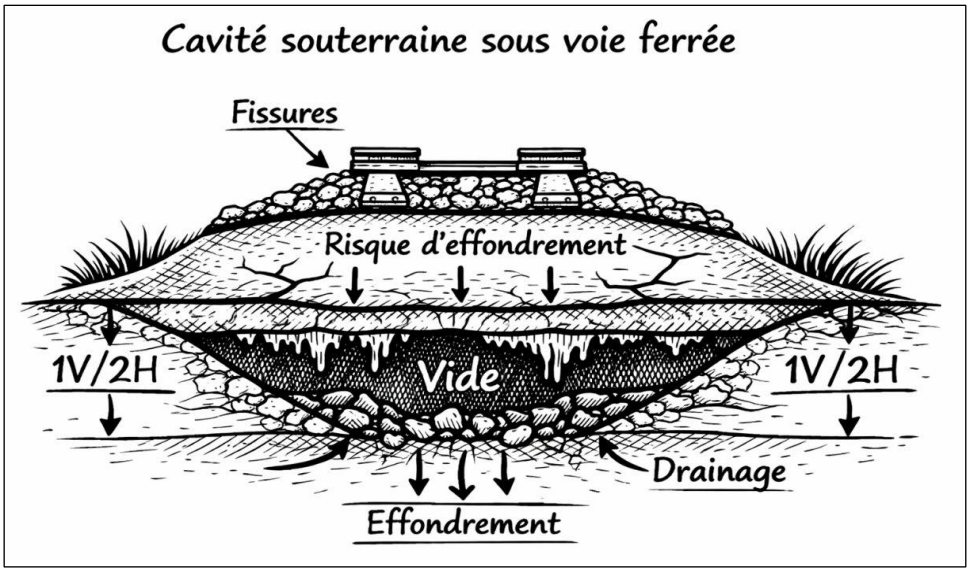



***Figure X.5 — Cavité souterraine sous voie ferrée : risque d'effondrement***

Afin de bien mener et etudier ce risque, il est demandé de réaliser des sondages profonds (environ 30m de profondeur) pour détecter les vides ou anomalies de résistance, Repérage des formations **gypseuses et calcaires** connues pour leur susceptibilité à la dissolution.

Les mesures spécifiques de traitement des cavités souterraines consistent à stabiliser le terrain par deux approches complémentaires. Le comblement, réalisé par remplissage ou remblaiment, consiste à introduire des matériaux granulaires, du béton maigre ou des sols sélectionnés directement dans la cavité afin de supprimer le vide et limiter les tassements. Cette méthode est adaptée aux cavités accessibles et de faible profondeur. L'injection par forage, quant à elle, permet de traiter des vides plus profonds ou non accessibles : des forages sont réalisés au droit de la zone à risque et un coulis de ciment, ou résine est injecté sous pression jusqu'au refus ou au remplissage complet. Ces techniques assurent la continuité mécanique de la plateforme ferroviaire, réduisent le risque d'effondrement et garantissent la sécurité des ouvrages en zones gypseuses ou calcaires sujettes à dissolution.

### VII .3 Risque d'Agressivité Chimique du Sol

Tous les résultats des analyses chimiques du sol réalisés au niveau des échantillons prélevés des sondages ont révélé la présence de sulfates. Les teneurs en sulfates varient entre 0,14 et 0,63 %, ce qui représente un environnement à risque d'agressivité chimique modérée vis-à-vis du béton.

**Disposition retenue :** des dispositions particulières pour la confection du béton de l'infrastructure devront être prises, conformément aux normes en vigueur relatives à la résistance chimique des bétons (ciment CEM III/A SR ou équivalent, dosage adapté).

# Conclusion

L'étude géologique et géotechnique du tronçon PK 35+000 – PK 45+000 a permis de constituer une base de données solide sur la nature et le comportement des terrains traversés par le projet de dédoublement de la ligne minière Est. Les principales conclusions sont les suivantes :

- **Unités géotechniques :** Quatre unités géotechniques principales ont été identifiées et caractérisées sur le tronçon — l'Argile Limoneuse (AGL), l'Encroûtement Calcaire (EN), le Calcaire (CA) et la Marne (M) — chacune avec ses paramètres mécaniques et chimiques spécifiques.
- **Investigations in situ :** trois sondages carottés, quatre puits d'exploration, quatre pénétromètres dynamiques et quatre sondages pressiométriques ont été réalisés, fournissant une couverture complète du couloir d'étude. Le refus généralisé enregistré aux pénétromètres traduit un substratum compact, favorable aux fondations des ouvrages.
- **Résultats de laboratoire :** les sondages fournissent des paramètres mécaniques satisfaisants (cohésion C , angle de frottement interne φ , sols légèrement surconsolides) ; les argiles rencontrées, peu plastiques, sont aptes à un réemploi en remblai après contrôle de la teneur en eau de mise en œuvre.
- **Cadre sismique :** la wilaya de Souk-Ahras est classée en Zone III (RPA 2024). Le coefficient d'accélération de calcul retenu pour les ouvrages ferroviaires (Groupe 1B) est A = 0,20 g.
- **Gîtes d'emprunts :** Deux gîtes d'emprunts ont été identifiés à proximité du tracé (ZE-03 au PK 20+850 et ZE-04 au PK 47+500), offrant des matériaux de classe R43 (grès dans matrice limono-sableuse) adaptés aux besoins en remblais. ZE-04 est la plus proche du tronçon étudié.
- **Carrières :** deux carrières recensées dans la région de Souk-Ahras (calcaire ; sable et calcaire) peuvent assurer l'approvisionnement en ballast, sous-ballast, couches de forme et agrégats pour béton.
- **Zones à faible portance :** aucune zone de sols compressibles n'a été mise en évidence par les investigations ; les terrains en place présentent de bonnes caractéristiques géotechniques.

L'ensemble de ces données constitue les bases géotechniques nécessaires pour le dimensionnement des talus de déblai et de remblai, la vérification de la stabilité des ouvrages en terre, la définition des conditions de réutilisation des matériaux de déblai, et le dimensionnement des fondations des ouvrages d'art.

# CHAPITRE VIII

✦ ✦ ✦

# ASSISE FERROVIAIRE

# VIII.1 Introduction

L'assise ferroviaire désigne l'ensemble des couches constitutives sur lesquelles repose directement la superstructure de la voie ferrée. Son dimensionnement conditionne la capacité portante de la plateforme, la durabilité des voies et la qualité de marche des trains. Une assise bien conçue garantit la distribution uniforme des charges transmises par les trains sur le sol naturel, tout en assurant la protection de la plateforme contre les effets de l'eau, du gel et des variations de température.

Dans le cadre du projet de dédoublement de la ligne minière Est — tronçon PK 35+000 à PK 45+000 — le dimensionnement de l'assise ferroviaire a été conduit conformément aux prescriptions de la fiche UIC 719R et aux recommandations de la SNTF, en s'appuyant sur les résultats de la campagne géotechnique réalisée sur le site. Ce chapitre présente successivement la classification du sol support, le type de plateforme retenu, le calcul de l'épaisseur des couches, leurs caractéristiques mécaniques et les spécifications des matériaux à mettre en œuvre.

# VIII.2 Composition de l'Assise Ferroviaire

L'assise ferroviaire est constituée d'un empilement de couches superposées, chacune jouant un rôle distinct dans la transmission et la diffusion des charges. De haut en bas, on distingue les éléments suivants :

- **Ballast :** Couche de matériaux granulaires concassés sur laquelle les traverses reposent directement. Elle absorbe les chocs et les vibrations engendrés par le passage des trains, et assure le drainage rapide des eaux superficielles.
- **Sous-couche (couche de fondation + sous-ballast) :** Ensemble de couches interposées entre le ballast et la couche de forme. Elle comprend la couche de fondation et la couche de sous-ballast. Son rôle est de limiter la pénétration du ballast dans les couches inférieures et de contribuer à la capacité portante de l'ensemble.
- **Couche de forme :** Couche de transition entre le sol support naturel et la sous-couche. Elle améliore les caractéristiques mécaniques du sol d'assise, assure la protection contre le gel et garantit la pérennité de la structure sous trafic.
- **Sol support (plateforme) :** Terrain naturel en place, dont les caractéristiques géotechniques conditionnent directement le type de plateforme à réaliser.

# VIII.3 Classification du Sol Support selon les Fiches UIC

La classification du sol support adoptée dans le cadre de ce projet est celle définie par l'Union Internationale des Chemins de Fer (UIC), notamment la fiche UIC 719R. Cette classification croise les caractéristiques géotechniques du sol (nature, plasticité, portance) avec ses conditions hydrauliques et hydrogéologiques pour aboutir à une classe de qualité de sol, désignée par l'indice QS.

Trois classes de qualité de sol support sont définies : QS1 (sol médiocre), QS2 (sol moyen) et QS3 (sol bon). Plus la valeur est faible, plus le sol nécessite une couche de forme épaisse et de meilleure qualité pour atteindre la classe de plateforme visée.

## VIII.3.1 Résultats de la Campagne Géotechnique

Les puits d'exploration réalisés sur le tronçon PK 35+000 – PK 45+000 ont permis de caractériser les matériaux en place. Les résultats des essais de laboratoire, synthétisés dans le tableau ci-dessous, ont servi de base à la classification UIC du sol support. Les puits directement concernés par le tronçon étudié (PU-38 à PU-41) révèlent des sols de classe A2 et B6, correspondant à la classe de qualité UIC QS1 (sols mediocres).

***Tableau VIII.1 — Résultats des essais de laboratoire sur les puits d'exploration (PU-38 à PU-41 PK 35+000 → PK 45+000)***

| Puits | Prof. (m) | Lithologie | <2 mm (%) | <80 µm (%) | <2 µm (mm) | Wn (%) | WL (%) | WP (%) | IP | VBS | γd max (T/m³) | Wopt (%) | GTR | UIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PU-38-B-OK | 0,80 – 4,00 | Argile tufacée plus concrétions de calcaire | 46 | 33,66 | / | 24,63 | 38,12 | 18,17 | 19,95 | 4,00 | 1,98 | 10,10 | A2 | QS1 |
| PU-39-B-OK | 0,30 – 4,00 | Argile sablo-graveleuse | 74,5 | 63,90 | / | 23,20 | 32,35 | 15,75 | 16,60 | 3,28 | 1,95 | 10,50 | A2 | QS1 |
| PU-40-B-OK | 0,20 – 4,00 | Sable graveleux intercalé par des blocs de grès | 44 | 20,40 | / | 13,23 | 36,38 | 17,54 | 18,84 | 2,66 | 2,09 | 8,30 | B6 | QS2 |
| PU-41-B-OK | 0,40 – 4,00 | Argile sablo-graveleuse | 89 | 71,34 | 54,5 | 15,83 | 34,22 | 15,23 | 18,99 | 3,50 | 1,84 | 12,10 | A2 | QS1 |

## VIII.3.2 Classe de Qualité du Sol Support Retenue

L'analyse des résultats indique que les terrains en place sur le tronçon étudié sont majoritairement de nature argileuse à argileux-graveleux (classes A2 et B6 selon NFP 11-300). En tenant compte des conditions hydrauliques mesurées (absence de nappe superficielle, drainage gravitaire assuré), la classe de qualité du sol support est arrêtée à :

**Classe de sol support retenue : QS1 (Sol mediocre)**

# VIII.4 Type de Plateforme et Classe d'Assise

## VIII.4.1 Méthode de Dimensionnement

Le dimensionnement de la couche d'assise et de la couche de forme suit les indications de la fiche UIC 719R. Le principe repose sur la détermination de la classe de plateforme en fonction de la qualité du sol support et des caractéristiques des matériaux constituant la couche de forme. Trois classes de plateforme sont définies : P1 (plateforme médiocre), P2 (plateforme acceptable) et P3 (bonne plateforme).

## VIII.4.2 Plateforme Retenue — Type P3

Compte tenu de la classe de sol support QS1 relevée sur le tronçon, et en visant une plateforme de bonne qualité permettant d'accueillir le trafic mixte voyageurs et marchandises dans les meilleures conditions, une plateforme de type P3 est retenue pour l'ensemble du tronçon PK 35+000 – PK 45+000.

***Tableau VIII.2 — Détermination de la classe de portance de la plateforme (Fiche UIC 719R)***

| Qualité du sol support | Classe de la plateforme | Qualité couche de forme | Épaisseur min. (cm) |
|---|---|---|---|
| QS1 | P3 | QS3 | 50 |

Pour le sol support QS1 avec une plateforme cible P3, la couche de forme doit être de qualité QS3 sur une épaisseur minimale de 50 cm.

**une épaisseur de 50 cm est adoptée**, correspondant aux exigences de la classe QS1 → P3, offrant ainsi une marge de robustesse supplémentaire.

# VIII.5 Calcul de l'Épaisseur Minimale (Fiche UIC 719R)

La plateforme ferroviaire est constituée d'un ensemble de sous-couches dont l'épaisseur totale est calculée par la formule de la fiche UIC 719R qui prend en compte les caractéristiques du trafic, du matériel roulant, de la traverse et de la classe de plateforme visée :

$$\mathbf{e = E + a + b + c + d + f + g} \qquad \textbf{(en mètres)}$$

***Tableau VIII.3 — Calcul de l'épaisseur de la structure d'assise (Formule UIC 719R)***

| Paramètre | Signification | Valeur retenue | Justification |
|---|---|---|---|
| E | Classe de la plateforme (P3) | 0,45 m | Fiche UIC 719R — P3 |
| a | Classe de voie (V > 160 km/h) | 0,00 m | Ligne à V ≤ 160 km/h |
| b | Bi-bloc , L=2,24 m) — (2,50 − 2,24)/2 | 0,13 m | Traverse bi-bloc béton |
| c | Dimensionnement normal (ligne nouvelle) | 0,00 m | Projet APD standard |

| Paramètre | Signification | Valeur retenue | Justification |
|---|---|---|---|
| d | Charge maximale à l'essieu (325 kN) | 0,05 m | Convois mixtes |
| f | Classe de plateforme P3 et vitesse | 0,00 m | P3 avec V ≤ 160 km/h |
| g | Géotextile (couche de forme QS3) | 0,00 m | Sol QS3 en couche de forme |
| e total | Épaisseur ballast + sous-couche | 0,63 m | Résultat du calcul |

$$e = 0{,}45 + 0 + 0{,}13 + 0 + 0{,}05 + 0 + 0 = 0{,}63 \text{ m}$$

# VIII.6 Structure d'Assise Proposée

Sur la base du calcul UIC 719R et des résultats de la campagne géotechnique, la structure d'assise retenue pour l'ensemble du tronçon PK 35+000 – PK 45+000 est la suivante :

***Tableau VIII.4 — Structure d'assise proposée pour le tronçon PK 35+000 → PK 45+000***

| Couche | Matériau | Épaisseur (cm) | Norme de référence |
|---|---|---|---|
| Ballast | Pierre calcaire concassée dure | 30 | ST 590 B — Fiche n°1 |
| Sous-ballast | Grave 0/31,5 bien graduée | 20 | ST 590 B — Fiche n°1 |
| Couche de fondation | Grave sableuse 0/40 | 15 | ST 590 B — Fiche n°2 |
| Couche de forme | Grave 0/D — Qualité QS3/RT3 | 50 | ST 590 B — Fiche n°4 / UIC 719R |
| TOTAL assise | (hors couche de forme) | 65 | — |

# VIII.7 Classification des Puits — Classe de Portance de la Plateforme

À partir des résultats de laboratoire des puits PU-38 à PU-41 et conformément aux indications de la fiche UIC 719R (1.3.1 et 1.3.2), la classification de la qualité du sol et la classe de portance de la plateforme ont été déterminées comme suit :

***Tableau VIII.5 — Classe de portance de la plateforme par puits — Tronçon PK 35+000 → PK 45+000***

| Puits | PK | Lithologie | GTR | UIC | Plateforme | Couche forme | Épais. min. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PU-38 | 35+672 | Argile tufacée + concrétions calcaire | A2 | QS1 | P3 | QS3 | 50 cm |
| PU-39 | 42+000 | Argile sablo-graveleuse | A2 | QS1 | P3 | QS3 | 50 cm |

| Puits | PK | Lithologie | GTR | UIC | Plateforme | Couche forme | Épais. min. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PU-40 | 41+712 | Sable graveleux (blocs grès) | B6 | QS2 | P3 | QS3 | 35 cm |
| PU-41 | 44+232 | Argile sablo-graveleuse | A2 | QS1 | P3 | QS3 | 35 cm |

**Conclusion :** La majorité des puits du tronçon étudié présente une classe QS1 → Plateforme P3 retenue avec couche de forme QS3, épaisseur 50 cm .

# VIII.8 Caractéristiques des Matériaux

Les matériaux constituant chaque couche de l'assise ferroviaire doivent répondre à des spécifications précises définies par les fiches de la norme Spécification Technique ST 590 B et par la fiche UIC 719R. Ces spécifications portent sur la résistance intrinsèque des matériaux, leurs caractéristiques de fabrication, leur propreté et leur mise en œuvre.

## VIII.8.1 Couche de Forme — Qualité QS3 ou RT3

Réf. : ST 590 B — Fiche n°4 | UIC 719R pp. 46, 55–64, 144

- **Types de matériaux admis :** B3, CrBi, D2, D3, R21, R41, R61, F31, F71
- **Désignation :** Grave 0/D — avec $20 \leq D \leq 125$ mm
- **Résistance intrinsèque :** $R = LA + MDE \leq 60$ (ou $LA + MDA$ si $D \geq 50$ mm)
- **Fabrication :** Coefficient de forme $A \leq 25$ — Propreté $VBS < 2$ — Compacité ≥ 80 %
- **Plasticité :** Limite de liquidité ≤ 35 % — Indice de plasticité ≤ 15 %
- **Granulométrie :** $D60/D10 \geq 15$ (matériau bien classé) — Fines < 80 µm : 10 à 15 %
- **Filtre :** Conditions de Terzaghi : $4\,d15 \leq D15 \leq 4\,d85$
- **Compactage :** Compactage à l'OPM pour obtenir 100 % densité sèche — $Ev2 \geq 80$ MN/m²

## VIII.8.2 Couche de Fondation

Réf. : ST 590 B — Fiche n°2 | Épaisseur : 13 cm

- **Types de matériaux admis :** B5, D, R21, R41, R61
- **Désignation :** Grave sableuse — $d = 0$ et $20 \leq D \leq 40$ mm
- **Résistance :** $R = LA + MDE \leq 50$
- **Fabrication :** Coefficient de forme $A \leq 25$ — $VBS < 1$ — Compacité ≥ 80 %

## VIII.8.3 Sous-Ballast

Réf. : ST 590 B — Fiche n°1 | Épaisseur : 20 cm

- **Types de matériaux admis :** D2, D3, R21, R41, R61
- **Désignation :** Grave 0/31,5 bien graduée — $d = 0$ et $D = 31{,}5$ mm
- **Résistance :** $R = LA + MDE \leq 40$
- **Fabrication :** Coefficient de forme $A \leq 25$ — $VBS < 1$ — Compacité ≥ 82 %

### VIII.8.4 Ballast

Réf. : ST 590 B — Fiche n°1 | Épaisseur : 30 cm | Maille : 22,4/63 mm

- **Matériau :** Pierre rocheuse dure concassée, résistance à la compression ≥ 1 200 kg/cm²
- **Granulométrie :** Classe granulométrique 20 à 60 mm (pierre cassée) — éléments polyédriques à arêtes vives
- **Résistance à l'érosion :** Coefficient Los Angeles (LA) ≤ 15 % — Limite de maille 31,5–50 mm : 50 %
- **Propreté :** Passant à 1,6 mm ≤ 0,5 % — expurgé de toute matière impropre

***Tableau VIII.6 — Fuseau granulométrique du ballast ferroviaire (NF 53-695)***

| Point singulier des fuseaux | Ballast — mailles (mm) | Gravillon — mailles (mm) | Valeur du fuseau de contrôle |
|---|---|---|---|
| D max : 2D | — | 25 | Passant 100 % |
| D max : 1,25D | 63 | — | Passant 100 % |
| D max : 1,58D | — | 20 | Passant ≥ 99 % |
| D | 50 / 14 | — | 85 % ≤ p ≤ 99 % ; 80 % ≤ p ≤ 99 % |
| Tamis intermédiaire | 40 / 31,5 | — | 40 % ≤ p ≤ 74 % ; 10 % ≤ p ≤ 35 % |
| d | 25 | 10 | Passant ≤ 5 % ; Passant ≤ 20 % |
| d min : 0,63d | 16 / 6,3 | — | Passant ≤ 1 % ; Passant ≤ 5 % |

## VIII.9 Tableau de Synthèse — Assise Ferroviaire

***Tableau VIII.7 — Synthèse des paramètres de dimensionnement de l'assise ferroviaire***

| Paramètre | Valeur retenue | Référence |
|---|---|---|
| Classe sol support | QS1 (Sol mediocre) | Puits PU-38 à PU-41 / UIC 719R |
| Classe de plateforme | P3 (Bonne plateforme) | UIC 719R — Fiche 1.3 |
| Couche de forme | QS3 — Épaisseur 50 cm (majorée) | ST 590 B — Fiche n°4 |
| Couche de fondation | Grave sableuse — 15 cm | ST 590 B — Fiche n°2 |

| Paramètre | Valeur retenue | Référence |
|---|---|---|
| Sous-ballast | Grave 0/31,5 — 20 cm | ST 590 B — Fiche n°1 |
| Ballast | Pierre concassée 22,4/63 mm — 30 cm | ST 590 B — Fiche n°1 |
| Épaisseur ballast + sous-couche | e = 0,65 m | Formule UIC 719R |
| Épaisseur totale (avec couche de forme) | 1,15 m | UIC 719R |
| Vitesse voyageurs | 120 km/h | SNTF |
| Vitesse marchandises | 80 km/h | SNTF |
| Charge par essieu | 325 kN | UIC / SNTF |
| Traverse | VAX U31 — Béton monobloc — L = 2,24 m | SNTF |

# Conclusion

Le dimensionnement de l'assise ferroviaire du tronçon PK 35+000 – PK 45+000 a été mené selon une démarche rigoureuse intégrant les résultats de la campagne géotechnique et les prescriptions des fiches UIC 719R et ST 590 B.

Les sols en place, classés QS2 d'après les résultats des puits d'exploration PU-38 à PU-41, ont conduit à retenir une plateforme de type P3 (bonne plateforme), nécessitant une couche de forme de qualité QS3 d'au moins 35 cm. Par mesure conservatoire, une épaisseur de 50 cm a été adoptée pour l'ensemble du tronçon.

L'épaisseur totale de la structure ballast + sous-couche, calculée par la formule UIC 719R, s'établit à 0,65 m, répartis comme suit : 30 cm de ballast, 20 cm de sous-ballast et 15 cm de couche de fondation. Avec la couche de forme de 50 cm, l'épaisseur totale de l'assise atteint 1,13 m, ce qui est conforme aux standards des lignes ferroviaires mixtes voyageurs/marchandises à la vitesse de référence de 120 km/h.

Les caractéristiques mécaniques et granulométriques des matériaux constituant chaque couche ont été précisées conformément aux spécifications ST 590 B et UIC 719R, garantissant ainsi la durabilité et la performance de l'infrastructure sous les conditions de trafic et climatiques propres à la région de Souk-Ahras.

# CHAPITRE IX

✦ ✦ ✦

# PROFIL EN TRAVERS

# Introduction

Le profil en travers d'une voie ferrée correspond à la coupe transversale du terrain au droit d'un point kilométrique, tracée perpendiculairement à l'axe de la voie. Il constitue une représentation géométrique détaillée de l'infrastructure projetée, mettant en évidence la plateforme, les couches d'assise, les talus, les fossés et les terrains naturels environnants.

Au-delà de son rôle descriptif, le profil en travers est un outil fondamental de conception et de gestion du projet ferroviaire : il permet d'évaluer avec précision les volumes de terrassement et de décapage, d'anticiper les contraintes de stabilité des talus et d'identifier les zones sensibles pouvant présenter des risques techniques ou environnementaux. Le présent chapitre décrit successivement la conception du profil sous Subassembly Composer, ses éléments constitutifs, le profil type retenu pour le tronçon PK 35+000 – PK 45+000, ainsi que les volumes de terrassement et de matériaux qui en résultent.

# IX.1 Conception du Profil en Travers — Subassembly Composer

Dans le cadre de cette étude, le profil en travers a été conçu à l'aide du module Subassembly Composer (SAC) d'Autodesk Civil 3D, afin de traduire fidèlement les exigences de l'étude de terrassement et d'assurer une modélisation paramétrique du projet. Un sous-ensemble personnalisé (« Rail1Droit », appliqué en miroir pour le côté gauche) a été développé à cet effet : il s'appuie sur une cible de surface (Surface Target) pointant vers le modèle numérique de terrain pour rechercher automatiquement l'entrée en terre, et sur une boucle géométrique générant les gradins successifs du talus jusqu'à l'intersection avec le terrain naturel. Des codes de points et de liaisons sont affectés à chaque élément du profil (plateforme, couches d'assise, talus, bermes, fossés), ce qui permet l'extraction automatique des lignes caractéristiques — notamment l'implantation des entrées en terre reportée en Annexe D — et le calcul des cubatures.

Pour le tronçon PK 35+000 – PK 45+000, situé en zone sèche, les paramètres retenus sont les suivants :

- **Pente des talus en déblai** 3H/2V
- **en remblai :** 2H/1V
- **Largeur de berme :** 2,0 m ;
- **Hauteur maximale de talus entre bermes :** 6,0 m.

Ces choix garantissent une stabilité suffisante des talus tout en respectant les prescriptions normatives et les contraintes locales du terrain : au-delà de 6 m de hauteur, le talus est fractionné en gradins successifs séparés par des bermes horizontales.

# IX.2 Éléments Constitutifs du Profil

Le profil en travers intègre les éléments suivants, ordonnés de l'axe de la voie vers les emprises latérales :

- **La plateforme :** surface supérieure horizontale (légèrement déversée en courbe) supportant les couches d'assise, dimensionnée pour une double voie.
- **Les couches d'assise :** ballast, sous-ballast, couche de fondation et couche de forme, disposées selon les épaisseurs définies au chapitre VIII et totalisant 1,15 m.
- **Les talus latéraux :** transition entre la plateforme et le terrain naturel, inclinés selon la pente 3H/2V en déblai comme en remblai.
- **Les fossés :** section type de 0,50 m × 0,50 m avec parois inclinées à 1/1, assurant le drainage longitudinal en pied de talus de remblai et en pied de talus de déblai.
- **Les bermes :** redents horizontaux de 2,0 m de largeur, aménagés à mi-hauteur des talus dont la hauteur excède 6 m, pour améliorer la stabilité d'ensemble et faciliter l'entretien.

# IX.3 Profil en Travers Retenu

Le profil en travers retenu pour le tronçon PK 35+000 – PK 45+000 est conforme aux prescriptions de la SNTF et aux recommandations de l'UIC. Il associe une plateforme de 12,50 m de largeur pour la voie double (entraxe 4,20 m), des couches d'assise totalisant 1,15 m d'épaisseur, des talus inclinés à 3H/2V et des fossés dimensionnés pour assurer un drainage efficace. L'ensemble des paramètres géométriques est récapitulé dans le tableau suivant :

***Tableau IX.1 — Paramètres géométriques du profil en travers type***

| Paramètre | Valeur retenue | Référence |
|---|---|---|
| Nombre de voies | 2 voies (double) | Plan de masse |
| Écartement de chaque voie | 1 435 mm | UIC 712 |
| Entraxe des voies | 4,20 m | SNTF / UIC |
| Largeur de plateforme (voie double) | 16 m | Calcul SNTF |
| Pente transversale plateforme | 2 % vers extérieur (drainage) | SNTF |
| Épaisseur ballast | 30 cm | Chap. VIII / UIC 719R |
| Épaisseur sous-ballast | 20 cm | Chap. VIII |
| Épaisseur couche de fondation | 15 cm | Chap. VIII |
| Épaisseur couche de forme | 50 cm (majorée) | Chap. VIII |
| Pente talus REMBLAI | 2H / 1V (~ 33,7°) | Chap. X / SNTF |
| Pente talus DÉBLAI | 3H / 2V (~ 33,7°) | Chap. X / SNTF |
| Largeur de berme | 2,0 m (tous les 6 m de hauteur) | SNTF |
| Pente berme | 2 % | Drainage |
| Section fossé type | 0,50 × 0,50 m — parois à 1/1 | Chap. VI |

## IX.4 Volumes de Terrassement et de Matériaux

Le profil type défini ci-dessus constitue la base de calcul des cubatures. Celles-ci ont été établies sous Civil 3D par application du profil à l'ensemble du tronçon, par profils en travers espacés de 25 m ; le détail par profil figure aux annexes E (terrassements), F (décapage) et G (volumes des matériaux). Les résultats cumulés sur le linéaire PK 35+000 → PK 45+000 sont les suivants :

***Tableau IX.2 — Volumes de terrassement cumulés — PK 35+000 → PK 45+000***

| Désignation | Volume cumulé (m³) | Observation |
|---|---|---|
| Déblai | 1 563 070,86 | Volume total excavé sur le tronçon |
| Remblai | 653 577,45 | Volume total mis en œuvre |
| Décapage de terre végétale | 250 624,05 | Épaisseur 30 cm — intégralement réutilisable |

Le bilan des terrassements fait apparaître un excédent de déblai d'environ 909 500 m³ (1 563 071 − 653 577 m³), qui sera prioritairement valorisé en réemploi — sous réserve des critères de classification GTR établis au chapitre VII — puis évacué vers des zones de dépôt agréées. Le volume de décapage, intégralement réutilisable, sera stocké en cordons pour la végétalisation des talus en fin de travaux.

***Tableau IX.3 — Volumes des couches d'assise — PK 35+000 → PK 45+000***

| Couche d'assise | Volume cumulé (m³) |
|---|---|
| Ballast | 40 706,52 |
| Sous-ballast | 17 528,57 |
| Couche de fondation | 24 337,66 |
| Couche de forme | 65 675,31 |
| **Total couches d'assise** | **148 248,06** |

Ces volumes, issus directement du modèle tridimensionnel du corridor, intègrent les variations locales du profil le long du tracé (courbes avec dévers, zone de gare). Ils servent de base au devis quantitatif et estimatif.

# Conclusion

Le profil en travers type retenu pour le tronçon PK 35+000 – PK 45+000, conçu et paramétré sous Subassembly Composer, garantit la cohérence géométrique et structurelle de l'infrastructure sur l'ensemble du linéaire : pour la voie double (entraxe 4,20 m), couches d'assise totalisant 1,15 m d'épaisseur, talus à 3H/2V fractionnés par des bermes de 2,0 m au-delà de 6 m de hauteur, et fossés types de 0,50 × 0,50 m.

L'application de ce profil à l'ensemble du tronçon conduit à un volume de déblai de 1 563 070,86 m³ pour 653 577,45 m³ de remblai — soit un excédent d'environ 909 500 m³ à valoriser ou à mettre en dépôt — ainsi qu'à 250 624,05 m³ de décapage partiellement réutilisable et à près de 148 250 m³ de matériaux d'assise (ballast, sous-ballast, couche de fondation et couche de forme). Ces quantités, détaillées profil par profil dans les annexes E à G, constituent la base directe du devis quantitatif et estimatif présenté au chapitre XIV.

# CHAPITRE X

✦ ✦ ✦

# TERRASSEMENTS ET OUVRAGES

# Introduction

Les terrassements constituent une étape fondamentale dans la construction des infrastructures ferroviaires. Ils regroupent un ensemble d'opérations de creusement, de déplacement et de mise en place de matériaux destinées à modeler le terrain et à créer une plateforme stable pour la voie ferrée. Ces travaux incluent le décapage de la couche de terre végétale afin d'atteindre le substrat porteur, la réalisation de déblais et de remblais pour ajuster les niveaux conformément aux exigences d'élévation, ainsi que la mise en place méthodique des différentes couches structurelles telles que la sous-couche et le ballast, garantissant une assise robuste et durable.

La précision et la qualité de ces opérations sont essentielles pour assurer la fiabilité et la résilience de la voie ferrée face aux contraintes d'exploitation. Les terrassements ne se limitent pas au modelage du terrain : ils s'articulent avec des ouvrages complémentaires (ponts, viaducs, tunnels, murs de soutènement) conçus pour répondre aux spécificités du milieu ferroviaire, qu'il s'agisse de fortes pentes, de difficultés d'accès ou des exigences liées aux circulations à grande vitesse. L'ensemble de ces interventions contribue à la stabilité de la plateforme et à la pérennité de l'infrastructure ferroviaire.

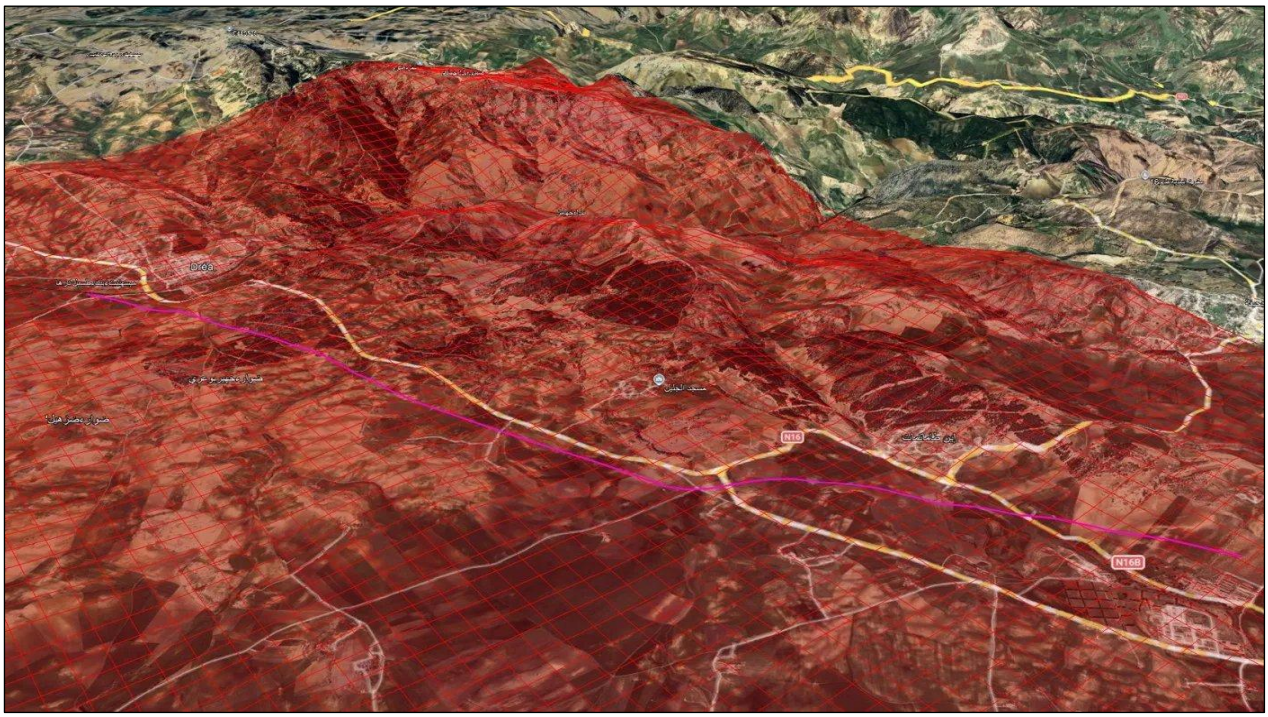



***Figure X.1 — Modèle numérique de terrain 3D (EarthCAD / Civil 3D) avec tracé ferroviaire***

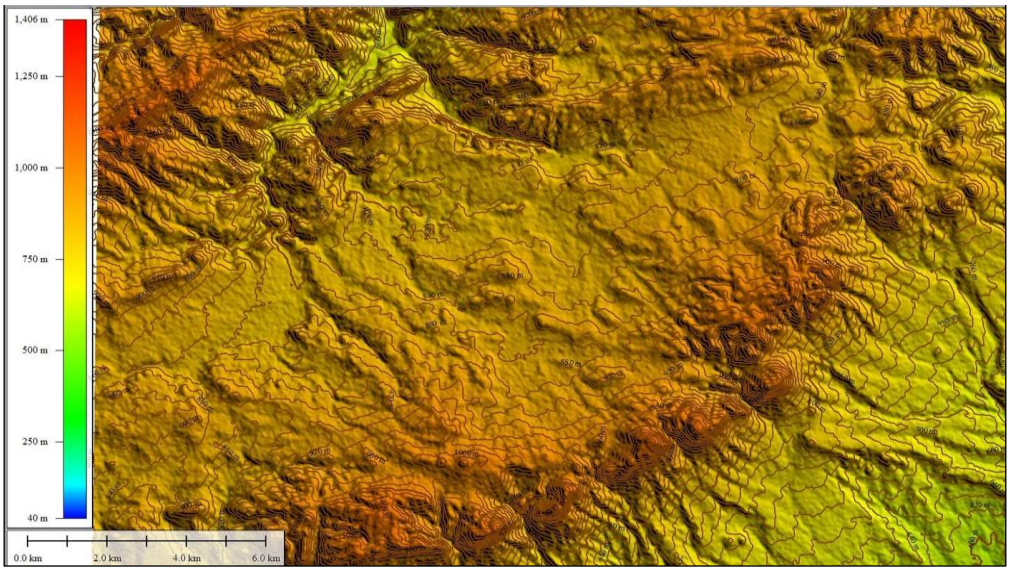



*Figure X.2 — Courbes de niveau générées sous Global Mapper*

# X.1 Les Terrassements

## X.1.1 Objectifs et Enjeux des Terrassements

Les terrassements représentent une étape stratégique dans la préparation du terrain ferroviaire. Leur importance réside dans la capacité à garantir la stabilité, la sécurité et la durabilité de l'infrastructure. Les principaux objectifs et enjeux sont les suivants :

- Créer une surface stable et uniforme pour assurer un passage fluide et régulier des trains.
- Adapter et contrôler la granulométrie, la compacité et la qualité des matériaux utilisés.
- Modeler les pentes des talus et des remblais afin de prévenir les risques de glissements et d'instabilités.
- Mettre en place un drainage efficace pour limiter l'érosion et éviter l'accumulation d'eau.
- Protéger les zones sensibles telles que les zones humides et les habitats naturels.
- Réduire les nuisances sonores et vibratoires liées au trafic ferroviaire.
- Respecter les normes environnementales afin de minimiser l'impact sur les écosystèmes locaux.
- Garantir la sécurité des travailleurs pendant les opérations de terrassement.
- Préserver les ressources naturelles, notamment l'eau et les sols fertiles.
- **Optimisation économique :** réduire les coûts de construction et d'entretien grâce à une gestion rationnelle des déblais et remblais.
- **Durabilité des ouvrages :** assurer une meilleure résistance aux contraintes climatiques (pluies intenses, sécheresse, cycles gel/dégel).

## X.1.2 Pente des Talus en Déblai et en Remblai

Lors de la conception des ouvrages en terre, la stabilité des talus constitue un enjeu majeur. Les pentes doivent être définies avec soin afin de garantir la sécurité et la durabilité des déblais comme des remblais.

Conformément du référentiel technique de la SNTF,

Le choix de la pente doit tenir compte de plusieurs paramètres essentiels :

- Les propriétés géotechniques des terrains en déblai et du sol de fondation des remblais.
- La hauteur de l'ouvrage et son interaction avec la plateforme ferroviaire.
- La configuration topographique du site et les risques naturels (glissements, érosion, instabilité).

**Application au projet :** pour ce projet, on adopte une pente de 3H/2V pour les remblais et de 2H/3V pour les déblais, ce qui assure un compromis optimal entre stabilité et optimisation des volumes de terrassement.

## X.1.3 Les Bermes

Les bermes, stratégiquement positionnées le long des talus ferroviaires, jouent un rôle essentiel dans la préservation de la stabilité structurelle et le bon fonctionnement du drainage des voies. Leur conception et leur intégration soignée permettent de maîtriser les pentes, de réduire les risques d'érosion et d'assurer la durabilité des ouvrages en terre dans des conditions variées.

- **Largeur optimale :** les bermes doivent présenter une largeur adaptée, généralement comprise entre 1 et 3 mètres, afin de garantir la stabilité du talus tout en permettant l'accès aux équipements de maintenance et aux inspections.
- **Pente idéale :** une pente douce, typiquement de 2 à 3 %, assure un drainage efficace et empêche toute accumulation d'eau susceptible d'affaiblir les matériaux ou de provoquer des infiltrations.
- **Rôle complémentaire :** les bermes servent également de zones de dissipation d'énergie pour les écoulements rapides, limitant l'érosion en pied de talus.

**Application au projet :** une berme de largeur 2 m avec une pente de 2 % est adoptée pour la construction des talus, assurant un équilibre entre stabilité, accessibilité et efficacité hydraulique.

## X.1.4 Protection des Talus

Les talus des ouvrages en terre ou des terrassements nécessitent une protection adaptée afin d'assurer leur stabilité et leur durabilité dans le temps. Ces dispositifs visent à :

- éviter l'altération des matériaux superficiels et toute modification de leurs caractéristiques intrinsèques ;
- protéger les sols contre les effets des agents météorologiques tels que l'eau, le gel ou le rayonnement solaire ;
- limiter l'érosion et le ravinement provoqués par les ruissellements ou les intempéries ;
- maintenir l'intégrité des pentes et prévenir les glissements ou déformations.

### X.1.4.1 Végétalisation

La végétalisation constitue l'une des méthodes les plus courantes et efficaces de protection des talus. Elle consiste à recouvrir les surfaces par une couche de terre végétale, suivie d'un ensemencement ou d'une plantation adaptée au contexte local.

Les objectifs de cette opération sont multiples :

- réduire le lessivage des fines et la détérioration des talus par leur exposition prolongée aux intempéries ;
- favoriser la stabilisation superficielle des talus de déblais et de remblais ;
- améliorer l'intégration paysagère des ouvrages en terre dans leur environnement naturel ;
- contribuer à la régulation hydrique en limitant les infiltrations et en favorisant l'évapotranspiration.

**Entretien périodique :** la végétalisation doit être suivie d'un entretien régulier (désherbage, regarnissage, arrosage) pour garantir son efficacité à long terme. Dans les zones à forte pente ou à risque d'érosion, elle est souvent associée à des dispositifs complémentaires tels que les géotextiles ou les enrochements en pied de talus.

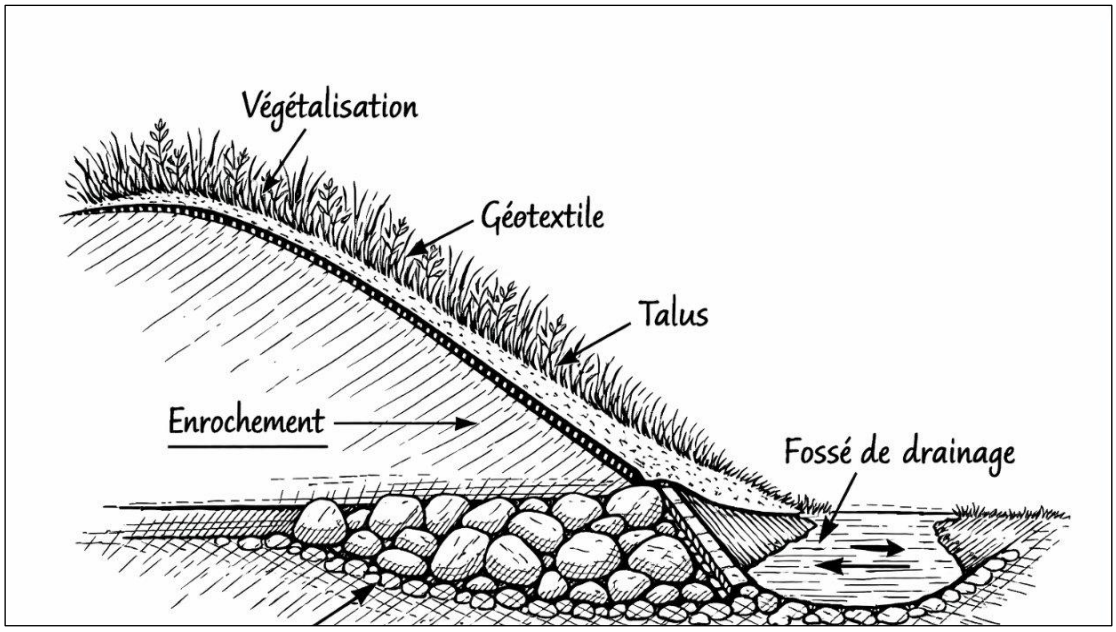



***Figure X.3 — Protection des talus : végétalisation, géotextile, enrochement et fossé de drainage***

### X.1.5.3 Surveillance Géotechnique par Piézomètres

La surveillance géotechnique constitue une étape indispensable dans les projets ferroviaires et routiers, en particulier en zones humides ou instables. Elle permet de suivre l'évolution du niveau d'eau souterraine et d'adapter les mesures de protection, aussi bien en phase de construction qu'en phase d'exploitation.

**Principe :** Un piézomètre est un tube ou un capteur installé dans le sol, descendant jusqu'à la nappe phréatique. Il mesure la hauteur piézométrique (niveau d'eau) et permet de suivre les variations saisonnières ou celles induites par les travaux. Les données recueillies servent à vérifier l'efficacité des dispositifs mis en place (géotextiles, couches filtrantes, drains).

Objectifs de la surveillance piézométrique :

- Contrôler la stabilité des remblais et prévenir les tassements ou glissements liés aux remontées d'eau.
- Adapter les solutions de drainage si le niveau d'eau reste trop élevé.
- Prévenir les désordres (déformations, fissures, pertes de portance).
- Assurer la durabilité de l'ouvrage par un suivi régulier.

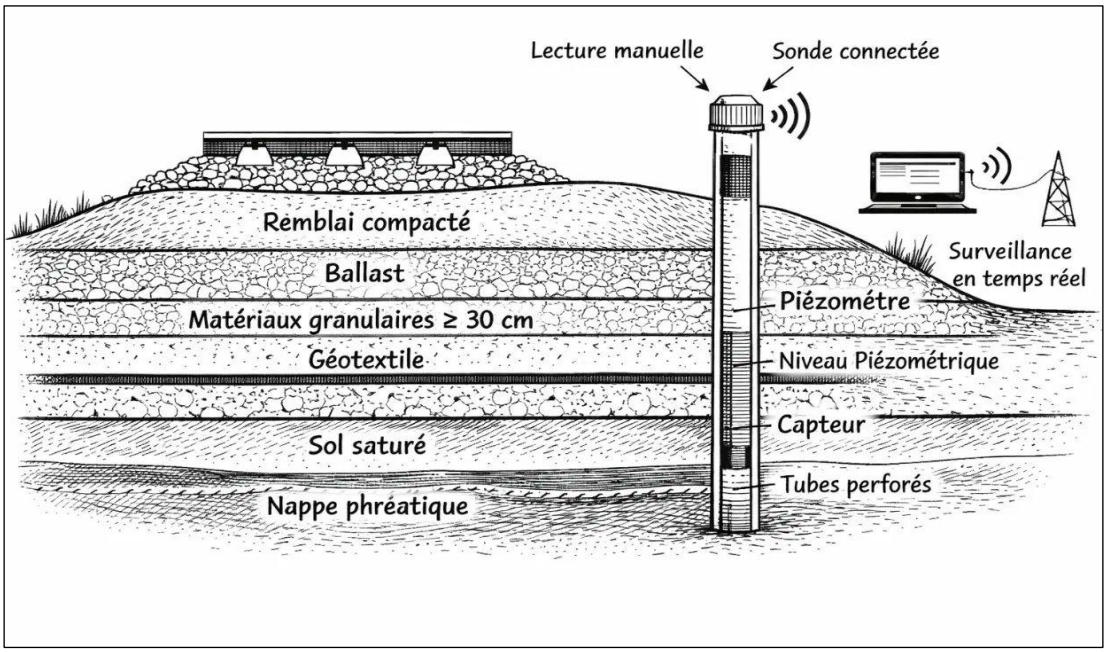



***Figure X.4 — Surveillance de la nappe phréatique par piézomètre : lecture manuelle et sonde connectée***

## X.1.6 Le Compactage

Le compactage constitue une étape essentielle dans la construction des ouvrages en terre, influençant directement leur stabilité et leur durabilité. Il vise à réduire la porosité des sols, à améliorer leur portance et à limiter les risques de tassements différentiels. Pour garantir une qualité optimale, plusieurs facteurs techniques doivent être pris en compte :

- **Nature du sol et humidité :** les caractéristiques géotechniques du sol, son état d'humidité et le type de compacteur utilisé déterminent les taux de compactage atteignables ainsi que les modules de déformation minimaux prescrits.
- **Épaisseur des couches :** chaque couche élémentaire doit être mise en place avec une épaisseur contrôlée, adaptée à l'énergie de compactage disponible.
- **Énergie de compactage :** le choix du matériel (rouleaux lisses, compacteurs à pieds de mouton, compacteurs vibrants) et le nombre de passes doivent être soigneusement planifiés.
- **Mesures spécifiques :** des opérations complémentaires comme l'arrosage pour humidifier ou l'essorage pour réduire l'excès d'eau peuvent être nécessaires afin d'atteindre les conditions optimales.

## X.1.7 Réutilisation des Matériaux Excavés

La réutilisation des matériaux issus des déblais constitue une étape importante dans la conception des ouvrages en terre, permettant d'optimiser les volumes de terrassement et de réduire les coûts de transport et d'approvisionnement. Elle repose sur une classification géotechnique précise et sur des conditions d'emploi définies par le Guide Technique pour la Réalisation des Remblais et des Couches de Forme (GTR).

### X.1.7.1 Classification des Matériaux Issus des Déblais

La classification des matériaux de déblais est réalisée à partir de la nature du sol et des résultats des essais de laboratoire (granulométrie, teneur en eau, plasticité, fragmentabilité). Ces paramètres permettent de déterminer leur aptitude à être réutilisés en corps de remblai.

Les matériaux rencontrés le long du tracé sont principalement classés selon le GTR dans les catégories suivantes : A1, A2, R23, R34 et R43.

### X.1.7.2 Conditions de Réutilisation des Matériaux de Déblais

- **Classe A (A1 et A2) :** sols fins dont le diamètre maximal des éléments (Dmax) est inférieur à 50 mm et dont le tamisat à 80 µm est supérieur à 35 %. Les matériaux typiques sont les limons argileux, argiles limoneuses, argiles sableuses et argiles grisâtres. Ces sols sont généralement réutilisables après ajustement de l'humidité et contrôle du compactage.
- **Classe R2 (R23) :** matériaux calcaires tuffacés fragmentables (encroûtements) rencontrés en couche de recouvrement de faible épaisseur. Ces matériaux sont réutilisables pour les remblais, sous réserve d'un contrôle granulométrique et d'un compactage adapté.
- **Classe R3 (R34) :** matériaux rocheux argileux ou marneux, peu à moyennement fragmentables et moyennement à très dégradables. Bien que théoriquement réutilisables selon le GTR, leur comportement évolutif nécessite une étude spécifique préalable. À ce stade du projet, ces matériaux ne sont pas considérés réutilisables.
- **Classe R4 (R43) :** matériaux gréseux, rencontrés rarement le long du tracé. Leur réutilisation est possible selon les recommandations du GTR, sous réserve d'un contrôle de la dégradabilité et de la stabilité mécanique.

***Tableau X.1 — Synthèse de la réutilisation des matériaux de déblais selon la classification GTR***

| Classe | Type de matériau | Réutilisation possible | Conditions |
|---|---|---|---|
| A1 – A2 | Sols fins (argiles, limons) | Oui | Ajustement de l'humidité et compactage |
| R23 | Calcaire tuffacé fragmentable | Oui | Contrôle granulométrique et compactage adapté |
| R34 | Roches argileuses / marneuses | Non (à ce stade) | Étude spécifique requise — comportement évolutif |
| R43 | Roches gréseuses | Oui | Suivre recommandations GTR — contrôle de la dégradabilité |

# X.2 Ouvrages de Croisement et de Rétablissement

## X.2.1 Le Croisement Route–Rail

Le croisement entre une voie ferrée et une route constitue un point sensible de l'infrastructure ferroviaire. Son choix dépend principalement de la nature de la voie routière, de son débit de circulation, et de la vitesse maximale des trains. Chaque situation doit être étudiée individuellement afin de garantir la sécurité, la fluidité du trafic et la pérennité des ouvrages.

Trois types de solutions peuvent être envisagés selon les contraintes topographiques et fonctionnelles :

- **Passage supérieur :** ce dispositif consiste à faire passer la voie ferrée au-dessus de la route. Il est privilégié lorsque la vitesse des trains est élevée, que la topographie présente un relief favorable (voie ferrée sur remblai important), et qu'il est possible d'aménager un gabarit routier sous l'ouvrage sans compromettre la stabilité du remblai. Cette solution assure une séparation totale des circulations et offre le meilleur niveau de sécurité.
- **Passage à niveau :** le passage à niveau correspond à un croisement direct entre la route et la voie ferrée. Il est interdit lorsque la vitesse des trains dépasse 100 km/h. Il peut être toléré pour des chemins ruraux ou des voies secondaires lorsque la vitesse est inférieure à 100 km/h et que la visibilité et la signalisation sont suffisantes. C'est la solution la plus économique, mais elle nécessite une surveillance et une signalisation renforcées.
- **Passage inférieur :** le passage inférieur consiste à faire passer la route sous la voie ferrée. Il est rarement utilisé, sauf lorsque la topographie impose un niveau de roulement du train élevé ou lorsque le relief empêche la réalisation d'un passage supérieur. Cette solution est techniquement plus complexe, mais permet également une séparation complète des flux.

***Tableau X.2 — Synthèse des solutions de croisement route–rail***

| Type de croisement | Conditions d'emploi | Niveau de sécurité |
|---|---|---|
| Passage supérieur (voie au-dessus) | Vitesse élevée des trains, topographie favorable (remblai important), gabarit routier possible | Séparation totale — niveau optimal |
| Passage à niveau (croisement direct) | Vitesse < 100 km/h, voies secondaires ou rurales, visibilité et signalisation suffisantes | Acceptable avec surveillance renforcée |
| Passage inférieur (route au-dessous) | Topographie imposant un niveau de roulement élevé, relief empêchant un passage supérieur | Solution technique complexe |

## X.2.2 Ouvrages de Rétablissement et Protections des Réseaux

### X.2.2.1 Rétablissement des Voies Routières

Chaque fois que le tracé ferroviaire croise une route existante, des aménagements spécifiques doivent être réalisés pour maintenir la continuité du trafic routier. Ces dispositifs garantissent à la fois la fluidité des déplacements automobiles et la sécurité des voyageurs ferroviaires. Leur conception repose sur le respect des gabarits réglementaires des routes ainsi que sur la prise en compte des charges d'exploitation prévues.

#### X.2.2.2 Sécurisation des Conduites de Gaz

Lorsque la ligne ferroviaire traverse des canalisations de transport de gaz, il est indispensable de mettre en œuvre des protections adaptées. Celles-ci comprennent l'installation de fourreaux, le renforcement de la couverture de sol au-dessus des conduites et une coordination étroite avec les gestionnaires de réseau. L'objectif est d'assurer la sécurité des infrastructures et de préserver la continuité de l'alimentation en gaz.

#### X.2.2.3 Franchissement des Lignes Électriques Basse et Moyenne Tension

Le passage de la voie ferrée à proximité de lignes électriques aériennes nécessite des vérifications précises des distances de sécurité. Si les conditions réglementaires ne sont pas respectées, des solutions techniques comme le dévoiement des lignes ou leur enfouissement en câble souterrain peuvent être mises en place, en concertation avec le gestionnaire du réseau électrique.

# X.3 Vérification de la Stabilité des Talus

Le choix des pentes de talus (3H/2V en déblai comme en remblai) retenu dans les sections précédentes doit être justifié vis-à-vis du risque de glissement. Cette section présente la vérification de la stabilité des talus de déblais et de remblais menée par la méthode de Bishop sous le logiciel GEO5, en situation permanente et en situation sismique, sous l'effet de la surcharge ferroviaire d'exploitation. La note de calcul détaillée du profil PK 35+000 est reproduite ci-après ; l'ensemble des notes de calcul du logiciel pour les cinq profils analysés est reporté en Annexe I.

## X.3.1 Objet de l'étude

La présente note de calcul a pour objet la vérification de la stabilité des talus de déblais et de remblais le long du tronçon ferroviaire étudié, dans le cadre du dédoublement de la Ligne Minière Est (section Bouchegouf – Souk-Ahras – Dréa, PK 35+000 à PK 45+000). L'étude vise à s'assurer que les pentes de la plateforme ferroviaire présentent une marge de sécurité suffisante vis-à-vis du phénomène de glissement, tant en situation permanente qu'en situation sismique.

L'analyse a été menée sur une sélection de profils en travers courants jugés les plus représentatifs et les plus susceptibles au phénomène d'instabilité, en raison de la hauteur des talus, de la nature des terrains rencontrés et de la géométrie de la plateforme. Les calculs ont été réalisés à l'aide du module Slope Stability du logiciel GEO5 (version 5.2020), selon la méthode des tranches de Bishop.

## X.3.2 Méthodologie et hypothèses de calcul

#### X.3.2.1 Méthode de calcul

La vérification de la stabilité au glissement est effectuée par la **méthode de Bishop**, qui considère une surface de rupture circulaire et exprime le coefficient de sécurité comme le rapport entre les efforts

résistants (passifs) et les efforts moteurs (actifs). La surface de glissement critique est recherchée puis optimisée automatiquement par le logiciel afin d'obtenir le coefficient de sécurité minimal.

Le coefficient de sécurité s'exprime, en termes de moments par rapport au centre du cercle de glissement, par :

$$FS = M_p / M_a \geq FS_{min}$$

avec M*p* le moment résistant, M*a* le moment moteur (de glissement), et FS*min* le coefficient de sécurité minimal réglementaire.

### X.3.2.2 Coefficients de sécurité requis

La méthodologie de vérification retenue est celle des contraintes admissibles (ASD). Les coefficients de sécurité minimaux exigés sont :

| Situation de calcul | Coefficient de sécurité minimal requis |
|---|---|
| Situation permanente (statique) | **$FS_s$ = 1,50** |
| Situation sismique | **$FS_s$ = 1,00** |

***Tableau X.3 — Coefficients de sécurité minimaux exigés selon la situation de calcul.***

### X.3.2.3 Action sismique

La situation sismique est introduite au moyen de coefficients sismiques pseudo-statiques appliqués à la masse glissante :

1. coefficient sismique horizontal : K*h* = 0,125 ;
2. coefficient sismique vertical : K*v* = 0,0625.

Ces valeurs traduisent l'effet inertiel du séisme retenu pour le site dans le cadre de l'analyse pseudo-statique de stabilité.

### X.3.2.4 Surcharge ferroviaire

Conformément aux hypothèses du projet, une **surcharge ferroviaire d'exploitation de 50 kN/m²** a été appliquée sous forme de charge de bande (strip) permanente en tête de plateforme, au droit de la voie, pour chacun des profils étudiés. La position et la largeur de la bande de charge sont adaptées à la géométrie de chaque profil en travers (cf. tableau de synthèse).

### X.3.2.5 Hypothèses générales

3. Surface de rupture circulaire, optimisée automatiquement par GEO5.
4. Absence de nappe phréatique (calcul sans eau).
5. Sols caractérisés en contraintes effectives (angle de frottement φ et cohésion c).
6. Aucune fissure de traction introduite.
7. Caractéristiques géotechniques issues de la campagne de reconnaissance du site.

## X.3.3 Profils en Travers Courants Étudiés

Cinq profils en travers courants, répartis sur l'ensemble du tronçon, ont été retenus comme les plus défavorables vis-à-vis de la stabilité. Le tableau ci-après récapitule pour chacun la nature de l'ouvrage en terre, les formations rencontrées et la surcharge appliquée.

| Profil (PK) | Type | Formations rencontrées (γ [kN/m³] ; φ [°] ; c [kPa]) | Surcharge appliquée |
|---|---|---|---|
| **PK 35+000** | Déblai | Plateforme (γ=20 ; φ=35° ; c=15 kPa) / Sable argileux intercalé de blocs (γ=17,70 ; φ=30,9° ; c=20 kPa) | Bande 50 kN/m² ; origine x=35,00 m ; l=16,00 m |
| **PK 36+600** | Remblai | Plateforme (γ=20 ; φ=35° ; c=5 kPa) / (γ=20 ; φ=35° ; c=5 kPa) / Sable argileux intercalé de blocs (γ=19,80 ; φ=24° ; c=5 kPa) | Bande 50 kN/m² ; origine x=29,00 m ; l=13,00 m |
| **PK 37+775** | Déblai | Plateforme (γ=20 ; φ=35° ; c=15 kPa) / Sable argileux (γ=19,80 ; φ=30,9° ; c=20 kPa) | Bande 50 kN/m² ; origine x=29,00 m ; l=15,00 m |
| **PK 41+875** | Déblai | Plateforme (γ=20 ; φ=35° ; c=15 kPa) / Sable argileux (γ=19,80 ; φ=30,9° ; c=20 kPa) / Argile tufacée (γ=19,60 ; φ=32° ; c=31,53 kPa) / Sable graveleux (γ=20,10 ; φ=26,43° ; c=37 kPa) | Bande 50 kN/m² ; origine x=33,00 m ; l=15,00 m |
| **PK 45+000** | Remblai | Plateforme (γ=20 ; φ=35° ; c=5 kPa) / (γ=20 ; φ=35° ; c=5 kPa) / Argile sableuse (γ=20,10 ; φ=23° ; c=10 kPa) | Bande 50 kN/m² ; origine x=39,90 m ; l=14,00 m |

***Tableau X.4 — Caractéristiques des profils en travers analysés et surcharge ferroviaire (50 kN/m²).***

## X.3.4 Résultats des analyses de stabilité

Pour chaque profil, deux situations de calcul ont été examinées : une situation permanente (statique) et une situation sismique. Les paramètres du cercle de glissement critique optimisé, les moments moteur et résistant ainsi que le coefficient de sécurité obtenu sont présentés ci-dessous.

### X.3.4.1 Profil PK 35+000 — Déblai (hauteur ≈ 18 m)

| Paramètre | Situation permanente | Situation sismique |
|---|---|---|
| **Centre du cercle [m]** | x=55,29 ; z=39,38 | x=55,42 ; z=39,15 |
| **Rayon R [m]** | 39,49 | 39,27 |
| **Somme efforts actifs $F_a$ [kN/m]** | 1 776,38 | 1 785,75 |
| **Somme efforts passifs $F_p$ [kN/m]** | 2 671,05 | 2 685,07 |
| **Moment moteur $M_a$ [kNm/m]** | 70 149,09 | 70 126,38 |
| **Moment résistant $M_p$ [kNm/m]** | 105 479,71 | 105 442,53 |
| **Coefficient de sécurité FS** | **1,50 ≥ 1,50** | **1,50 ≥ 1,00** |
| **Conclusion** | **Stabilité ACCEPTABLE** | **Stabilité ACCEPTABLE** |

***Tableau X.5 — Résultats de la vérification de stabilité (méthode de Bishop) au profil PK 35+000.***

***Interprétation.*** Le profil PK 35+000 (déblai, hauteur ≈ 18 m) présente un coefficient de sécurité de 1,50 en situation permanente, supérieur au seuil requis de 1,50, et de 1,50 en situation sismique, supérieur au seuil de 1,00. La stabilité du talus est donc vérifiée dans les deux situations. La marge de sécurité reste modérée ; ce profil constitue l'un des cas les plus sollicités du tronçon et appelle une attention particulière au drainage et à la maîtrise de la géométrie des pentes lors de l'exécution.

### X.3.4.2 Profil PK 36+600 — Remblai (hauteur ≈ 17 m)

| Paramètre | Situation permanente | Situation sismique |
|---|---|---|
| **Centre du cercle [m]** | x=68,70 ; z=45,66 | x=65,47 ; z=29,05 |
| **Rayon R [m]** | 41,26 | 30,41 |
| **Somme efforts actifs $F_a$ [kN/m]** | 519,97 | 2 131,47 |
| **Somme efforts passifs $F_p$ [kN/m]** | 872,46 | 2 631,93 |
| **Moment moteur $M_a$ [kNm/m]** | 21 453,90 | 64 817,88 |
| **Moment résistant $M_p$ [kNm/m]** | 35 997,56 | 80 036,90 |
| **Coefficient de sécurité FS** | **1,68 ≥ 1,50** | **1,23 ≥ 1,00** |
| **Conclusion** | **Stabilité ACCEPTABLE** | **Stabilité ACCEPTABLE** |

***Tableau X.6 — Résultats de la vérification de stabilité (méthode de Bishop) au profil PK 36+600.***

***Interprétation.*** Le profil PK 36+600 (remblai, hauteur ≈ 17 m) présente un coefficient de sécurité de 1,68 en situation permanente, supérieur au seuil requis de 1,50, et de 1,23 en situation sismique, supérieur au seuil de 1,00. La stabilité du talus est donc vérifiée dans les deux situations. La marge de sécurité est confortable en situation permanente et demeure satisfaisante sous séisme.

### X.3.4.3 Profil PK 37+775 — Déblai (hauteur ≈ 15 m)

| Paramètre | Situation permanente | Situation sismique |
|---|---|---|
| **Centre du cercle [m]** | x=25,13 ; z=27,91 | x=24,63 ; z=27,00 |
| **Rayon R [m]** | 27,98 | 27,12 |
| **Somme efforts actifs $F_a$ [kN/m]** | 898,89 | 1 078,41 |
| **Somme efforts passifs $F_p$ [kN/m]** | 1 831,51 | 1 738,40 |
| **Moment moteur $M_a$ [kNm/m]** | 25 150,88 | 29 246,59 |
| **Moment résistant $M_p$ [kNm/m]** | 51 245,76 | 47 145,30 |
| **Coefficient de sécurité FS** | **2,04 ≥ 1,50** | **1,61 ≥ 1,00** |
| **Conclusion** | **Stabilité ACCEPTABLE** | **Stabilité ACCEPTABLE** |

***Tableau X.7 — Résultats de la vérification de stabilité (méthode de Bishop) au profil PK 37+775.***

***Interprétation.*** Le profil PK 37+775 (déblai, hauteur ≈ 15 m) présente un coefficient de sécurité de 2,04 en situation permanente, supérieur au seuil requis de 1,50, et de 1,61 en situation sismique, supérieur au seuil de 1,00. La stabilité du talus est donc vérifiée dans les deux situations. La marge de sécurité est largement assurée dans toutes les situations de calcul, traduisant un comportement très favorable du talus.

### X.3.4.4 Profil PK 41+875 — Déblai (hauteur ≈ 18 m)

| Paramètre | Situation permanente | Situation sismique |
|---|---|---|
| **Centre du cercle [m]** | x=27,38 ; z=29,39 | x=27,38 ; z=29,39 |
| **Rayon R [m]** | 29,61 | 29,61 |
| **Somme efforts actifs $F_a$ [kN/m]** | 1 205,12 | 1 205,12 |
| **Somme efforts passifs $F_p$ [kN/m]** | 2 806,83 | 2 806,83 |
| **Moment moteur $M_a$ [kNm/m]** | 35 683,55 | 35 683,55 |
| **Moment résistant $M_p$ [kNm/m]** | 83 110,09 | 83 110,09 |
| **Coefficient de sécurité FS** | **2,33 ≥ 1,50** | **2,33 ≥ 1,00** |
| **Conclusion** | **Stabilité ACCEPTABLE** | **Stabilité ACCEPTABLE** |

***Tableau X.8 — Résultats de la vérification de stabilité (méthode de Bishop) au profil PK 41+875.***

***Interprétation.*** Le profil PK 41+875 (déblai, hauteur ≈ 18 m) présente un coefficient de sécurité de 2,33 en situation permanente, supérieur au seuil requis de 1,50, et de 2,33 en situation sismique, supérieur au seuil de 1,00. La stabilité du talus est donc vérifiée dans les deux situations. La marge de sécurité est largement assurée dans toutes les situations de calcul, traduisant un comportement très favorable du talus.

### X.3.4.5 Profil PK 45+000 — Remblai (hauteur ≈ 21 m)

| Paramètre | Situation permanente | Situation sismique |
|---|---|---|
| **Centre du cercle [m]** | x=-3,57 ; z=70,25 | x=-2,17 ; z=68,95 |
| **Rayon R [m]** | 68,33 | 66,83 |
| **Somme efforts actifs $F_a$ [kN/m]** | 1 033,74 | 1 327,28 |
| **Somme efforts passifs $F_p$ [kN/m]** | 1 713,80 | 1 666,49 |
| **Moment moteur $M_a$ [kNm/m]** | 70 635,50 | 88 702,44 |
| **Moment résistant $M_p$ [kNm/m]** | 117 104,02 | 111 371,66 |
| **Coefficient de sécurité FS** | **1,66 ≥ 1,50** | **1,26 ≥ 1,00** |
| **Conclusion** | **Stabilité ACCEPTABLE** | **Stabilité ACCEPTABLE** |

***Tableau X.9 — Résultats de la vérification de stabilité (méthode de Bishop) au profil PK 45+000.***

***Interprétation.*** Le profil PK 45+000 (remblai, hauteur ≈ 21 m) présente un coefficient de sécurité de 1,66 en situation permanente, supérieur au seuil requis de 1,50, et de 1,26 en situation sismique, supérieur au seuil de 1,00. La stabilité du talus est donc vérifiée dans les deux situations. La marge de sécurité est confortable en situation permanente et demeure satisfaisante sous séisme.

## X.3.5 Synthèse des résultats

Le tableau ci-après regroupe l'ensemble des coefficients de sécurité obtenus pour les cinq profils étudiés, en situation permanente et sismique.

| Profil (PK) | Type | FS permanent | FS requis | FS sismique | Vérification |
|---|---|---|---|---|---|
| **PK 35+000** | Déblai | **1,50** | 1,50 / 1,00 | **1,50** | ✓ **Vérifié** |
| **PK 36+600** | Remblai | **1,68** | 1,50 / 1,00 | **1,23** | ✓ **Vérifié** |
| **PK 37+775** | Déblai | **2,04** | 1,50 / 1,00 | **1,61** | ✓ **Vérifié** |
| **PK 41+875** | Déblai | **2,33** | 1,50 / 1,00 | **2,33** | ✓ **Vérifié** |
| **PK 45+000** | Remblai | **1,66** | 1,50 / 1,00 | **1,26** | ✓ **Vérifié** |

***Tableau X.10 — Synthèse des coefficients de sécurité par profil et par situation de calcul.***

## X.3.6 Conclusion de l'Étude de Stabilité

L'analyse de stabilité menée sur les cinq profils en travers courants les plus susceptibles au phénomène d'instabilité, par la méthode de Bishop sous le logiciel GEO5, démontre que **tous les talus de déblais et de remblais étudiés respectent les exigences de sécurité réglementaires**, aussi bien en situation permanente (FS ≥ 1,50) qu'en situation sismique (FS ≥ 1,00), sous l'effet de la surcharge ferroviaire d'exploitation de 50 kN/m².

Les coefficients de sécurité obtenus en situation permanente s'échelonnent de 1,50 à 2,33, et de 1,23 à 2,33 en situation sismique. Les profils PK 35+000 (déblai, FS = 1,50) et PK 45+000 (remblai, FS sismique = 1,26) présentent les marges les plus faibles et constituent les sections les plus sollicitées du tronçon ; ils feront l'objet d'une attention particulière en phase d'exécution, notamment en ce qui concerne le drainage des plateformes, la maîtrise de la géométrie des pentes et le compactage des remblais techniques.

Sous réserve du respect des dispositions constructives et des mesures de drainage prévues, la stabilité d'ensemble des talus le long du tronçon étudié est jugée satisfaisante.

***Note de calcul GEO5 — Profil PK 35+000 (situations permanente et sismique). Les notes de calcul des autres profils figurent en Annexe I.***

## PK 35+000

# Slope stability analysis

## Input data

### Project

Date : 15/06/2026

### Settings

Standard - safety factors

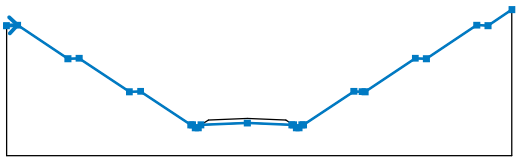
### Stability analysis

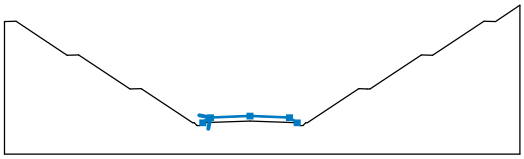
Earthquake analysis : Standard
Verification methodology : Safety factors (ASD)

| Safety factors | | | |
|---|---|---|---|
| **Permanent design situation** | | | |
| Safety factor : | $SF_s$ = | 1,50 | [–] |

| Safety factors | | | |
|---|---|---|---|
| **Seismic design situation** | | | |
| Safety factor : | $SF_s$ = | 1,00 | [–] |

### Interface

| No. | Interface location | Coordinates of interface points [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 0,00 | 18,27 | 2,00 | 18,35 | 11,00 | 12,35 |
| | | 13,00 | 12,43 | 22,00 | 6,43 | 24,00 | 6,51 |
| | | 33,00 | 0,51 | 33,30 | 0,50 | 33,80 | 0,00 |
| | | 34,30 | 0,00 | 34,80 | 0,50 | 43,08 | 0,83 |
| | | 51,06 | 0,51 | 51,36 | 0,50 | 51,86 | 0,00 |
| | | 52,36 | 0,00 | 52,86 | 0,50 | 53,16 | 0,51 |
| | | 62,16 | 6,51 | 63,66 | 6,45 | 64,16 | 6,43 |
| | | 73,16 | 12,43 | 75,16 | 12,35 | 84,16 | 18,35 |
| | | 86,16 | 18,27 | 90,45 | 21,14 | | |

| No. | Interface location | Coordinates of interface points [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 2 |  | 34,80 | 0,50 | 36,15 | 1,40 | 43,08 | 1,68 |
| | | 50,01 | 1,40 | 51,36 | 0,50 | | |

## Soil parameters - effective stress state

| No. | Name | Pattern | $\varphi_{ef}$ [°] | $c_{ef}$ [kPa] | $\gamma$ [kN/m$^3$] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PLATEFORME | | 35,00 | 15,00 | 20,00 |
| 2 | Sable argileux intercalé de blocs | | 30,90 | 20,00 | 17,70 |

## Soil parameters - uplift

| No. | Name | Pattern | $\gamma_{sat}$ [kN/m$^3$] | $\gamma_s$ [kN/m$^3$] | n [–] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PLATEFORME | | 20,00 | | |
| 2 | Sable argileux intercalé de blocs | | 17,70 | | |

## Soil parameters

**PLATEFORME**

Unit weight : $\gamma$ = 20,00 kN/m$^3$
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 35,00 °
Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 5,00 kPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 20,00 kN/m$^3$

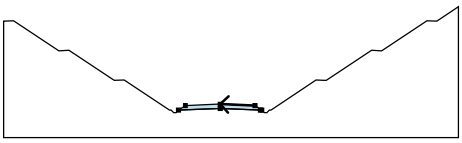
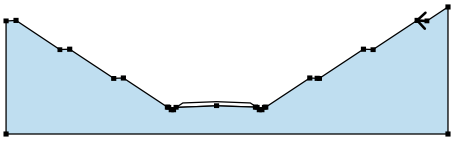
**Sable argileux intercalé de blocs**

Unit weight : $\gamma$ = 17,70 kN/m$^3$
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 30,90 °

Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 20,00 kPa

Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 17,70 kN/m3

## Assigning and surfaces

| No. | Surface position | Coordinates of surface points [m] | | | | Assigned soil |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 |  | 50,01 | 1,40 | 43,08 | 1,68 | PLATEFORME |
| | | 36,15 | 1,40 | 34,80 | 0,50 | |
| | | 43,08 | 0,83 | 51,06 | 0,51 |  |
| | | 51,36 | 0,50 | | | |
| 2 |  | 86,16 | 18,27 | 84,16 | 18,35 | Sable argileux intercalé de blocs |
| | | 75,16 | 12,35 | 73,16 | 12,43 | |
| | | 64,16 | 6,43 | 63,66 | 6,45 |  |
| | | 62,16 | 6,51 | 53,16 | 0,51 | |
| | | 52,86 | 0,50 | 52,36 | 0,00 | |
| | | 51,86 | 0,00 | 51,36 | 0,50 | |
| | | 51,06 | 0,51 | 43,08 | 0,83 | |
| | | 34,80 | 0,50 | 34,30 | 0,00 | |
| | | 33,80 | 0,00 | 33,30 | 0,50 | |
| | | 33,00 | 0,51 | 24,00 | 6,51 | |
| | | 22,00 | 6,43 | 13,00 | 12,43 | |
| | | 11,00 | 12,35 | 2,00 | 18,35 | |
| | | 0,00 | 18,27 | 0,00 | -5,00 | |
| | | 90,45 | -5,00 | 90,45 | 21,14 | |

## Surcharge

| No. | Type | Type of action | Location z [m] | Origin x [m] | Length l [m] | Width b [m] | Slope α [°] | Magnitude q, $q_1$, f, F | Magnitude $q_2$ | Magnitude unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | strip | permanent | on terrain | x = 35,00 | l = 16,00 | | 0,00 | 50,00 | | kN/m2 |

## Surcharges

| No. | Name |
|---|---|
| 1 | Charge ferroviaire |

### Water

Water type : No water

### Tensile crack

Tensile crack not input.

### Earthquake

Horizontal seismic coefficient : $K_h$ = 0,1250
Vertical seismic coefficient : $K_v$ = 0,0625

### Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

## Results (Stage of construction 1)

### Analysis 1 (stage 1)

**Circular slip surface**

| Slip surface parameters | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Center : | x = | 55,29 | [m] | Angles : | $\alpha_1$ = | -4,28 | [°] |
| | z = | 39,38 | [m] | | $\alpha_2$ = | 62,26 | [°] |
| Radius : | R = | 39,49 | [m] | | | | |
| The slip surface after optimization. | | | | | | | |

**Slope stability verification (Bishop)**

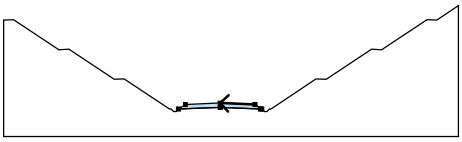
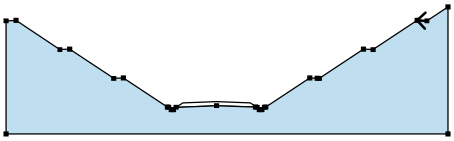
Sum of active forces : $F_a$ = 1776,38 kN/m
Sum of passive forces : $F_p$ = 2671,05 kN/m

Sliding moment : $M_a$ = 70149,09 kNm/m
Resisting moment : $M_p$ = 105479,71 kNm/m

Factor of safety = 1,50 > 1,50
**Slope stability ACCEPTABLE**

## Input data (Stage of construction 2)

### Assigning and surfaces

| No. | Surface position | Coordinates of surface points [m] | | | | Assigned |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | soil |
| 1 |  | 50,01 | 1,40 | 43,08 | 1,68 | PLATEFORME |
| | | 36,15 | 1,40 | 34,80 | 0,50 | |
| | | 43,08 | 0,83 | 51,06 | 0,51 |  |
| | | 51,36 | 0,50 | | | |
| 2 |  | 86,16 | 18,27 | 84,16 | 18,35 | Sable argileux intercalé de blocs |
| | | 75,16 | 12,35 | 73,16 | 12,43 | |
| | | 64,16 | 6,43 | 63,66 | 6,45 |  |
| | | 62,16 | 6,51 | 53,16 | 0,51 | |
| | | 52,86 | 0,50 | 52,36 | 0,00 | |
| | | 51,86 | 0,00 | 51,36 | 0,50 | |
| | | 51,06 | 0,51 | 43,08 | 0,83 | |
| | | 34,80 | 0,50 | 34,30 | 0,00 | |
| | | 33,80 | 0,00 | 33,30 | 0,50 | |
| | | 33,00 | 0,51 | 24,00 | 6,51 | |
| | | 22,00 | 6,43 | 13,00 | 12,43 | |
| | | 11,00 | 12,35 | 2,00 | 18,35 | |
| | | 0,00 | 18,27 | 0,00 | -5,00 | |
| | | 90,45 | -5,00 | 90,45 | 21,14 | |

### Surcharge

| No. | Surcharge | | Type | Type of action | Location | Origin | Length | Width | Slope | Magnitude | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | new | change | | | z [m] | x [m] | l [m] | b [m] | α [°] | q, $q_1$, f, F | $q_2$ | unit |
| 1 | No | No | strip | permanent | on terrain | x = 35,00 | l = 16,00 | | 0,00 | 50,00 | | kN/m² |

### Surcharges

| No. | Name |
|---|---|
| 1 | Charge ferroviaire |

### Water

Water type : No water

### Tensile crack

Tensile crack not input.

### Earthquake

Horizontal seismic coefficient : $K_h$ = 0,1250
Vertical seismic coefficient : $K_v$ = 0,0625

### Settings of the stage of construction

Design situation : seismic

## Results (Stage of construction 2)

### Analysis 1 (stage 2)

**Circular slip surface**

| Slip surface parameters | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Center : | x = | 55,42 | [m] | Angles : | $\alpha_1$ = | -4,48 | [°] |
| | z = | 39,15 | [m] | | $\alpha_2$ = | 62,48 | [°] |
| Radius : | R = | 39,27 | [m] | | | | |
| The slip surface after optimization. | | | | | | | |

**Slope stability verification (Bishop)**

Sum of active forces : $F_a$ = 1785,75 kN/m
Sum of passive forces : $F_p$ = 2685,07 kN/m

Sliding moment : $M_a$ = 70126,38 kNm/m
Resisting moment : $M_p$ = 105442,53 kNm/m

Factor of safety = 1,50 > 1,00
**Slope stability ACCEPTABLE**

# Conclusion

Les terrassements et ouvrages constituent le socle structurel de tout projet ferroviaire. La qualité de leur conception et de leur réalisation conditionne directement la stabilité, la sécurité et la durée de vie de l'infrastructure.

L'ensemble des dispositions présentées dans ce chapitre — choix des pentes de talus (2H/1V en remblai et 3H/2V en déblai), bermes de 2 m de largeur à 2 % de pente, protection des remblais en zones sensibles, surveillance géotechnique par piézomètres, classification GTR et réutilisation des matériaux — s'inscrit dans une démarche rigoureuse d'ingénierie adaptée aux spécificités du tracé PK 35+000 – PK 45+000.

La prise en compte des risques géotechniques identifiés (zones inondables avec LA + MDE ≤ 80, zones humides traitées par géotextile + couche filtrante ≥ 30 cm, cavités souterraines, agressivité chimique modérée par sulfates) permet d'anticiper les désordres potentiels et d'adopter des mesures préventives adaptées.

La gestion optimisée des déblais, avec réutilisation des matériaux des classes A1, A2, R23 et R43 conformément au GTR (R34 exclu à ce stade), contribue à réduire l'impact environnemental et économique du chantier.

Enfin, le choix raisonné des ouvrages de croisement route–rail (passages supérieurs privilégiés pour V > 100 km/h, passages à niveau réservés aux chemins ruraux à vitesse réduite) garantit la continuité des flux de circulation tout en maintenant le niveau de sécurité requis pour une infrastructure ferroviaire à vocation nationale.

# CHAPITRE XI

✦ ✦ ✦

# CONCEPTION DE LA GARE DE DÉPASSEMENT

# XI.1 Introduction

La gare ferroviaire est bien plus qu'un simple nœud d'infrastructure : elle constitue le pivot autour duquel s'organise toute l'exploitation d'une ligne. Dans le cadre du dédoublement de la ligne minière Est, sur le tronçon PK 35+000 – PK 45+000, la gestion d'un trafic mixte — voyageurs et marchandises — impose une contrainte d'exploitation forte : permettre à deux trains de circuler en sens opposés, ou de se dépasser, sur une même section de ligne.

Pour répondre à ce besoin, une gare de dépassement et de croisement a été conçue et intégrée au profil de l'axe retenu. Sa conception s'appuie sur les prescriptions de la SNTF (Société Nationale des Transports Ferroviaires) et sur les fiches techniques de l'Union Internationale des Chemins de Fer (UIC), de manière à satisfaire simultanément les exigences géométriques, fonctionnelles et de sécurité propres à ce type d'ouvrage.

Ce chapitre présente l'ensemble des éléments qui ont guidé cette conception : la typologie des gares ferroviaires, les critères de localisation et de plan de masse, les caractéristiques géométriques et techniques retenues, puis une synthèse récapitulative des paramètres dimensionnants.

# XI.2 Typologie des Gares Ferroviaires

Le réseau ferroviaire se compose de plusieurs catégories de gares, chacune ayant une vocation propre selon le trafic traité, la position géographique et les fonctions opérationnelles assurées. On distingue principalement :

- **Gares de voyageurs :** destinées à l'accueil et à l'embarquement des passagers, elles sont généralement implantées dans les centres urbains ou les zones de forte densité. Leur conception privilégie les espaces d'accueil, les quais et les services aux voyageurs.
- **Gares de marchandises :** spécialisées dans le traitement du fret, elles disposent d'équipements dédiés : zones de manutention, voies de chargement et de déchargement, aires de stockage des wagons.
- **Gares mixtes :** elles cumulent les deux fonctions précédentes, avec à la fois des quais voyageurs et des infrastructures de fret. Leur dimensionnement doit tenir compte des contraintes propres à chacun des deux trafics.
- **Gares de croisement et de dépassement :** implantées en des points stratégiques d'une ligne à voie unique ou en cours de dédoublement, elles permettent à deux trains de se croiser ou de se dépasser grâce à des voies supplémentaires et aux appareils de voie associés. Ce sont elles qui font l'objet du présent chapitre.

Sur le tronçon PK 35+000 – PK 45+000, la configuration de la ligne — voie unique existante en cours de dédoublement — impose la création d'une gare de croisement et de dépassement pour répondre aux besoins d'exploitation entre trains de voyageurs et convois de marchandises. C'est cette infrastructure qui fait l'objet de l'étude de conception qui suit.

# XI.3 Étude du Plan de Masse de la Gare

L'établissement du plan de masse est une étape fondatrice qui conditionne l'ensemble des choix techniques ultérieurs. Trois facteurs interdépendants en constituent la base :

- **Catégories de voies :** chaque voie d'une gare possède une fonction précise — voie principale, voie de service, voie de dépassement, voie de garage. La catégorie d'une voie détermine ses caractéristiques géométriques (rayon, dévers) et les appareils de voie qui lui sont associés.
- **Trafic ferroviaire :** l'analyse quantitative et qualitative du trafic attendu — fréquence des circulations, longueur des trains, nature du fret et des services voyageurs — conditionne directement le nombre de voies nécessaires et la longueur utile de la gare.
- **Emplacement géographique :** la position de la gare sur l'axe influe sur sa fonction dominante. Elle est par ailleurs contrainte par la topographie locale, le bâti riverain et les exigences du plan de transport général.

Dans le cas présent, les trois paramètres convergent vers une même conclusion : la gare doit être implantée sur une section de terrain à déclivité nulle, suffisamment longue pour accueillir des convois mixtes, et positionnée de façon à optimiser la régulation du trafic sur l'ensemble du tronçon.

# XI.4 Conditions de Conception de la Gare de Dépassement

La conception d'une gare de dépassement obéit à un ensemble de conditions techniques et d'exploitation, qui ont guidé toutes les décisions prises dans ce projet :

- **Déclivité nulle :** la gare doit impérativement être localisée sur une section à déclivité nulle, ou très faible, afin d'écarter tout risque de mouvement intempestif des véhicules à l'arrêt.
- **Longueur de la section d'implantation :** la section plate doit être assez longue pour recevoir la gare elle-même (voies utiles) ainsi que les zones de transition avec les appareils de voie aux deux extrémités.
- **Continuité du tracé :** l'implantation doit s'intégrer de manière cohérente dans le profil en long général, sans créer de discontinuité géométrique préjudiciable au confort de marche ou aux vitesses de circulation.
- **Compatibilité géotechnique :** les conditions géologiques et géotechniques du site doivent être compatibles avec les charges transmises par une infrastructure à quatre voies et par les ouvrages de drainage associés.
- **Redondance et sécurité d'exploitation :** la gare doit pouvoir fonctionner indépendamment dans chaque sens de circulation, avec possibilité de basculement d'une voie à l'autre grâce aux chapeaux de gendarmes, notamment en cas d'indisponibilité temporaire d'une voie principale.

# XI.5 Localisation et Implantation de la Gare

La gare de dépassement est implantée sur une section à déclivité nulle (0 ‰), offrant des conditions géométriques optimales pour l'exploitation ferroviaire. Ses caractéristiques d'implantation sont les suivantes :

- **PK de début de gare :** 39+370.
- **PK de fin de gare :** 40+370.
- **Longueur totale (gare + ADV de croisement) :** 1 301 m.
- **Longueur utile :** 1 000 m, adaptée au trafic mixte et permettant le stationnement comme le dépassement des trains de marchandises et de voyageurs.

Cette implantation sur palier plat garantit la stabilité des circulations ainsi que la sécurité des manœuvres de croisement et de dépassement.

## XI.5.1 Appareils de Voie

La conception de la gare repose sur des appareils de voie conformes aux normes SNTF et UIC :

- **ADV 1/9 — R = 300 m — UIC 60 :** utilisés pour les voies de dépassement.
- **ADV 1/12 — R = 500 m — UIC 60 :** utilisés pour les croisements entre voies principales, où ils assurent une meilleure fluidité et une sécurité accrue de l'exploitation.

Les coordonnées d'implantation des appareils de voie (projection UTM Zone 32N, WGS 84) sont récapitulées ci-dessous.

| Appareil de voie | X (m) | Y (m) |
|---|---|---|
| **ADV 1/12** | 405 405,9026 | 3 999 340,4989 |
| **ADV 1/12** | 405 360,7310 | 3 999 317,7639 |
| **ADV 1/12** | 404 284,5003 | 3 998 888,5077 |
| **ADV 1/12** | 404 239,3242 | 3 998 865,7708 |
| **ADV 1/9** | 405 302,8440 | 3 999 294,4322 |
| **ADV 1/9** | 405 301,1685 | 3 999 298,2849 |
| **ADV 1/9** | 404 342,3879 | 3 998 911,8399 |
| **ADV 1/9** | 404 343,9581 | 3 998 907,9444 |

***Tableau XI.1 — Coordonnées d'implantation des appareils de voie de la gare (UTM Zone 32N — WGS 84)***

### XI.5.2 Fonctionnalité et Exploitation

La longueur utile de 1 000 m autorise le dépassement de trains longs dans un contexte de trafic mixte (voyageurs et marchandises). Les zones d'entrée et de sortie — triangles d'aiguilles, chapeaux de gendarmes et garages francs — s'inscrivent dans les 301 m restants, ce qui garantit une transition fluide et conforme aux normes.

La combinaison des appareils 1/9 et 1/12 assure une exploitation souple : les ADV 1/9 facilitent les manœuvres internes à la gare, tandis que les ADV 1/12 assurent la continuité et la sécurité des croisements sur les voies principales. Implantée entre les PK 39+370 et 40+370, la gare constitue ainsi un ouvrage stratégique de la ligne minière Est : reposant sur un palier à déclivité nulle et sur des appareils de voie normalisés, elle garantit la sécurité des circulations, la fluidité des opérations de croisement et de dépassement, ainsi que l'adaptabilité au trafic mixte.

## XI.6 Description Générale de la Gare de Dépassement

La gare de dépassement et de croisement conçue est une infrastructure à quatre voies, dimensionnée pour accueillir simultanément des trains de voyageurs (V = 120 km/h) et des convois de marchandises (V = 80 km/h), conformément aux objectifs du dédoublement de la ligne minière Est.

### XI.6.1 Organisation des Voies

La gare se compose de quatre voies parallèles, organisées de la manière suivante :

- **Voie 1 — voie principale aller :** voie principale dans le sens Bouchegouf → Dréa, assurant la circulation continue des trains dans ce sens.
- **Voie 2 — voie principale retour :** voie principale dans le sens Dréa → Bouchegouf, symétrique de la voie 1.
- **Voie 3 — voie de dépassement :** associée à la voie 1, elle permet le stationnement temporaire d'un convoi pour autoriser le croisement ou le dépassement. Elle est raccordée à ses deux extrémités par des appareils de voie.
- **Voie 4 — voie de dépassement :** associée à la voie 2, symétrique de la voie 3.

### XI.6.2 Chapeaux de Gendarmes

Une caractéristique notable de cette conception réside dans l'ajout de chapeaux de gendarmes — communications transversales — aux deux extrémités de la gare. Ce dispositif relie les voies 1 et 2 indépendamment des voies 3 et 4 : il devient ainsi possible de faire passer un train d'une voie principale à l'autre en cas d'indisponibilité de l'une d'elles (travaux, incident, maintenance). Cette redondance fonctionnelle apporte un gain notable de fiabilité à l'exploitation de la gare.

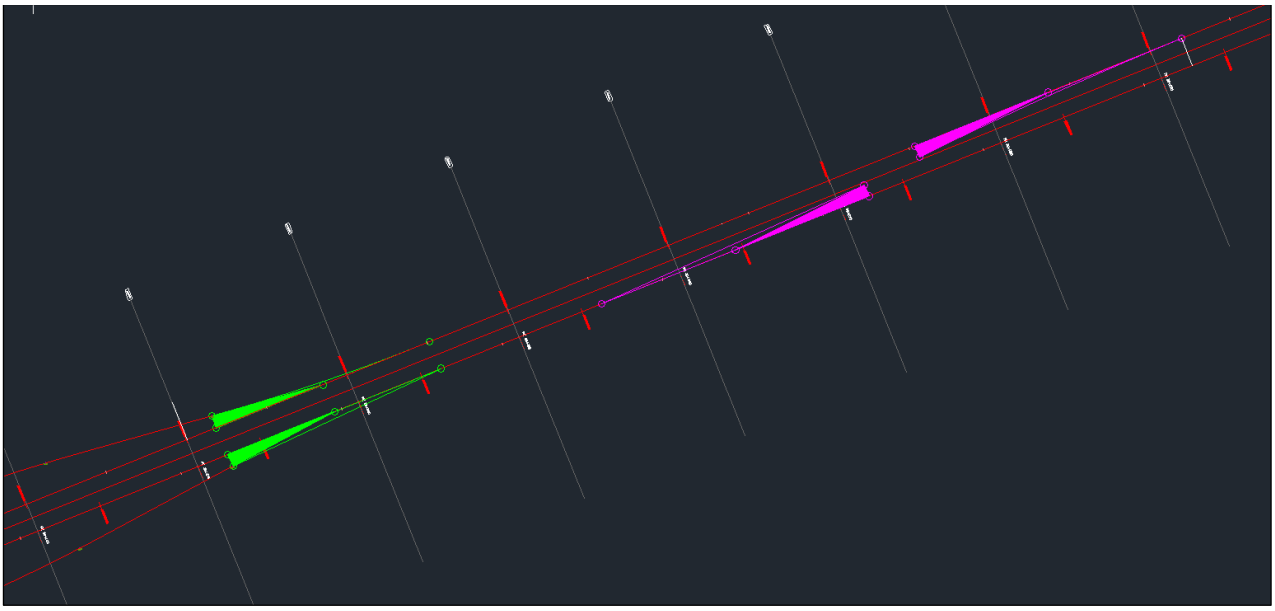


*Figure XI.1 — Tracé en plan Civil 3D : vue d'ensemble de la gare de dépassement, avec les deux axes principaux, l'axe de plateforme et les appareils de voie ADV 1/9 et ADV 1/12*

# XI.7 Caractéristiques Techniques de la Gare

## XI.7.1 Déclivité

La règle fondamentale en matière de conception de gares ferroviaires consiste à implanter les voies de stationnement sur une section à déclivité nulle, ou aussi proche que possible de zéro. Cette exigence vise à prévenir tout mouvement spontané du matériel roulant immobilisé sous l'effet de la gravité — risque majeur pour la sécurité, en particulier en cas de défaillance du frein de stationnement.

Conformément à cette prescription, la gare de dépassement a été intégrée dans une section du profil en long présentant une déclivité de 0 ‰ sur toute sa longueur d'implantation. Cette valeur est rigoureusement respectée pour l'ensemble des voies de la gare.

## XI.7.2 Appareils de Voie

Les appareils de voie constituent les organes actifs de la gare. Ils assurent le guidage des essieux lors du passage d'une voie à une autre, garantissant la continuité du roulement et la sécurité de la circulation. Un appareil de voie classique se compose de trois sous-ensembles :

- **L'aiguillage :** ensemble de lames orientables qui dirigent le train vers la voie directe ou vers la voie déviée.
- **La partie intermédiaire :** section de raccordement reliant l'aiguillage à la partie centrale et assurant la transition géométrique.
- **Le cœur de croisement :** zone d'intersection des deux files de rails, où s'opère le croisement effectif des voies.

La famille des appareils de voie comprend les branchements simples, les traversées droites et les traversées-jonctions, simples (TJS) ou doubles (TJD) — ces dernières permettant de réaliser les chapeaux de gendarmes. Deux types d'appareils ont été retenus pour la gare :

- **ADV UIC 60 — R = 300 m — tangente 1/9 :** destinés aux voies de dépassement et aux manœuvres internes de la gare. Leur compacité (environ 33 m de longueur) réduit l'emprise des zones d'appareils.
- **ADV UIC 60 — R = 500 m — tangente 1/12 :** destinés aux croisements entre voies principales, où ils autorisent une vitesse de franchissement en voie déviée plus élevée.

Ces appareils sont parfaitement adaptés aux vitesses de service pratiquées en gare et conformes aux prescriptions UIC pour les lignes mixtes voyageurs / marchandises.

## XI.7.3 Garage Franc

Le garage franc (GF) désigne la distance de sécurité mesurée depuis la pointe du cœur d'un aiguillage jusqu'à la position au-delà de laquelle un véhicule stationné n'empiète plus sur l'espace de sécurité de la voie adjacente. Cette distance, imposée par le gabarit de sécurité, constitue une contrainte dimensionnante pour l'organisation interne de la gare. Sa formule de calcul, issue des prescriptions UIC, est la suivante :

$$\mathbf{GF = 3{,}57 \times N + 1{,}00}$$

où N = 1 / tan(α) représente l'inverse de la tangente de l'angle d'aiguille de l'appareil de voie. Pour l'ADV de tangente 1/9, on a N = 9, d'où :

$$\mathbf{GF = 3{,}57 \times 9 + 1{,}00 = 33{,}13\ m}$$

## XI.7.4 Longueur Utile

La longueur utile d'une voie de gare correspond à la portion de voie effectivement disponible pour le stationnement d'un train complet (engin moteur inclus), délimitée à chaque extrémité par les garages francs des appareils de voie. Elle constitue le dimensionnement opérationnel fondamental de la gare. Les longueurs utiles minimales prescrites par la SNTF pour ce type de gare mixte sont les suivantes :

- **Trains de voyageurs :** longueur utile minimale de 426 m.
- **Trains de marchandises :** longueur utile minimale de 870 m (voie principale et voie de service).

La gare a été volontairement dimensionnée avec une longueur utile de 1 000 m pour l'ensemble de ses voies de dépassement. Ce choix, légèrement supérieur au minimum réglementaire, offre une souplesse d'exploitation permettant d'accueillir indifféremment des trains de voyageurs ou des convois lourds de marchandises (minerai, phosphate), dans le respect des normes de sécurité.

## XI.7.5 Entraxes entre Voies

L'entraxe entre deux voies parallèles est régi par les gabarits de sécurité du matériel roulant et par les prescriptions UIC. Les valeurs retenues pour la gare de dépassement sont les suivantes :

- **Voies principales :** entraxe de 4,20 m entre les voies 1 et 2.
- **Voie principale / voie de dépassement :** entraxe de 5,80 m entre chaque voie principale et sa voie de dépassement adjacente (voies 1/3 et 2/4).

### XI.7.7 Assainissement Longitudinal

La gestion des eaux pluviales au niveau de la plateforme de la gare est assurée par un système d'assainissement longitudinal, composé de fossés ou de caniveaux disposés de part et d'autre des voies. Ces ouvrages collectent les eaux de ruissellement traversant le ballast et la plateforme, puis les acheminent vers des regards d'inspection reliés au réseau général d'évacuation.

Afin de garantir un écoulement gravitaire efficace, une pente longitudinale minimale de 4 ‰ est appliquée aux ouvrages d'assainissement, alors même que la déclivité de la voie est nulle. Cette disposition est conforme aux prescriptions techniques de la SNTF pour les gares en section plane.

## XI.8 Tableau Récapitulatif des Caractéristiques de la Gare

***Tableau XI.2 — Synthèse des caractéristiques techniques de la gare de dépassement***

| Paramètre | Valeur retenue | Référence / Norme |
|---|---|---|
| **Type de gare** | Gare de dépassement et de croisement | SNTF — UIC |
| **Localisation** | PK 39+370 à PK 40+370 | Profil en long, axe APD |
| **Longueur d'implantation** | 1 301 m | Profil en long (section 0 ‰) |
| **Déclivité** | 0 ‰ | SNTF / UIC 719 R |
| **Nombre de voies** | 4 (2 principales + 2 dépassement) | Plan de masse |
| **Longueur utile** | 1 000 m | SNTF (min. 870 m marchandises) |
| **Trafic admis** | Mixte : voyageurs 120 km/h, marchandises 80 km/h | SNTF |
| **Entraxe voies principales (V1/V2)** | 4,20 m | Gabarit UIC |
| **Entraxe voie principale / dépassement** | 5,80 m | Gabarit UIC |
| **Type d'ADV (dépassement)** | UIC 60 — R = 300 m — tangente 1/9 | UIC / SNTF |
| **Type d'ADV (croisement)** | UIC 60 — R = 500 m — tangente 1/12 | UIC / SNTF |
| **Garage franc (GF)** | 33,13 m (= 3,57 × 9 + 1) | Formule UIC |
| **Chapeaux de gendarmes** | Oui — aux deux extrémités | Sécurité d'exploitation |
| **Pente du drainage longitudinal** | 4 ‰ (fossés) | SNTF |

*Tableau XI.3 — Organisation et caractéristiques des quatre voies de la gare*

| Voie | Désignation | Fonction | L. utile | Vitesse |
|---|---|---|---|---|
| **Voie 1** | Voie principale aller | Circulation directe Bouchegouf → Dréa | 1 000 m | 120 km/h |
| **Voie 2** | Voie principale retour | Circulation directe Dréa → Bouchegouf | 1 000 m | 120 km/h |
| **Voie 3** | Voie de dépassement | Croisement / dépassement (sens aller) | 1 000 m | 80 km/h |
| **Voie 4** | Voie de dépassement | Croisement / dépassement (sens retour) | 1 000 m | 80 km/h |

# Conclusion

La gare de dépassement et de croisement conçue dans le cadre de ce projet apporte une réponse technique adaptée aux exigences d'exploitation d'une ligne ferroviaire mixte à fort trafic. Implantée sur une section à déclivité strictement nulle, dotée d'une longueur utile de 1 000 m et organisée en quatre voies, elle offre une capacité d'accueil supérieure aux minimums réglementaires et, par là même, une marge de sécurité opérationnelle appréciable.

L'intégration de chapeaux de gendarmes aux deux extrémités renforce la robustesse de la gare face aux aléas d'exploitation, puisqu'elle autorise le basculement d'une voie principale vers l'autre sans interruption totale du service. Ce dispositif, conforme aux bonnes pratiques ferroviaires, représente un apport qualitatif significatif par rapport à une gare de dépassement classique.

L'ensemble des paramètres dimensionnants — appareils de voie UIC 60 (R = 300 m tangente 1/9 et R = 500 m tangente 1/12), garage franc de 33,13 m, entraxes de 4,20 m et 5,80 m — respecte les prescriptions techniques de la SNTF et de l'UIC, garantissant la sécurité et la pérennité de l'infrastructure projetée.

# CHAPITRE XII

✦ ✦ ✦

# SIGNALISATION FERROVIAIRE

# XII.1 Introduction

La signalisation ferroviaire constitue l'un des piliers fondamentaux de la sécurité, de la régularité et de l'efficacité opérationnelle d'un réseau ferroviaire. Dans le cadre du développement et de la modernisation du réseau algérien, la SNTF a engagé depuis le début des années 2010 un vaste programme de mise à niveau de ses systèmes de signalisation, visant à remplacer progressivement les installations historiques (signalisation mécanique, blocs manuels) par des solutions modernes intégrant cantonnement automatique et commande embarquée.

Sur la ligne minière Est et plus particulièrement sur le tronçon Bouchegouf–Souk-Ahras–Dréa (PK 35+000 → PK 45+000), la question de la signalisation revêt une importance toute particulière en raison de la nature mixte du trafic. La cohabitation de convois lourds de marchandises (jusqu'à 2 400 t brutes, V_max = 80 km/h) et de trains de voyageurs (V_max = 120 km/h) impose un système capable d'assurer simultanément la sécurité absolue des circulations et l'optimisation des sillons disponibles. Le présent chapitre détaille les choix retenus en matière de signalisation, ainsi que leur justification technique.

# XII.2 Rôle et Objectifs de la Signalisation

La signalisation ferroviaire remplit quatre fonctions essentielles, indissociables et hiérarchisées :

- **Sécurité des circulations :** la fonction première de la signalisation est de prévenir tout risque de collision frontale, de rattrapage entre trains ou de déraillement par franchissement intempestif d'aiguillage. Elle constitue la dernière barrière de protection contre les erreurs humaines ou techniques.
- **Régulation du trafic :** sur une ligne dédoublée comme celle du présent projet, la signalisation organise la chronologie d'occupation des cantons, autorise les croisements et dépassements en gare, et arbitre les priorités entre trains voyageurs et marchandises selon les règles d'exploitation.
- **Communication poste de commande ↔ trains :** les systèmes modernes (GSM-R / ERTMS) assurent une transmission bidirectionnelle d'informations entre le centre de contrôle et chaque train, permettant une supervision continue et une réactivité immédiate face aux incidents.
- **Optimisation de la capacité :** en réduisant les marges de sécurité tout en garantissant l'intégrité, les systèmes modernes augmentent le débit de la ligne, diminuent les temps d'attente en gare et améliorent l'efficacité globale de l'exploitation.

# XII.3 Typologie des Signaux

Les signaux ferroviaires forment un langage codé, dont chaque combinaison de couleur, forme et clignotement transmet une information précise au conducteur. La nomenclature en vigueur sur le réseau SNTF distingue plusieurs grandes catégories de signaux, dont les principaux sont présentés ci-dessous.

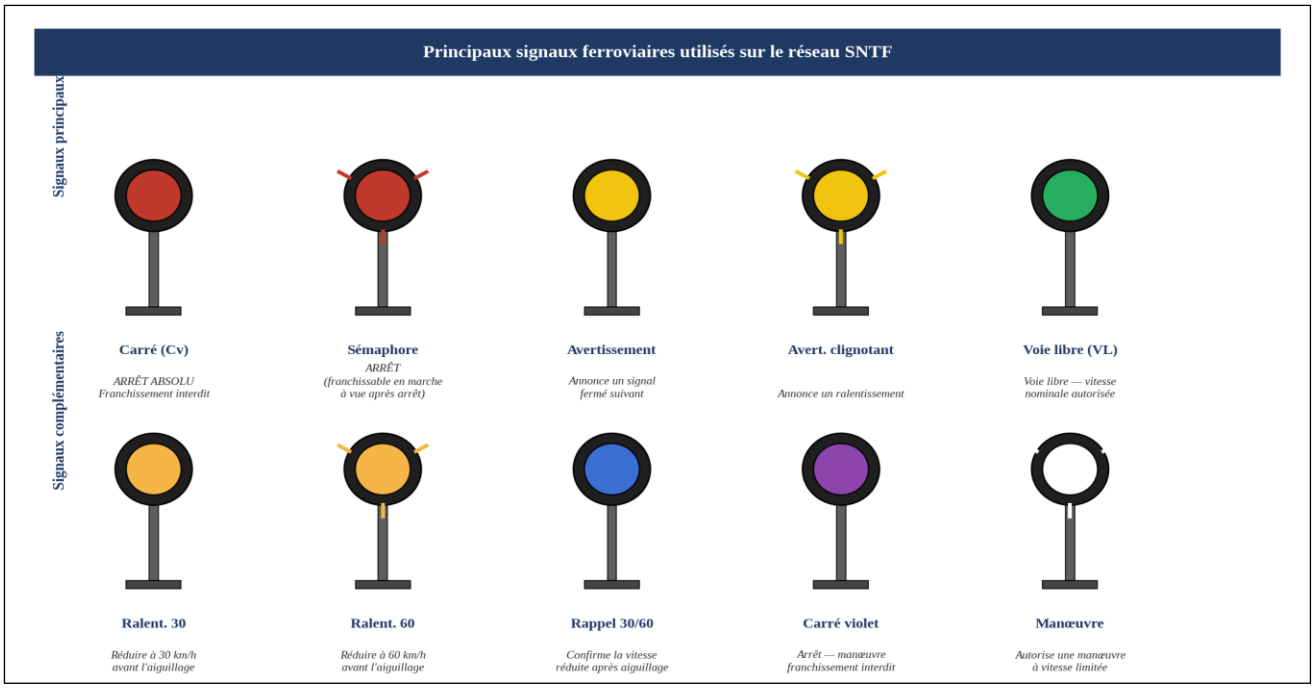



***Figure XII.1 — Principaux signaux ferroviaires utilisés sur le réseau SNTF — Signaux principaux (rangée du haut) et signaux complémentaires (rangée du bas)***

***Tableau XII.1 — Synthèse des principaux signaux ferroviaires***

| Signal | Aspect | Signification | Application au projet |
|---|---|---|---|
| Carré (Cv) | Rouge fixe | Arrêt absolu — franchissement interdit | Protection aiguillages gare |
| Sémaphore | Rouge clignotant | Arrêt — franchissable en marche à vue après arrêt | Cantons BAL fermés |
| Avertissement | Jaune fixe | Annonce un signal fermé suivant | Pré-annonce sémaphore / carré |
| Avert. clignotant | Jaune clignotant | Annonce un ralentissement | Approche de zone à 30 ou 60 |
| Voie libre (VL) | Vert fixe | Voie libre — vitesse nominale autorisée | Canton suivant et au-delà libres |
| Ralentissement 30 | Jaune + œilleton | Réduire vitesse à 30 km/h avant aiguillage | Aiguilles UIC 60-300-1/9 |
| Ralentissement 60 | Jaune + œilleton | Réduire vitesse à 60 km/h avant aiguillage | Aiguilles UIC 60-500-1/12 |

| Signal | Aspect | Signification | Application au projet |
|---|---|---|---|
| Rappel 30 / 60 | Bleu fixe | Confirme vitesse réduite après l'aiguillage | Sortie d'aiguillage |
| Carré violet | Violet fixe | Arrêt manœuvre — franchissement interdit | Voies de service |
| Feu blanc clignotant | Blanc clignotant | Autorise manœuvre à vitesse limitée | Zones de manœuvre gare |

# XII.4 Implantation Longitudinale et Visibilité

L'implantation des signaux le long du tracé répond à des règles strictes qui garantissent au conducteur le temps et la distance nécessaires pour réagir aux informations transmises. Ces règles, codifiées par la fiche UIC 734 et reprises par les prescriptions SNTF, s'appuient sur les principes suivants :

- **Distance d'annonce :** distance minimale séparant un signal d'avertissement du signal principal qu'il annonce. Cette distance est calculée pour permettre l'arrêt du train le plus exigeant (train de marchandises chargé, V = 80 km/h) avant le signal fermé, en tenant compte du profil en long et des conditions d'adhérence. Pour le présent projet, la distance d'annonce minimale retenue est de 1 200 m en alignement, portée à 1 500 m en zone descendante.
- **Hauteur et orientation des mâts :** les signaux sont implantés à hauteur d'œil du conducteur (entre 1,80 et 4,50 m au-dessus du plan de roulement) et orientés perpendiculairement à l'axe de la voie pour une lisibilité optimale.
- **Conditions de visibilité :** le signal doit être visible au conducteur sur au moins 200 m de jour et 150 m de nuit, en toute condition météorologique (pluie, brouillard léger). Les courbes serrées et les zones boisées font l'objet de prescriptions particulières (signaux répétés, lampes haute intensité).
- **Implantation latérale :** les signaux sont placés à gauche de la voie circulée (côté conducteur en cabine), à une distance latérale comprise entre 2,80 et 4,00 m de l'axe de la voie, respectant le gabarit cinématique du matériel roulant.

# XII.5 Principe du Cantonnement

Le cantonnement constitue le principe fondamental de protection contre les rattrapages et les collisions sur les voies ferrées modernes. Son fonctionnement repose sur une règle simple et inviolable : un seul train peut occuper un canton à la fois.

## XII.5.1 Définition du Canton

Un canton est un tronçon de voie compris entre deux signaux successifs, dont l'occupation est détectée automatiquement par circuit de voie ou par compteurs d'essieux. Chaque canton est protégé à son entrée par un signal qui ne peut être ouvert (vert) que si le canton lui-même et au moins le canton suivant sont libres. Cette double condition de libération assure une marge de sécurité indispensable au respect des distances de freinage.

### XII.5.2 Fonctionnement

Le mécanisme de protection par cantonnement automatique s'articule autour de trois états successifs des signaux, illustrés sur la figure suivante :

- **Signal VERT (Voie Libre) :** le canton protégé et le canton suivant sont libres. Le train peut circuler à la vitesse nominale.
- **Signal JAUNE (Avertissement) :** le canton protégé est libre mais le canton suivant est occupé. Le train doit ralentir pour pouvoir s'arrêter au signal rouge suivant.
- **Signal ROUGE (Sémaphore/Carré) :** le canton protégé est occupé par un autre train. Tout franchissement est interdit jusqu'à libération complète.

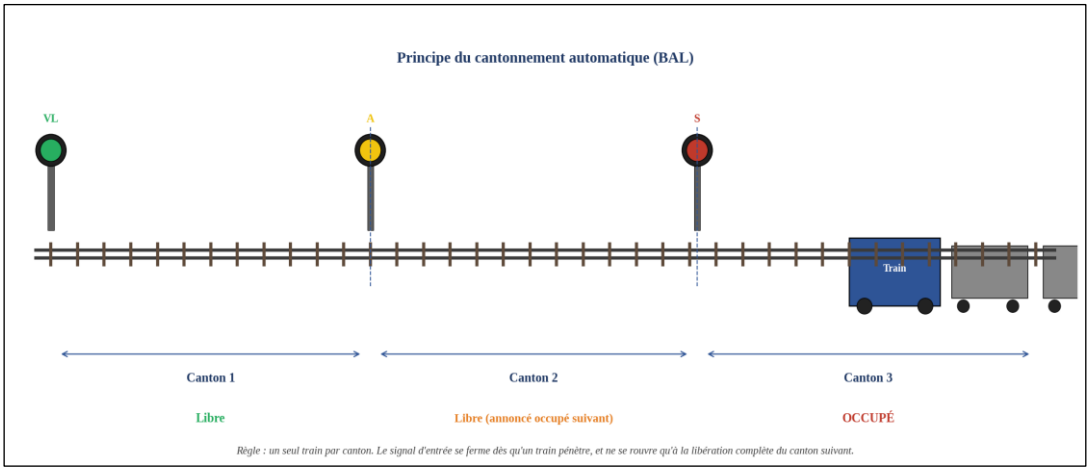



***Figure XII.2 — Principe du cantonnement automatique (BAL) — Succession de trois cantons avec signaux de protection : vert (VL), jaune (annonce), rouge (sémaphore) protégeant le train situé dans le canton 3***

## XII.6 Types de Blocs Utilisés sur le Réseau Ferroviaire

L'évolution historique des systèmes de cantonnement a conduit à trois grandes catégories de blocs, qui coexistent encore sur le réseau ferroviaire algérien selon la nature et le niveau de modernisation des lignes :

***Tableau XII.2 — Comparaison des principaux types de blocs ferroviaires***

| Type | Description | Usage | Sécurité | Projet ? |
|---|---|---|---|---|
| BM | Bloc manuel — commande par agent | Lignes peu fréquentées, voies de service | Faible | Non |
| BAPR | Bloc automatique à permissivité limitée | Lignes moyennement fréquentées (régionales) | Moyen | Non |
| BAL | Bloc Automatique Lumineux — signaux complets | Lignes très fréquentées, grands axes | Élevé | Retenu |

- **Bloc Manuel (BM) :** système historique où l'autorisation de circulation est délivrée manuellement par les agents de service. Sa fiabilité dépend directement de la rigueur des

opérateurs et il ne convient plus aux exigences de débit et de sécurité des lignes modernes à fort trafic.

- **Bloc Automatique à Permissivité Limitée (BAPR) :** système semi-automatique conçu comme transition entre le bloc manuel et le BAL complet. Il offre une régulation automatisée des cantons mais avec une simplification des signaux.
- **Bloc Automatique Lumineux (BAL) :** système entièrement automatique avec circuits de voie continus et signaux à trois aspects (vert/jaune/rouge). Il représente la solution de référence pour les lignes principales à fort trafic.

→ **Choix retenu pour le projet :** Bloc Automatique Lumineux (BAL) complété par l'ERTMS niveau 2 sur GSM-R.

# XII.7 Système Moderne ERTMS

L'European Rail Traffic Management System (ERTMS) constitue le standard européen de signalisation ferroviaire moderne, conçu pour l'interopérabilité des réseaux et la généralisation de la sécurité fonctionnelle. Il se décline en trois niveaux successifs, qui correspondent à des degrés croissants d'automatisation et de communication.

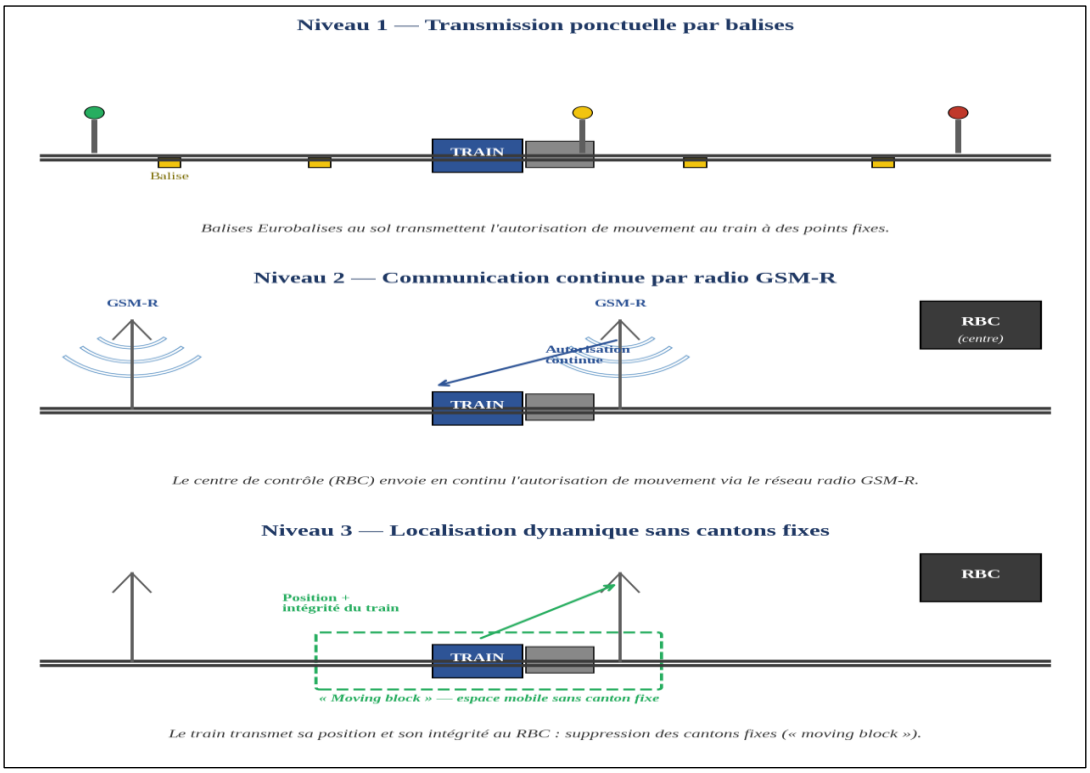



***Figure XII.3 — Les trois niveaux de l'ERTMS — Niveau 1 (transmission ponctuelle par balises), Niveau 2 (communication continue par GSM-R) et Niveau 3 (localisation dynamique en « moving block »)***

## XII.7.1 ERTMS Niveau 1 — Transmission Ponctuelle

Le niveau 1 repose sur la transmission ponctuelle d'informations au train via des balises (Eurobalises) implantées au sol entre les rails. À chaque passage du train au-dessus d'une balise, celle-ci délivre par induction électromagnétique l'autorisation de mouvement, la vitesse autorisée et les caractéristiques du

segment à parcourir. Les signaux latéraux classiques restent en service comme couche de redondance. Ce niveau constitue le point d'entrée dans le standard ERTMS, particulièrement adapté à la modernisation progressive des lignes existantes.

### XII.7.2 ERTMS Niveau 2 — Communication Continue GSM-R

Le niveau 2 marque une rupture majeure : la transmission ponctuelle par balises est complétée par une communication continue bidirectionnelle entre le train et le Radio Block Centre (RBC) via le réseau radio GSM-R (Global System for Mobile Communications — Railway). Le RBC envoie en temps réel l'autorisation de mouvement (Movement Authority), tandis que le train confirme régulièrement sa position et sa vitesse. Les signaux latéraux peuvent être supprimés sur les lignes neuves, ce qui réduit significativement les coûts d'investissement et d'entretien.

### XII.7.3 ERTMS Niveau 3 — Localisation Dynamique

Le niveau 3 constitue l'évolution la plus avancée du système, où la notion même de canton fixe disparaît au profit d'un « moving block ». Le train transmet en continu sa position et son intégrité (longueur effective vérifiée par capteurs embarqués), et le RBC alloue dynamiquement à chaque train un espace de sécurité mobile. Ce niveau optimise au maximum la capacité de la ligne mais exige un matériel roulant entièrement équipé et certifié. Il n'est aujourd'hui pleinement déployé que sur quelques lignes pilotes en Europe.

***Tableau XII.3 — Comparaison synthétique des trois niveaux ERTMS***

| Niveau | Principe | Avantages | Limitations |
|---|---|---|---|
| Niveau 1 | Balises ponctuelles | Compatible avec signaux latéraux existants — modernisation progressive | Information non continue — limitations de débit |
| Niveau 2 | Communication continue GSM-R | Suppression possible signaux latéraux — interopérabilité — débit accru | Investissement initial supérieur — couverture radio requise |
| Niveau 3 | Moving block dynamique | Capacité maximale — espacement optimisé | Matériel roulant entièrement certifié — déploiement très limité |

## XII.8 Application au Projet

Pour le projet de dédoublement de la ligne minière Est sur le tronçon PK 35+000 – PK 45+000, le choix retenu en matière de signalisation est l'association du Bloc Automatique Lumineux (BAL) et de l'ERTMS niveau 2 sur GSM-R. Cette double couche de protection répond aux exigences spécifiques du projet et offre les avantages opérationnels suivants :

*Tableau XII.4 — Architecture de signalisation retenue pour le projet*

| Élément | Spécification retenue |
|---|---|
| Type de signalisation principale | Bloc Automatique Lumineux (BAL) à 3 aspects (V/J/R) |
| Système de commande embarquée | ERTMS niveau 2 — Movement Authority continue |
| Réseau de communication | GSM-R — couverture totale du tronçon |
| Espacement moyen des cantons BAL | 1,5 à 2,5 km selon profil en long |
| Centre de supervision | Poste de Commande Centralisé (PCC) régional |
| Centre de contrôle radio | Radio Block Centre (RBC) intégré au PCC |
| Couverture | Intégrale sur PK 35+000 → PK 45+000 + gare |
| Vitesse maximale signalée | 120 km/h (voyageurs) / 80 km/h (marchandises) |
| Standard parasismique | Équipements certifiés Zone I (RPA 2024) |
| Redondance d'alimentation | Double alimentation 230 V + onduleurs UPS |

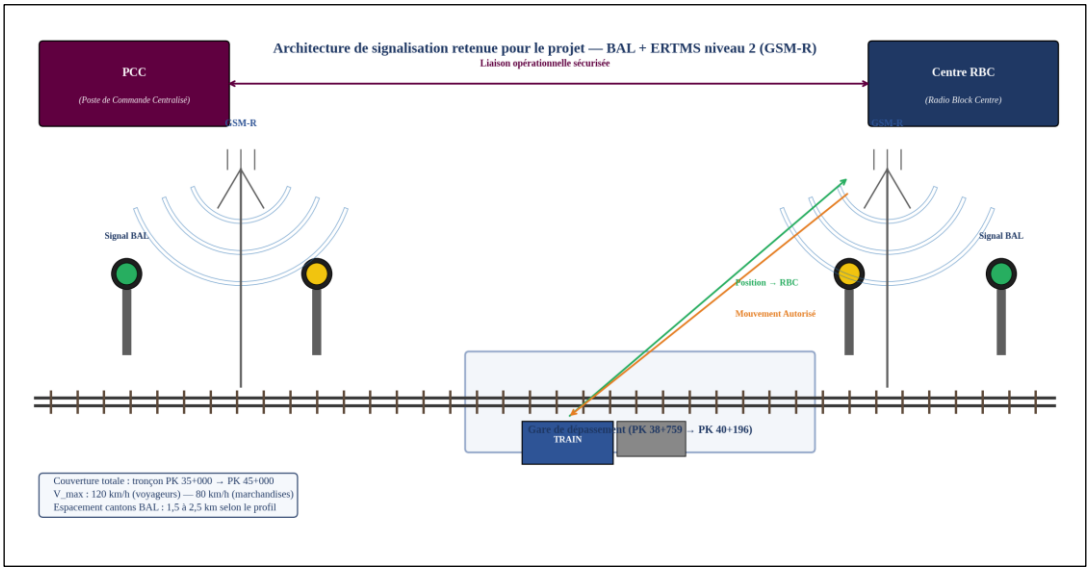



*Figure XII.4 — Architecture de signalisation retenue pour le projet — Système BAL avec signaux latéraux + ERTMS niveau 2 sur GSM-R, supervisé depuis le Poste de Commande Centralisé (PCC) via le Radio Block Centre (RBC)*

## XII.8.1 Avantages du Choix Retenu

- **Sécurité renforcée :** la double couche BAL + ERTMS apporte une redondance fonctionnelle : un défaut sur l'une des couches est détecté et compensé par l'autre, supprimant ainsi le risque de mode de défaillance commun.
- **Réduction des temps d'attente :** l'automatisation complète des cantons et la communication continue avec les trains éliminent les délais d'autorisation manuelle, augmentant le débit de la ligne d'environ 30 à 40 % par rapport à un système BM ou BAPR.

- **Coordination optimale avec la gare de dépassement :** le PCC supervise en temps réel les croisements et dépassements dans la gare étudiée au chapitre XI, allouant dynamiquement les voies en fonction du trafic.
- **Adaptation aux vitesses du projet :** les distances d'annonce et de freinage sont dimensionnées pour permettre simultanément la circulation des voyageurs à 120 km/h et des marchandises à 80 km/h sans compromission de la sécurité.
- **Interopérabilité internationale :** le standard ERTMS facilite à long terme l'extension de la signalisation modernisée à l'ensemble de la ligne minière Est et l'intégration éventuelle aux réseaux frontaliers tunisiens.

### XII.8.2 Équipements Complémentaires

L'architecture de signalisation est complétée par les équipements suivants, indispensables à son fonctionnement nominal :

- **Compteurs d'essieux :** dispositifs électroniques placés aux entrées et sorties de canton pour assurer la détection fiable de la présence d'un train, en complément ou en remplacement des circuits de voie traditionnels.
- **Moteurs d'aiguille électriques :** commandés à distance depuis le PCC, équipés de capteurs de position et de verrouillage mécanique, garantissant l'orientation correcte des aiguillages.
- **Eurobalises de calibration :** balises au sol placées à intervalles réguliers pour permettre au train de recalibrer sa position absolue par rapport au RBC.
- **Antennes GSM-R :** mâts d'antennes radio placés tous les 5 à 8 km le long du tracé pour assurer une couverture continue sans zone d'ombre, dimensionnées pour respecter les marges de qualité de service exigées par l'ETSI.

# Conclusion

La signalisation ferroviaire constitue un déterminant majeur de la sécurité et de la performance du réseau. Sur la ligne minière Est, modernisée et dédoublée, le choix d'une architecture combinant le Bloc Automatique Lumineux (BAL) et l'ERTMS niveau 2 sur GSM-R répond parfaitement aux exigences contemporaines d'un trafic mixte intensif et reflète la volonté de la SNTF d'aligner son infrastructure sur les meilleurs standards internationaux.

Cette solution sécurise les circulations selon le principe inviolable d'un train par canton, organise efficacement la régulation des croisements et dépassements en gare, et offre les marges de capacité nécessaires pour absorber la croissance prévisible du trafic minier et voyageur dans les décennies à venir. La modernisation progressive engagée par la SNTF, dont le présent projet constitue une étape exemplaire, contribue significativement à la fiabilité, à la fluidité et à la sécurité du transport ferroviaire national algérien.

# CHAPITRE XIII

✦ ✦ ✦

# ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

# XIII.1 Introduction

Tout projet d'infrastructure linéaire de l'envergure du dédoublement ferroviaire envisagé est soumis, en application du décret exécutif n° 07-145 du 19 mai 2007 relatif aux études d'impact sur l'environnement en Algérie, à la réalisation d'une Étude d'Impact Environnemental et Social (EIES). Cette étude constitue un outil prospectif d'aide à la décision : elle vise à identifier en amont les effets négatifs potentiels du projet sur l'environnement naturel et humain, à les évaluer quantitativement, et à définir les mesures d'évitement, de réduction et de compensation appropriées.

Le présent chapitre présente une synthèse de l'EIES menée pour le tronçon PK 35+000 – PK 45+000, conduite parallèlement aux études techniques détaillées dans les chapitres précédents. Elle aborde successivement le cadre réglementaire applicable, l'état initial du milieu récepteur, l'identification des impacts en phase chantier et en phase exploitation, et les mesures d'atténuation retenues.

# XIII.2 Cadre Réglementaire

L'étude s'inscrit dans le cadre suivant, qui constitue le socle juridique de toute opération d'infrastructure de transport en Algérie :

- **Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003** relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- **Décret exécutif n° 07-145 du 19 mai 2007** définissant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études d'impact sur l'environnement.
- **Décret exécutif n° 06-198 du 31 mai 2006** définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.
- **Référentiels internationaux :** Normes ISO 14001 (management environnemental), directives de la Banque Mondiale pour les projets d'infrastructure, et lignes directrices UIC 345 (environnement ferroviaire).

# XIII.3 État Initial du Milieu

La caractérisation de l'état initial s'appuie sur les données présentées dans les chapitres précédents (climat, géologie, hydrologie) et sur les reconnaissances de terrain spécifiques menées sur la bande d'étude :

## XIII.3.1 Milieu Physique

- **Climat :** méditerranéen semi-continental, températures moyennes de 12 à 34 °C, précipitations de 400 à 600 mm/an (cf. chapitre IV).
- **Géologie :** formations argileuses, marneuses et calcaires d'âges Quaternaire à Crétacé (cf. chapitre VII).
- **Hydrographie :** huit bassins versants secondaires traversés par le tracé, avec oueds saisonniers (cf. chapitre VI).
- **Sols :** argiles agricoles dans les plaines, sols rocheux dans les zones de relief, présence locale de cavités souterraines (cf. chapitre X).

### XIII.3.2 Milieu Biologique

- **Végétation :** cultures céréalières et fourragères dans la majorité de la bande d'étude, maquis méditerranéen sur les versants, quelques bosquets isolés de chêne-liège et d'oliviers.
- **Faune :** pas d'espèce protégée recensée directement sur l'emprise. Avifaune migratrice traversant occasionnellement la zone. Pas de corridor écologique majeur intercepté par le tracé.
- **Zones humides :** absence de zone humide classée Ramsar ou de site naturel protégé dans le couloir d'étude. Quelques zones temporairement humides identifiées au droit des oueds (cf. chapitre X).

### XIII.3.3 Milieu Humain

- **Habitations :** habitat rural dispersé, quelques fermes et hameaux à proximité du tracé. Le hameau le plus proche se trouve à environ 250 m de l'axe APD.
- **Activités économiques :** agriculture (céréales, élevage ovin), élevage extensif, exploitation forestière limitée. Pas d'industrie lourde dans la zone d'étude.
- **Patrimoine :** aucun monument classé ne se trouve sur ou à proximité immédiate de l'emprise. Les sites archéologiques de la région (vestiges romains de Souk-Ahras) sont éloignés de plus de 5 km.
- **Infrastructures existantes :** route nationale N16 longeant le tracé, lignes électriques moyenne tension, canalisations de gaz, ligne ferroviaire existante.

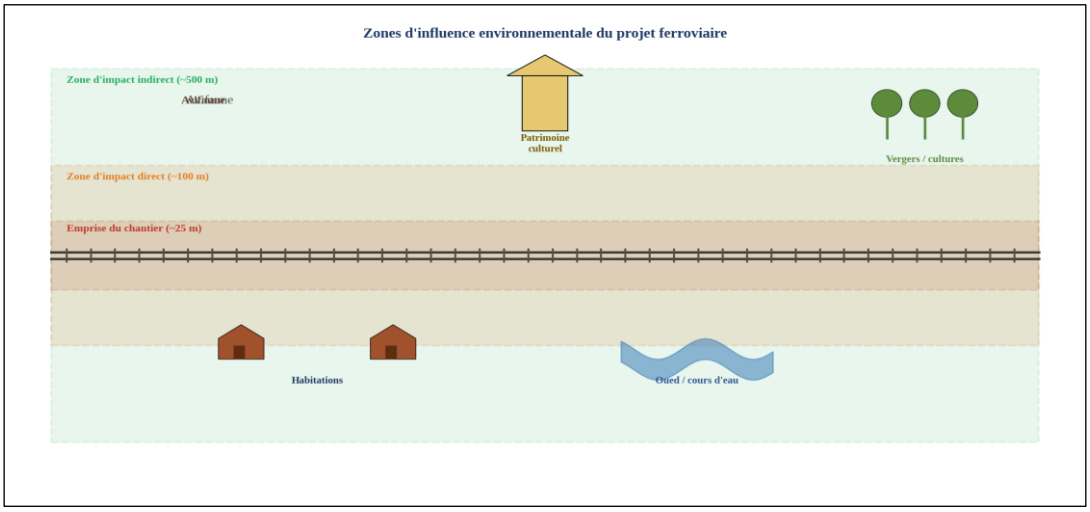



*Figure XIII.1 — Zones d'influence environnementale du projet — Emprise du chantier (≈ 25 m), zone d'impact direct (≈ 100 m) et zone d'impact indirect (≈ 500 m) avec récepteurs sensibles (habitations, oueds, vergers, patrimoine)*

## XIII.4 Identification des Impacts

Les impacts potentiels du projet sur l'environnement sont identifiés selon une double grille d'analyse : selon la phase du projet (chantier ou exploitation) et selon le compartiment environnemental concerné (eau, air, sol, biodiversité, milieu humain).

## XIII.4.1 Impacts en Phase Chantier

La phase de construction est par nature la plus impactante, en raison de la concentration temporaire de moyens et de l'ampleur des terrassements à réaliser. Les principaux impacts identifiés sont :

***Tableau XIII.1 — Impacts identifiés en phase chantier***

| Compartiment | Impact identifié | Intensité | Durée |
|---|---|---|---|
| Air | Émissions de poussières liées aux terrassements | Modérée | Temporaire (24 mois) |
| Air | Émissions GES des engins ($CO_2$, $NO_x$) | Modérée | Temporaire |
| Bruit | Nuisances sonores des engins et brise-roches | Forte | Temporaire |
| Sol | Excavations, déblais, modification topographique | Forte | Permanente |
| Sol | Tassement et compactage en zone de chantier | Modérée | Temporaire à perm. |
| Eau | Pollution par hydrocarbures (engins) | Faible | Temporaire |
| Eau | Modification du drainage temporaire | Modérée | Temporaire |
| Biodiversité | Destruction localisée du couvert végétal | Modérée | Permanente |
| Biodiversité | Perturbation faune (bruit, présence humaine) | Faible | Temporaire |
| Social | Trafic routier de chantier sur N16 | Modérée | Temporaire |
| Social | Emploi local créé (200 à 400 personnes) | Positif | Temporaire |

## XIII.4.2 Impacts en Phase Exploitation

Les impacts en phase exploitation sont globalement moins intenses mais permanents sur la durée de vie de l'infrastructure (50 à 100 ans) :

- **Effet de coupure :** la voie double crée un obstacle physique partiel pour la faune terrestre. Effet limité par les ouvrages de franchissement (dalots) qui peuvent servir de passages.
- **Bruit ferroviaire :** émissions sonores liées au passage des trains. Niveau sonore équivalent à 25 m : environ 75–85 dB(A) pour les trains de marchandises lents et 85–95 dB(A) pour les voyageurs.
- **Vibrations :** propagation limitée grâce à la conception moderne de l'assise (cf. chapitre VIII) et aux attaches élastiques (cf. chapitre III).
- **Impacts positifs :** réduction du trafic routier sur N16 grâce au transfert modal du fret, baisse globale des émissions GES du transport régional, contribution au désenclavement économique de Souk-Ahras et Dréa.

# XIII.5 Mesures d'Atténuation et de Compensation

Pour chaque impact identifié, des mesures d'évitement, de réduction ou de compensation sont prévues, conformément au principe « éviter–réduire–compenser » (ERC) reconnu internationalement :

***Tableau XIII.2 — Mesures d'atténuation retenues***

| Impact ciblé | Type de mesure | Description de la mesure |
|---|---|---|
| Poussières chantier | Réduction | Arrosage régulier des pistes, bâchage des camions, vitesse limitée en chantier |
| Bruit chantier | Réduction | Limitation des horaires (6h–20h), engins conformes EU Stage IIIB, écrans temporaires si nécessaire |
| Pollution eaux | Évitement | Plates-formes étanches pour stockage hydrocarbures, kits anti-pollution sur engins, contrôle des rejets |
| Couvert végétal détruit | Compensation | Replantation 1:1 sur zones identifiées en accord avec la Direction Conservation des Forêts |
| Effet de coupure faune | Réduction | Dimensionnement des dalots permettant le passage de la petite faune (lapins, renards) |
| Bruit en exploitation | Réduction | Écrans acoustiques végétalisés au droit des hameaux à moins de 200 m du tracé |
| Tassement et érosion | Réduction | Végétalisation immédiate des talus (cf. chapitre X), suivi piézométrique |
| Émissions GES chantier | Compensation | Plantation d'arbres locaux (oliviers, eucalyptus) le long de l'emprise |

# XIII.6 Plan de Suivi Environnemental

Un plan de suivi environnemental est défini pour la phase chantier et les premières années d'exploitation, comprenant les actions suivantes :

- **Suivi qualité de l'air :** mesures mensuelles de poussières PM10 et PM2.5 en bordure de chantier — comparaison aux valeurs limites OMS (50 et 25 µg/m³).
- **Suivi qualité de l'eau :** prélèvements trimestriels sur les oueds en aval du chantier — analyses hydrocarbures, matières en suspension, pH.
- **Suivi acoustique :** mesures de bruit sur 24 h aux récepteurs sensibles (hameaux les plus proches) — phase chantier puis 2 fois/an en exploitation.
- **Suivi piézométrique :** relevés mensuels des piézomètres installés en zones humides identifiées (cf. chapitre X).
- **Reporting annuel :** rapport environnemental annuel transmis aux autorités (Direction Environnement de Souk-Ahras, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement).

# Conclusion

L'étude d'impact environnemental du projet de dédoublement de la ligne minière Est sur le tronçon PK 35+000 – PK 45+000 conclut à un bilan environnemental globalement positif sur l'ensemble du cycle de vie de l'infrastructure. Les impacts négatifs identifiés, principalement concentrés en phase chantier (poussières, bruit, modifications topographiques), sont temporaires et maîtrisables par les mesures d'atténuation prévues. En phase exploitation, les effets sont limités et largement compensés par les bénéfices socio-économiques et environnementaux du transfert modal route–rail : baisse de la pression sur l'axe routier N16, réduction des émissions de $CO_2$ du secteur transport, et soutien à l'activité économique régionale.

La mise en œuvre rigoureuse du plan de suivi environnemental, combinée à l'application stricte des mesures de réduction et de compensation, garantit la conformité du projet aux exigences réglementaires algériennes et aux meilleures pratiques internationales en matière d'ingénierie ferroviaire durable.

# CONCLUSION GÉNÉRALE

Le présent mémoire de fin d'études propose l'étude en avant-projet détaillé (APD) du dédoublement et de la rectification de la ligne minière Est, sur le tronçon Bouchegouf – Souk-Ahras – Dréa, du PK 35+000 au PK 45+000, incluant la conception d'une gare de dépassement. Cette étude s'inscrit dans le cadre de la dynamique nationale de modernisation et d'amélioration du réseau ferroviaire algérien, visant à accompagner la croissance du trafic minéralier et voyageur ainsi que le développement socio-économique de la région de Souk-Ahras et, plus largement, du pays.

Notre étude s'est focalisée sur plusieurs aspects essentiels à la réalisation de ce projet. Nous avons mené des études géométriques approfondies afin de déterminer avec précision le tracé en plan et le profil en long du tronçon dédoublé, en tenant compte des caractéristiques topographiques et des contraintes de vitesse de la ligne. Des études géologiques et géotechniques ont également été réalisées pour caractériser la nature des sols traversés et anticiper les difficultés de construction, tandis que des études hydrologiques et hydrauliques ont permis de dimensionner les ouvrages nécessaires à l'évacuation des eaux pluviales, garantissant ainsi la stabilité et la durabilité de l'infrastructure. Le dimensionnement de la superstructure et de l'assise ferroviaire, ainsi que la conception de la gare de dépassement et du système de signalisation, ont complété cette approche globale du projet.

Différents logiciels tels qu'AutoCAD, Civil 3D, Subassembly Composer, Geo5.0, CadEarth et Global Mapper nous ont permis de modéliser et de simuler les différentes composantes du projet. Ils nous ont aidés à produire des dessins précis ainsi que des visualisations réalistes du terrain et des ouvrages projetés, facilitant la prise de décision technique et la communication avec les différents intervenants du projet.

L'application rigoureuse des normes de l'Union Internationale des Chemins de fer (UIC) et des recommandations de la Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF) a constitué une étape incontournable pour assurer la conformité, la sécurité et la pérennité du projet. L'ensemble de nos démarches, du premier tracé jusqu'aux plans détaillés, a été guidé par ces référentiels techniques.

En conclusion, ce projet représente un pas en avant pour la modernisation du réseau ferroviaire de la région minière de l'Est. Il répond concrètement à l'augmentation de la demande de transport de marchandises et de voyageurs, en offrant une mobilité plus sûre, plus fluide et plus durable. Ce mémoire nous a permis de consolider nos connaissances et de développer nos compétences de manière considérable, aussi bien sur le plan théorique que pratique. Il nous a également donné l'opportunité d'aborder un projet réel avec un regard critique et créatif, une capacité essentielle pour notre futur parcours d'ingénieur. Ce travail constitue ainsi une base solide et une expérience précieuse pour notre carrière future dans le domaine du génie ferroviaire.

# Bibliographie — Normes et Référentiels Techniques

*Cette bibliographie recense l'ensemble des normes, fiches techniques et référentiels effectivement mobilisés dans les différents chapitres de la présente étude.*

## 1. Fiches et référentiels UIC (Union Internationale des Chemins de Fer)

**Fiche UIC 60** — Profil et caractéristiques du rail Vignole retenu pour la superstructure (Chapitre IV).

**Fiche UIC 510-2** — Inclinaison de pose du rail (1/20) et interface roue-rail (Chapitre IV).

**Fiche UIC 712** — Écartement de la voie normale (1 435 mm) (Chapitre IV).

**Fiche UIC 719R** — Calcul de l'épaisseur minimale de l'assise ferroviaire et classification du sol support (Chapitre VIII).

**Fiche UIC 720** — Déclivités et rampes caractéristiques du profil en long (Chapitre V).

**Fiche UIC 734** — Implantation longitudinale et visibilité des signaux (Chapitre XII).

**Fiches UIC 860 / UIC 861** — Principes de dualité infrastructure/superstructure et caractérisation de la voie ferrée (Chapitres IV, VIII).

**Fiche UIC 864-5** — Exigences applicables aux systèmes d'attache élastiques (attache NABLA) (Chapitre IV).

**Ligne directrice UIC 345** — Environnement ferroviaire — cadre de référence pour l'étude d'impact (Chapitre XIII).

## 2. Normes européennes (EN)

**EN 13674-1** — Rails Vignole — géométrie, désignation des parties et dimensions normalisées (Chapitre IV).

**EN 13230-3** — Traverses en béton pour voie ferrée (Chapitre IV).

**EN 13450** — Granulats pour ballast ferroviaire (Chapitre IV, VIII).

**EN 14730-1** — Soudage aluminothermique des rails — Longs Rails Soudés (Chapitre IV).

**EN 13481-2** — Exigences applicables aux systèmes de fixation pour voie normale (attache élastique NABLA) (Chapitre IV).

**EN 13146-9** — Essais des systèmes de fixation — détermination de la résistance de la semelle élastomère (Chapitre IV).

**EN 10089** — Aciers pour ressorts — acier 55 SiCr 7 utilisé pour l'attache élastique (Chapitre IV).

**EN ISO 6892-1** — Essai de traction des matériaux métalliques (Chapitre IV).

## 3. Normes géotechniques et de construction

**NF P94-110** — Essai pressiométrique Ménard — reconnaissance géotechnique des sols (Chapitre VII).

**NF P11-300** — Classification GTR des sols et matériaux (classes A2, B6) pour la qualité du sol support (Chapitre VII, VIII).

**NF 53-695 / ST 590 B** — Fuseau granulométrique et spécifications du ballast ferroviaire (Chapitre VIII).

## 4. Réglementation parasismique

**RPA 2024** — Règles Parasismiques Algériennes — zonage sismique, classification des ouvrages et coefficients d'accélération (Chapitres VII, X).

## 5. Normes et référentiels environnementaux

**ISO 14001** — Système de management environnemental — cadre méthodologique de l'étude d'impact (Chapitre XIII).

**Directives de la Banque Mondiale** — Lignes directrices environnementales et sociales pour les projets d'infrastructure (Chapitre XIII).

## 6. Référentiels institutionnels et cahiers des charges

**Référentiels techniques SNTF** — Prescriptions de la Société Nationale des Transports Ferroviaires applicables à la conception géométrique, à la signalisation et à l'exploitation (ensemble des chapitres).

**Cahier des charges ANESRIF** — Données et paramètres de conception du projet de doublement de la ligne minière Est (Chapitre II).

# ANNEXES

✦ ✦ ✦

## Pièces graphiques et documents complémentaires

Cette section regroupe les listings de calcul et les documents complémentaires établis dans le cadre de la présente étude APD. Les listings, issus du calcul d'axe et des cubatures sous Civil 3D, couvrent l'intégralité du tronçon PK 35+000 → PK 45+000 ; ils sont présentés par profils espacés de 25 m. Les annexes sont organisées comme suit :

- **Annexe A** — Listing de la géométrie de l'axe en plan.
- **Annexe B** — Paramètres techniques et géométriques des courbes.
- **Annexe C** — Caractéristiques du profil en long.
- **Annexe D** — Implantation des entrées en terre.
- **Annexe E** — Listing des terrassements.
- **Annexe F** — Volumes de décapage.
- **Annexe G** — Volumes des matériaux par profil.
- **Annexe H** — Résultats détaillés des essais géotechniques — Sondage F-57-B-OK.
- **Annexe I** — Notes de calcul de stabilité des talus (GEO5 — méthode de Bishop).

Les pièces graphiques du dossier (tracé en plan au 1/2 000, profil en long, profils en travers types et courants, plan de la gare de dépassement et coupes des ouvrages hydrauliques) sont fournies sous forme de planches séparées jointes au présent rapport.

# Annexe A — Listing de la Géométrie de l'Axe en Plan

Listing complet des éléments géométriques de l'axe en plan — alignements droits (DR), clothoïdes (CLO) et arcs de cercle (ARC) — avec leurs caractéristiques, leurs longueurs et les coordonnées UTM des points de tangence, du PK 34+925 au PK 45+265.

***Tableau A.1 — Listing de la géométrie de l'axe en plan***

| Élément | Caractéristiques | Longueur (m) | Abscisse | X (m) | Y (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 34+925 | 408 805,2400 | 4 001 878,6207 |
| DR1 | ANG=272.1624 (g) | 637,798 | | | |
| | | | 35+563 | 408 227,4527 | 4 001 608,5327 |
| CLO2 | A=489.898 | | | | |
| | R=2000.000 | 120,000 | | | |
| | | | 35+683 | 408 119,2614 | 4 001 556,6338 |
| ARC3 | XC=409020.1664 | | | | |
| | YC=3999771.0330 | | | | |
| | R=2000.000 | 156,326 | | | |
| | | | 35+839 | 407 982,5852 | 4 001 480,8357 |
| CLO4 | A=489.898 | | | | |
| | R=2000.000 | 120,000 | | | |
| | | | 35+959 | 407 881,2666 | 4 001 416,5442 |
| DR5 | ANG=263.3666 (g) | 1 205,969 | | | |
| | | | 37+165 | 406 869,5122 | 4 000 760,2552 |
| CLO6 | A=387.298 | | | | |
| | R=1500.000 | 100,000 | | | |
| | | | 37+265 | 406 786,2307 | 4 000 704,9091 |
| ARC7 | XC=407644.0178 | | | | |
| | YC=3999474.3803 | | | | |
| | R=1500.000 | 482,436 | | | |
| | | | 37+748 | 406 441,2305 | 4 000 370,6518 |
| CLO8 | A=387.298 | | | | |
| | R=1500.000 | 100,000 | | | |
| | | | 37+848 | 406 383,2784 | 4 000 289,1621 |
| DR9 | ANG=238.6469 (g) | 513,400 | | | |
| | | | 38+361 | 406 090,4050 | 3 999 867,4934 |
| CLO10 | A=322.490 | | | | |
| | R=1300.000 | 80,000 | | | |

| Élément | Caractéristiques | Longueur (m) | Abscisse | X (m) | Y (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 38+441 | 406 044,0988 | 3 999 802,2616 |
| ARC11 | XC=404999.6948 | | | | |
| | YC=4000576.3548 | | | | |
| | R=1300.000 | 674,754 | | | |
| | | | 39+116 | 405 522,5444 | 3 999 386,1329 |
| CLO12 | A=322.490 | | | | |
| | R=1300.000 | 80,000 | | | |
| | | | 39+196 | 405 448,6586 | 3 999 355,4679 |
| DR13 | ANG=275.6085 (g) | 1 368,271 | | | |
| | | | 40+564 | 404 179,5943 | 3 998 843,9603 |
| CLO14 | A=1414.214 | | | | |
| | R=10000.000 | 200,000 | | | |
| | | | 40+764 | 403 993,8479 | 3 998 769,8123 |
| ARC15 | XC=400348.4311 | | | | |
| | YC=4008081.6831 | | | | |
| | R=10000.000 | 967,887 | | | |
| | | | 41+732 | 403 076,9081 | 3 998 461,1107 |
| CLO16 | A=1414.214 | | | | |
| | R=10000.000 | 200,000 | | | |
| | | | 41+932 | 402 884,1380 | 3 998 407,8253 |
| DR17 | ANG=283.0435 (g) | 1 567,493 | | | |
| | | | 43+499 | 401 371,9185 | 3 997 995,2397 |
| CLO18 | A=793.725 | | | | |
| | R=9000.000 | 70,000 | | | |
| | | | 43+569 | 401 304,4109 | 3 997 976,7273 |
| ARC19 | XC=403707.0815 | | | | |
| | YC=3989303.3673 | | | | |
| | R=9000.000 | 1 276,448 | | | |
| | | | 44+846 | 400 102,5334 | 3 997 550,0171 |
| CLO20 | A=793.725 | | | | |
| | R=9000.000 | 70,000 | | | |
| | | | 44+916 | 400 038,4657 | 3 997 521,8155 |
| DR21 | ANG=273.5193 (g) | 349,450 | | | |
| | | | 45+265 | 399 718,8130 | 3 997 380,6146 |

# Annexe C — Caractéristiques du Profil en Long

Listing des éléments du profil en long — déclivités (D) et raccordements paraboliques (PAR) — avec leurs caractéristiques, leurs longueurs, ainsi que les abscisses et altitudes des points caractéristiques.

***Tableau C.1 — Caractéristiques du profil en long***

| Élément | Caractéristiques | Longueur (m) | Abscisse | Z (m) |
|---|---|---|---|---|
| | | | 34+951 | 847,652 |
| D1 | PENTE= -1.30% | 736,929 | | |
| | | | 35+688 | 838,094 |
| PAR1 | S= 35+723 Z=837.650 | | | |
| | R= 11082.802 | 68,536 | | |
| | | | 35+757 | 837,417 |
| D2 | PENTE= -0.68% | 1 340,001 | | |
| | | | 37+097 | 828,324 |
| PAR2 | S= 37+128 Z=828.112 | | | |
| | R= 9000.000 | 62,613 | | |
| | | | 37+159 | 828,117 |
| D3 | PENTE= 0.02% | 4 011,132 | | |
| | | | 41+171 | 828,803 |
| D4 | PENTE= -0.17% | 1 417,050 | | |
| | | | 42+588 | 826,370 |
| D5 | PENTE= -0.04% | 2 674,689 | | |
| | | | 45+262 | 825,371 |

# Annexe D — Implantation des Entrées en Terre

Coordonnées d'implantation des entrées en terre (limites d'emprise des terrassements), rives gauche et droite, par profil de 25 m : décalages par rapport à l'axe de la plateforme et coordonnées UTM des points d'entrée en terre.

***Tableau D.1 — Implantation des entrées en terre — PK 35+000 → PK 45+000***

| Tabulation | Abscisse | Décalage G (m) | X G (m) | Y G (m) | Z G (m) | Décalage D (m) | X D (m) | Y D (m) | Z D (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| axe platforme - 350+00.00 | 35+000 | -43,167 | 408 755,577 | 4 001 807,755 | 863,688 | 47,376 | 408 717,234 | 4 001 889,779 | 866,495 |
| axe platforme - 350+25.00 | 35+025 | -43,444 | 408 733,046 | 4 001 796,917 | 863,549 | 46,672 | 408 694,885 | 4 001 878,554 | 865,701 |
| axe platforme - 350+50.00 | 35+050 | -43,629 | 408 710,477 | 4 001 786,163 | 863,348 | 43,765 | 408 673,468 | 4 001 865,334 | 863,439 |
| axe platforme - 350+75.00 | 35+075 | -43,228 | 408 687,659 | 4 001 775,940 | 862,756 | 37,477 | 408 653,483 | 4 001 849,051 | 860,336 |
| axe platforme - 351+00.00 | 35+100 | -38,215 | 408 662,889 | 4 001 769,894 | 860,503 | 32,488 | 408 632,948 | 4 001 833,945 | 856,686 |
| axe platforme - 351+25.00 | 35+125 | -35,763 | 408 639,203 | 4 001 761,528 | 858,545 | 26,571 | 408 612,806 | 4 001 817,998 | 853,83 |
| axe platforme - 351+50.00 | 35+150 | -34,174 | 408 615,882 | 4 001 752,381 | 857,161 | 23,295 | 408 591,545 | 4 001 804,443 | 851,322 |
| axe platforme - 351+75.00 | 35+175 | -29,535 | 408 591,270 | 4 001 745,997 | 855,157 | 18,96 | 408 570,734 | 4 001 789,929 | 849,52 |
| axe platforme - 352+00.00 | 35+200 | -28,548 | 408 568,204 | 4 001 736,305 | 854,175 | 16,631 | 408 549,072 | 4 001 777,233 | 847,644 |
| axe platforme - 352+25.00 | 35+225 | -27,076 | 408 544,933 | 4 001 727,051 | 852,87 | 15,117 | 408 527,065 | 4 001 765,274 | 846,31 |
| axe platforme - 352+50.00 | 35+250 | -23,365 | 408 520,714 | 4 001 719,826 | 850,071 | 13,417 | 408 505,137 | 4 001 753,148 | 844,853 |
| axe platforme - 352+75.00 | 35+275 | -14,987 | 408 494,518 | 4 001 716,829 | 845,575 | 11,134 | 408 483,456 | 4 001 740,493 | 843,007 |
| axe platforme - 353+00.00 | 35+300 | -11,996 | 408 470,603 | 4 001 708,953 | 843,257 | 8,131 | 408 462,081 | 4 001 727,185 | 841,876 |
| axe platforme - 353+25.00 | 35+325 | -10,345 | 408 447,257 | 4 001 699,861 | 841,832 | 8,744 | 408 439,173 | 4 001 717,154 | 841,143 |
| axe platforme - 353+50.00 | 35+350 | -10,65 | 408 424,738 | 4 001 688,998 | 841,711 | 9,037 | 408 416,401 | 4 001 706,833 | 840,624 |
| axe platforme - 353+75.00 | 35+375 | -10,535 | 408 402,042 | 4 001 678,515 | 841,31 | 9,304 | 408 393,640 | 4 001 696,488 | 840,121 |
| axe platforme - 354+00.00 | 35+400 | -10,726 | 408 379,475 | 4 001 667,756 | 841,113 | 10,269 | 408 370,584 | 4 001 686,776 | 839,153 |
| axe platforme - 354+25.00 | 35+425 | -8,894 | 408 356,051 | 4 001 658,829 | 839,746 | 10,412 | 408 347,876 | 4 001 676,318 | 838,734 |
| axe platforme - 354+50.00 | 35+450 | -10,729 | 408 334,181 | 4 001 646,579 | 838,198 | 10,708 | 408 325,103 | 4 001 665,999 | 838,213 |
| axe platforme - 354+75.00 | 35+475 | -12,565 | 408 312,310 | 4 001 634,330 | 836,65 | 10,824 | 408 302,406 | 4 001 655,518 | 837,811 |
| axe platforme - 355+00.00 | 35+500 | -11,658 | 408 289,278 | 4 001 624,565 | 836,931 | 10,195 | 408 280,024 | 4 001 644,361 | 837,906 |
| axe platforme - 355+25.00 | 35+525 | -11,457 | 408 266,546 | 4 001 614,160 | 836,74 | 9,964 | 408 257,475 | 4 001 633,565 | 837,736 |
| axe platforme - 355+50.00 | 35+550 | -10,796 | 408 243,618 | 4 001 604,172 | 836,857 | 8,872 | 408 235,289 | 4 001 621,989 | 838,14 |

| Tabulation | Abscisse | Décalage G (m) | X G (m) | Y G (m) | Z G (m) | Décalage D (m) | X D (m) | Y D (m) | Z D (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| axe platforme - 355+75.00 | 35+575 | -8,467 | 408 219,987 | 4 001 595,695 | 838,082 | 12,061 | 408 211,288 | 4 001 614,288 | 839,724 |
| axe platforme - 356+00.00 | 35+600 | -11,994 | 408 198,876 | 4 001 581,896 | 839,375 | 16,331 | 408 186,807 | 4 001 607,521 | 842,228 |
| axe platforme - 356+25.00 | 35+625 | -15,543 | 408 177,869 | 4 001 568,014 | 841,424 | 25,086 | 408 160,368 | 4 001 604,679 | 846,308 |
| axe platforme - 356+50.00 | 35+650 | -21,449 | 408 158,042 | 4 001 551,904 | 843,631 | 32,921 | 408 134,240 | 4 001 600,788 | 849,776 |
| axe platforme - 356+75.00 | 35+675 | -26,462 | 408 138,060 | 4 001 536,462 | 846,656 | 36,868 | 408 109,746 | 4 001 593,111 | 852,065 |
| axe platforme - 357+00.00 | 35+700 | -27,45 | 408 116,512 | 4 001 524,418 | 846,998 | 36,378 | 408 087,271 | 4 001 581,155 | 851,414 |
| axe platforme - 357+25.00 | 35+725 | -22,219 | 408 092,211 | 4 001 517,606 | 843,241 | 28,494 | 408 068,417 | 4 001 562,390 | 847,302 |
| axe platforme - 357+50.00 | 35+750 | -13,419 | 408 066,226 | 4 001 513,589 | 838,575 | 18,05 | 408 051,115 | 4 001 541,192 | 841,539 |
| axe platforme - 357+75.00 | 35+775 | -10,362 | 408 043,018 | 4 001 504,192 | 834,52 | 10,633 | 408 032,707 | 4 001 522,481 | 836,423 |
| axe platforme - 358+00.00 | 35+800 | -14,931 | 408 023,723 | 4 001 487,891 | 831,304 | 11,71 | 408 010,351 | 4 001 510,932 | 833,561 |
| axe platforme - 358+25.00 | 35+825 | -19,006 | 408 004,431 | 4 001 471,802 | 828,418 | 15,27 | 407 986,856 | 4 001 501,230 | 831,017 |
| axe platforme - 358+50.00 | 35+850 | -23,717 | 407 985,711 | 4 001 454,957 | 826,364 | 17,842 | 407 963,967 | 4 001 490,373 | 829,126 |
| axe platforme - 358+75.00 | 35+875 | -25,859 | 407 965,817 | 4 001 440,077 | 824,773 | 19,746 | 407 941,566 | 4 001 478,699 | 827,671 |
| axe platforme - 359+00.00 | 35+900 | -26,944 | 407 945,444 | 4 001 425,888 | 823,887 | 23,167 | 407 918,481 | 4 001 468,126 | 826,459 |
| axe platforme - 359+25.00 | 35+925 | -28,394 | 407 925,304 | 4 001 411,232 | 822,757 | 25,459 | 407 896,106 | 4 001 456,484 | 824,745 |
| axe platforme - 359+50.00 | 35+950 | -29,466 | 407 904,952 | 4 001 396,785 | 821,88 | 27,214 | 407 874,115 | 4 001 444,342 | 823,389 |
| axe platforme - 359+75.00 | 35+975 | -30,686 | 407 884,646 | 4 001 382,160 | 820,899 | 28,394 | 407 852,495 | 4 001 431,725 | 822,427 |
| axe platforme - 360+00.00 | 36+000 | -32,35 | 407 864,578 | 4 001 367,159 | 819,62 | 29,415 | 407 830,965 | 4 001 418,977 | 821,577 |
| axe platforme - 360+25.00 | 36+025 | -31,073 | 407 842,909 | 4 001 354,625 | 820,302 | 32,172 | 407 808,491 | 4 001 407,685 | 819,569 |
| axe platforme - 360+50.00 | 36+050 | -30,602 | 407 821,679 | 4 001 341,415 | 820,446 | 33,251 | 407 786,930 | 4 001 394,985 | 818,68 |
| axe platforme - 360+75.00 | 36+075 | -28,601 | 407 799,616 | 4 001 329,489 | 821,611 | 32,214 | 407 766,520 | 4 001 380,510 | 819,202 |
| axe platforme - 361+00.00 | 36+100 | -23,789 | 407 776,023 | 4 001 319,921 | 824,649 | 30,499 | 407 746,480 | 4 001 365,467 | 820,175 |
| axe platforme - 361+25.00 | 36+125 | -17,23 | 407 751,480 | 4 001 311,818 | 827,598 | 26,643 | 407 727,604 | 4 001 348,627 | 822,576 |
| axe platforme - 361+50.00 | 36+150 | -11,939 | 407 727,627 | 4 001 302,653 | 830,956 | 19,146 | 407 710,710 | 4 001 328,732 | 826,151 |
| axe platforme - 361+75.00 | 36+175 | -11,233 | 407 706,268 | 4 001 289,640 | 834,197 | 13,848 | 407 692,620 | 4 001 310,681 | 829,514 |
| axe platforme - 362+00.00 | 36+200 | -18,367 | 407 689,177 | 4 001 270,050 | 838,784 | 10,957 | 407 673,219 | 4 001 294,651 | 832,672 |
| axe platforme - 362+25.00 | 36+225 | -27,245 | 407 673,035 | 4 001 248,996 | 843,12 | 12,503 | 407 651,404 | 4 001 282,343 | 834,705 |
| axe platforme - 362+50.00 | 36+250 | -27,291 | 407 652,086 | 4 001 235,353 | 842,981 | 15,902 | 407 628,580 | 4 001 271,590 | 836,801 |

| Tabulation | Abscisse | Décalage G (m) | X G (m) | Y G (m) | Z G (m) | Décalage D (m) | X D (m) | Y D (m) | Z D (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| axe platforme - 362+75.00 | 36+275 | -26,986 | 407 630,946 | 4 001 222,004 | 842,608 | 19,567 | 407 605,612 | 4 001 261,060 | 838,729 |
| axe platforme - 363+00.00 | 36+300 | -25,901 | 407 609,381 | 4 001 209,309 | 841,714 | 22,538 | 407 583,021 | 4 001 249,947 | 839,472 |
| axe platforme - 363+25.00 | 36+325 | -25,261 | 407 588,059 | 4 001 196,241 | 841,118 | 24,181 | 407 561,153 | 4 001 237,721 | 840,398 |
| axe platforme - 363+50.00 | 36+350 | -23,994 | 407 566,396 | 4 001 183,699 | 840,104 | 25,353 | 407 539,541 | 4 001 225,099 | 841,01 |
| axe platforme - 363+75.00 | 36+375 | -22,413 | 407 544,562 | 4 001 171,420 | 838,88 | 25,262 | 407 518,617 | 4 001 211,417 | 840,779 |
| axe platforme - 364+00.00 | 36+400 | -18,12 | 407 521,252 | 4 001 161,417 | 837,262 | 24,65 | 407 497,976 | 4 001 197,300 | 840,202 |
| axe platforme - 364+25.00 | 36+425 | -15,468 | 407 498,835 | 4 001 150,037 | 835,324 | 18,808 | 407 480,181 | 4 001 178,793 | 837,551 |
| axe platforme - 364+50.00 | 36+450 | -11,084 | 407 475,475 | 4 001 140,110 | 832,232 | 13,699 | 407 461,988 | 4 001 160,901 | 833,975 |
| axe platforme - 364+75.00 | 36+475 | -12,265 | 407 455,144 | 4 001 125,514 | 828,533 | 10,22 | 407 442,907 | 4 001 144,378 | 829,897 |
| axe platforme - 365+00.00 | 36+500 | -17,453 | 407 436,993 | 4 001 107,556 | 824,905 | 15,512 | 407 419,053 | 4 001 135,213 | 826,199 |
| axe platforme - 365+25.00 | 36+525 | -22,93 | 407 419,000 | 4 001 089,357 | 822,337 | 22,093 | 407 394,498 | 4 001 127,129 | 822,896 |
| axe platforme - 365+50.00 | 36+550 | -26,122 | 407 399,763 | 4 001 073,074 | 820,04 | 26,471 | 407 371,142 | 4 001 117,197 | 819,807 |
| axe platforme - 365+75.00 | 36+575 | -28,199 | 407 379,919 | 4 001 057,726 | 818,486 | 30,325 | 407 348,071 | 4 001 106,825 | 817,068 |
| axe platforme - 366+00.00 | 36+600 | -30,572 | 407 360,237 | 4 001 042,130 | 816,734 | 33,49 | 407 325,375 | 4 001 095,875 | 814,789 |
| axe platforme - 366+25.00 | 36+625 | -32,391 | 407 340,253 | 4 001 026,999 | 815,352 | 37,071 | 407 302,452 | 4 001 085,275 | 813,485 |
| axe platforme - 366+50.00 | 36+650 | -30,968 | 407 318,505 | 4 001 014,588 | 816,13 | 33,514 | 407 283,414 | 4 001 068,686 | 814,433 |
| axe platforme - 366+75.00 | 36+675 | -26,258 | 407 294,968 | 4 001 004,934 | 819,101 | 27,648 | 407 265,632 | 4 001 050,160 | 818,174 |
| axe platforme - 367+00.00 | 36+700 | -23,137 | 407 272,295 | 4 000 993,948 | 821,012 | 22,529 | 407 247,444 | 4 001 032,260 | 821,417 |
| axe platforme - 367+25.00 | 36+725 | -24,056 | 407 251,821 | 4 000 979,572 | 820,23 | 22,344 | 407 226,571 | 4 001 018,499 | 821,371 |
| axe platforme - 367+50.00 | 36+750 | -26,187 | 407 232,008 | 4 000 964,179 | 818,639 | 25,325 | 407 203,975 | 4 001 007,395 | 819,214 |
| axe platforme - 367+75.00 | 36+775 | -25,556 | 407 210,690 | 4 000 951,103 | 818,89 | 28,029 | 407 181,529 | 4 000 996,059 | 817,241 |
| axe platforme - 368+00.00 | 36+800 | -23,441 | 407 188,565 | 4 000 939,273 | 820,131 | 28,363 | 407 160,373 | 4 000 982,734 | 816,849 |
| axe platforme - 368+25.00 | 36+825 | -17,25 | 407 164,222 | 4 000 930,862 | 822,835 | 25,001 | 407 141,229 | 4 000 966,308 | 818,921 |
| axe platforme - 368+50.00 | 36+850 | -12,412 | 407 140,615 | 4 000 921,316 | 825,891 | 17,336 | 407 124,426 | 4 000 946,273 | 822,608 |
| axe platforme - 368+75.00 | 36+875 | -11,167 | 407 118,964 | 4 000 908,755 | 829,403 | 11,061 | 407 106,867 | 4 000 927,404 | 826,621 |
| axe platforme - 369+00.00 | 36+900 | -15,029 | 407 100,092 | 4 000 891,910 | 831,808 | 10,109 | 407 086,412 | 4 000 913,000 | 828,528 |
| axe platforme - 369+25.00 | 36+925 | -14,572 | 407 078,869 | 4 000 878,688 | 831,334 | 8,02 | 407 066,575 | 4 000 897,642 | 828,309 |
| axe platforme - 369+50.00 | 36+950 | -12,404 | 407 056,716 | 4 000 866,902 | 829,719 | 11,329 | 407 043,800 | 4 000 886,813 | 825,934 |

| Tabulation | Abscisse | Décalage G (m) | X G (m) | Y G (m) | Z G (m) | Décalage D (m) | X D (m) | Y D (m) | Z D (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| axe platforme - 369+75.00 | 36+975 | -12,088 | 407 035,570 | 4 000 853,562 | 829,339 | 9,688 | 407 023,719 | 4 000 871,832 | 826,858 |
| axe platforme - 370+00.00 | 37+000 | -16,826 | 407 017,174 | 4 000 835,982 | 832,328 | 12,933 | 407 000,979 | 4 000 860,949 | 829,732 |
| axe platforme - 370+25.00 | 37+025 | -24,282 | 407 000,258 | 4 000 816,122 | 835,715 | 16,469 | 406 978,081 | 4 000 850,310 | 831,92 |
| axe platforme - 370+50.00 | 37+050 | -27,639 | 406 981,111 | 4 000 799,700 | 837,784 | 17,795 | 406 956,386 | 4 000 837,818 | 832,635 |
| axe platforme - 370+75.00 | 37+075 | -29,275 | 406 961,027 | 4 000 784,723 | 838,705 | 18,401 | 406 935,082 | 4 000 824,722 | 832,869 |
| axe platforme - 371+00.00 | 37+100 | -34,013 | 406 942,632 | 4 000 767,143 | 840,281 | 19,044 | 406 913,758 | 4 000 811,655 | 833,128 |
| axe platforme - 371+25.00 | 37+125 | -35,022 | 406 922,207 | 4 000 752,692 | 840,828 | 21,665 | 406 891,358 | 4 000 800,250 | 833,336 |
| axe platforme - 371+50.00 | 37+150 | -33,958 | 406 900,654 | 4 000 739,979 | 840,062 | 21,812 | 406 870,304 | 4 000 786,768 | 833,377 |
| axe platforme - 371+75.00 | 37+175 | -28,802 | 406 876,883 | 4 000 730,705 | 838,042 | 18,387 | 406 851,190 | 4 000 770,285 | 832,491 |
| axe platforme - 372+00.00 | 37+200 | -26,732 | 406 854,891 | 4 000 718,851 | 836,682 | 15,933 | 406 831,527 | 4 000 754,550 | 830,819 |
| axe platforme - 372+25.00 | 37+225 | -25,641 | 406 833,593 | 4 000 706,110 | 835,974 | 15,036 | 406 811,050 | 4 000 739,969 | 830,186 |
| axe platforme - 372+50.00 | 37+250 | -24,761 | 406 812,622 | 4 000 693,036 | 835,407 | 14,771 | 406 790,318 | 4 000 725,676 | 829,975 |
| axe platforme - 372+75.00 | 37+275 | -23,039 | 406 791,420 | 4 000 680,403 | 834,272 | 13,977 | 406 770,053 | 4 000 710,629 | 829,425 |
| axe platforme - 373+00.00 | 37+300 | -18,346 | 406 768,666 | 4 000 669,813 | 832,561 | 12,769 | 406 750,284 | 4 000 694,917 | 828,624 |
| axe platforme - 373+25.00 | 37+325 | -16,868 | 406 747,972 | 4 000 656,236 | 831,58 | 11,765 | 406 730,673 | 4 000 679,053 | 827,96 |
| axe platforme - 373+50.00 | 37+350 | -14,149 | 406 726,721 | 4 000 643,277 | 829,771 | 10,549 | 406 711,473 | 4 000 662,707 | 827,153 |
| axe platforme - 373+75.00 | 37+375 | -12,247 | 406 706,168 | 4 000 629,304 | 828,508 | 9,532 | 406 692,440 | 4 000 646,210 | 826,101 |
| axe platforme - 374+00.00 | 37+400 | -12,672 | 406 687,324 | 4 000 613,187 | 828,796 | 9,58 | 406 673,011 | 4 000 630,225 | 826,074 |
| axe platforme - 374+25.00 | 37+425 | -15,136 | 406 670,094 | 4 000 595,225 | 830,442 | 10,633 | 406 653,192 | 4 000 614,677 | 827,222 |
| axe platforme - 374+50.00 | 37+450 | -17,45 | 406 653,096 | 4 000 577,116 | 831,99 | 12,495 | 406 633,080 | 4 000 599,390 | 828,468 |
| axe platforme - 374+75.00 | 37+475 | -18,518 | 406 635,582 | 4 000 559,666 | 832,706 | 13,132 | 406 614,038 | 4 000 582,852 | 828,896 |
| axe platforme - 375+00.00 | 37+500 | -17,639 | 406 617,025 | 4 000 543,343 | 832,124 | 12,026 | 406 596,473 | 4 000 564,734 | 828,163 |
| axe platforme - 375+25.00 | 37+525 | -15,977 | 406 598,181 | 4 000 527,257 | 831,02 | 11,279 | 406 578,973 | 4 000 546,595 | 827,67 |
| axe platforme - 375+50.00 | 37+550 | -14,931 | 406 580,030 | 4 000 510,411 | 830,327 | 11,464 | 406 561,119 | 4 000 528,825 | 827,797 |
| axe platforme - 375+75.00 | 37+575 | -14,803 | 406 562,818 | 4 000 492,622 | 830,246 | 12,6 | 406 542,869 | 4 000 511,409 | 828,559 |
| axe platforme - 376+00.00 | 37+600 | -16,892 | 406 547,543 | 4 000 473,054 | 831,643 | 15,4 | 406 523,669 | 4 000 494,799 | 830,43 |
| axe platforme - 376+25.00 | 37+625 | -24,584 | 406 536,823 | 4 000 449,558 | 835,362 | 19,257 | 406 503,923 | 4 000 478,535 | 833,005 |
| axe platforme - 376+50.00 | 37+650 | -35,149 | 406 528,768 | 4 000 424,120 | 840,997 | 23,166 | 406 484,370 | 4 000 461,929 | 834,203 |

| Tabulation | Abscisse | Décalage G (m) | X G (m) | Y G (m) | Z G (m) | Décalage D (m) | X D (m) | Y D (m) | Z D (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| axe platforme - 376+75.00 | 37+675 | -43,967 | 406 519,902 | 4 000 399,797 | 845,466 | 23,941 | 406 467,474 | 4 000 442,957 | 834,723 |
| axe platforme - 377+00.00 | 37+700 | -45,884 | 406 506,136 | 4 000 379,740 | 846,748 | 24,857 | 406 450,779 | 4 000 423,785 | 835,338 |
| axe platforme - 377+25.00 | 37+725 | -40,702 | 406 487,096 | 4 000 363,809 | 844,711 | 25,711 | 406 434,445 | 4 000 404,287 | 835,912 |
| axe platforme - 377+50.00 | 37+750 | -37,744 | 406 470,058 | 4 000 346,167 | 842,742 | 26,942 | 406 418,126 | 4 000 384,733 | 836,741 |
| axe platforme - 377+75.00 | 37+775 | -36,493 | 406 454,604 | 4 000 327,149 | 841,897 | 28,996 | 406 401,479 | 4 000 365,445 | 838,154 |
| axe platforme - 378+00.00 | 37+800 | -33,817 | 406 438,119 | 4 000 308,631 | 840,102 | 32,505 | 406 383,933 | 4 000 346,874 | 839,124 |
| axe platforme - 378+25.00 | 37+825 | -32,849 | 406 423,089 | 4 000 288,874 | 839,446 | 32,866 | 406 369,179 | 4 000 326,453 | 839,408 |
| axe platforme - 378+50.00 | 37+850 | -29,497 | 406 406,095 | 4 000 270,306 | 838,615 | 32,331 | 406 355,314 | 4 000 305,576 | 839,092 |
| axe platforme - 378+75.00 | 37+875 | -28,361 | 406 390,901 | 4 000 250,421 | 837,862 | 29,129 | 406 343,683 | 4 000 283,216 | 838,375 |
| axe platforme - 379+00.00 | 37+900 | -27,977 | 406 376,324 | 4 000 230,107 | 837,611 | 27,944 | 406 330,395 | 4 000 262,007 | 837,589 |
| axe platforme - 379+25.00 | 37+925 | -26,635 | 406 360,960 | 4 000 210,339 | 836,72 | 26,901 | 406 316,990 | 4 000 240,879 | 836,897 |
| axe platforme - 379+50.00 | 37+950 | -26,851 | 406 346,877 | 4 000 189,682 | 836,869 | 26,131 | 406 303,361 | 4 000 219,906 | 836,388 |
| axe platforme - 379+75.00 | 37+975 | -26,045 | 406 331,953 | 4 000 169,609 | 836,336 | 25,332 | 406 289,756 | 4 000 198,918 | 835,86 |
| axe platforme - 380+00.00 | 38+000 | -25,425 | 406 317,183 | 4 000 149,430 | 835,927 | 24,784 | 406 275,944 | 4 000 178,072 | 835,499 |
| axe platforme - 380+25.00 | 38+025 | -24,575 | 406 302,222 | 4 000 129,382 | 835,364 | 24,123 | 406 262,226 | 4 000 157,162 | 835,063 |
| axe platforme - 380+50.00 | 38+050 | -23,811 | 406 287,334 | 4 000 109,284 | 834,859 | 23,256 | 406 248,676 | 4 000 136,134 | 834,489 |
| axe platforme - 380+75.00 | 38+075 | -23,528 | 406 272,840 | 4 000 088,912 | 834,675 | 23,131 | 406 234,517 | 4 000 115,530 | 834,41 |
| axe platforme - 381+00.00 | 38+100 | -23,021 | 406 258,162 | 4 000 068,669 | 834,341 | 22,452 | 406 220,814 | 4 000 094,609 | 833,962 |
| axe platforme - 381+25.00 | 38+125 | -22,317 | 406 243,322 | 4 000 048,537 | 833,876 | 21,582 | 406 207,267 | 4 000 073,580 | 833,386 |
| axe platforme - 381+50.00 | 38+150 | -18,942 | 406 226,289 | 4 000 029,929 | 833,043 | 18,034 | 406 195,919 | 4 000 051,022 | 832,438 |
| axe platforme - 381+75.00 | 38+175 | -17,651 | 406 210,967 | 4 000 010,133 | 832,187 | 16,559 | 406 182,870 | 4 000 029,648 | 831,459 |
| axe platforme - 382+00.00 | 38+200 | -16,359 | 406 195,644 | 3 999 990,336 | 831,33 | 15,577 | 406 169,414 | 4 000 008,555 | 830,809 |
| axe platforme - 382+25.00 | 38+225 | -15,353 | 406 180,556 | 3 999 970,377 | 830,663 | 14,493 | 406 156,043 | 3 999 987,403 | 830,09 |
| axe platforme - 382+50.00 | 38+250 | -14,275 | 406 165,409 | 3 999 950,459 | 829,949 | 13,375 | 406 142,700 | 3 999 966,232 | 829,349 |
| axe platforme - 382+75.00 | 38+275 | -13,621 | 406 150,611 | 3 999 930,298 | 829,518 | 12,862 | 406 128,860 | 3 999 945,406 | 829,012 |
| axe platforme - 383+00.00 | 38+300 | -13,173 | 406 135,982 | 3 999 910,021 | 829,223 | 11,818 | 406 115,456 | 3 999 924,278 | 828,32 |
| axe platforme - 383+25.00 | 38+325 | -13,629 | 406 122,095 | 3 999 889,228 | 829,532 | 12,622 | 406 100,534 | 3 999 904,203 | 828,86 |
| axe platforme - 383+50.00 | 38+350 | -12,919 | 406 107,250 | 3 999 869,100 | 829,063 | 12,186 | 406 086,631 | 3 999 883,421 | 828,574 |

| Tabulation | Abscisse | Décalage G (m) | X G (m) | Y G (m) | Z G (m) | Décalage D (m) | X D (m) | Y D (m) | Z D (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| axe platforme - 383+75.00 | 38+375 | -13,335 | 406 093,320 | 3 999 848,321 | 829,316 | 12,004 | 406 072,521 | 3 999 862,796 | 828,467 |
| axe platforme - 384+00.00 | 38+400 | -14,719 | 406 080,065 | 3 999 826,972 | 830,193 | 13,306 | 406 057,165 | 3 999 843,128 | 829,358 |
| axe platforme - 384+25.00 | 38+425 | -17,091 | 406 067,352 | 3 999 805,087 | 831,73 | 15,607 | 406 040,869 | 3 999 824,266 | 830,915 |
| axe platforme - 384+50.00 | 38+450 | -22,009 | 406 056,261 | 3 999 781,763 | 833,568 | 17,788 | 406 024,454 | 3 999 805,683 | 832,386 |
| axe platforme - 384+75.00 | 38+475 | -18,576 | 406 038,082 | 3 999 763,708 | 832,697 | 17,406 | 406 009,746 | 3 999 785,884 | 832,135 |
| axe platforme - 385+00.00 | 38+500 | -15,046 | 406 019,525 | 3 999 746,119 | 830,348 | 14,797 | 405 996,381 | 3 999 764,960 | 830,401 |
| axe platforme - 385+25.00 | 38+525 | -11,997 | 406 001,044 | 3 999 728,631 | 828,32 | 11,555 | 405 983,069 | 3 999 743,849 | 828,243 |
| axe platforme - 385+50.00 | 38+550 | -8,4 | 405 981,857 | 3 999 711,909 | 827,057 | 8,366 | 405 969,272 | 3 999 722,985 | 826,886 |
| axe platforme - 385+75.00 | 38+575 | -9,649 | 405 965,974 | 3 999 692,338 | 826,228 | 9,442 | 405 951,888 | 3 999 705,225 | 826,173 |
| axe platforme - 386+00.00 | 38+600 | -10,317 | 405 949,280 | 3 999 673,460 | 825,787 | 9,67 | 405 934,796 | 3 999 687,232 | 826,025 |
| axe platforme - 386+25.00 | 38+625 | -10,766 | 405 932,061 | 3 999 655,051 | 825,492 | 10,238 | 405 917,120 | 3 999 669,814 | 825,65 |
| axe platforme - 386+50.00 | 38+650 | -10,449 | 405 913,951 | 3 999 637,519 | 825,708 | 10,55 | 405 899,301 | 3 999 652,563 | 825,447 |
| axe platforme - 386+75.00 | 38+675 | -10,928 | 405 896,055 | 3 999 619,762 | 825,393 | 11,242 | 405 880,896 | 3 999 635,940 | 824,99 |
| axe platforme - 387+00.00 | 38+700 | -11,548 | 405 877,909 | 3 999 602,242 | 824,984 | 11,086 | 405 862,754 | 3 999 619,052 | 825,098 |
| axe platforme - 387+25.00 | 38+725 | -10,915 | 405 858,600 | 3 999 586,012 | 825,41 | 10,481 | 405 844,582 | 3 999 602,176 | 825,506 |
| axe platforme - 387+50.00 | 38+750 | -9,952 | 405 838,781 | 3 999 570,418 | 826,056 | 9,442 | 405 826,358 | 3 999 585,311 | 826,202 |
| axe platforme - 387+75.00 | 38+775 | -8,384 | 405 818,300 | 3 999 555,692 | 827,106 | 10,216 | 405 806,663 | 3 999 570,201 | 827,393 |
| axe platforme - 388+00.00 | 38+800 | -11,421 | 405 800,376 | 3 999 537,733 | 827,983 | 12,595 | 405 785,713 | 3 999 556,754 | 828,984 |
| axe platforme - 388+25.00 | 38+825 | -12,475 | 405 780,882 | 3 999 521,681 | 828,689 | 13,861 | 405 765,207 | 3 999 542,844 | 829,832 |
| axe platforme - 388+50.00 | 38+850 | -13,509 | 405 761,056 | 3 999 506,011 | 829,383 | 15,411 | 405 744,293 | 3 999 529,577 | 830,869 |
| axe platforme - 388+75.00 | 38+875 | -14,481 | 405 740,881 | 3 999 490,766 | 830,035 | 16,907 | 405 723,182 | 3 999 516,688 | 831,871 |
| axe platforme - 389+00.00 | 38+900 | -15,368 | 405 720,354 | 3 999 475,971 | 830,631 | 17,918 | 405 702,117 | 3 999 503,817 | 832,549 |
| axe platforme - 389+25.00 | 38+925 | -16,547 | 405 699,687 | 3 999 461,318 | 831,421 | 18,45 | 405 681,080 | 3 999 490,958 | 832,908 |
| axe platforme - 389+50.00 | 38+950 | -17,864 | 405 678,794 | 3 999 446,935 | 832,303 | 21,354 | 405 658,585 | 3 999 480,545 | 833,436 |
| axe platforme - 389+75.00 | 38+975 | -21,538 | 405 658,783 | 3 999 430,900 | 833,344 | 22,845 | 405 636,647 | 3 999 469,370 | 834,434 |
| axe platforme - 390+00.00 | 39+000 | -22,277 | 405 636,990 | 3 999 417,790 | 833,841 | 24,127 | 405 614,625 | 3 999 458,449 | 835,292 |
| axe platforme - 390+25.00 | 39+025 | -24,266 | 405 615,518 | 3 999 403,989 | 835,171 | 25,565 | 405 592,345 | 3 999 448,104 | 836,256 |
| axe platforme - 390+50.00 | 39+050 | -24,823 | 405 593,109 | 3 999 391,865 | 835,547 | 26,32 | 405 570,201 | 3 999 437,590 | 836,763 |

| Tabulation | Abscisse | Décalage G (m) | X G (m) | Y G (m) | Z G (m) | Décalage D (m) | X D (m) | Y D (m) | Z D (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| axe platforme - 390+75.00 | 39+075 | -26,918 | 405 571,124 | 3 999 378,782 | 836,948 | 26,976 | 405 547,914 | 3 999 427,423 | 837,205 |
| axe platforme - 391+00.00 | 39+100 | -26,862 | 405 547,965 | 3 999 368,066 | 836,914 | 27,387 | 405 525,549 | 3 999 417,467 | 837,483 |
| axe platforme - 391+25.00 | 39+125 | -28,225 | 405 525,180 | 3 999 356,497 | 837,846 | 27,019 | 405 503,303 | 3 999 407,226 | 837,235 |
| axe platforme - 391+50.00 | 39+150 | -29,006 | 405 502,085 | 3 999 345,895 | 838,42 | 26,487 | 405 480,824 | 3 999 397,153 | 836,866 |
| axe platforme - 391+75.00 | 39+175 | -29,751 | 405 479,016 | 3 999 335,642 | 838,971 | 25,926 | 405 458,095 | 3 999 387,240 | 836,477 |
| axe platforme - 392+00.00 | 39+200 | -28,803 | 405 455,422 | 3 999 327,139 | 838,384 | 25,475 | 405 435,131 | 3 999 377,482 | 836,166 |
| axe platforme - 392+25.00 | 39+225 | -28,803 | 405 432,235 | 3 999 317,793 | 837,183 | 25,475 | 405 411,943 | 3 999 368,136 | 835,561 |
| axe platforme - 392+50.00 | 39+250 | -28,803 | 405 409,047 | 3 999 308,447 | 835,957 | 25,475 | 405 388,756 | 3 999 358,791 | 835,132 |
| axe platforme - 392+75.00 | 39+275 | -28,803 | 405 385,860 | 3 999 299,101 | 834,799 | 25,475 | 405 365,568 | 3 999 349,445 | 834,852 |
| axe platforme - 393+00.00 | 39+300 | -28,803 | 405 362,672 | 3 999 289,756 | 833,849 | 25,475 | 405 342,381 | 3 999 340,099 | 834,901 |
| axe platforme - 393+25.00 | 39+325 | -28,803 | 405 339,485 | 3 999 280,410 | 833,174 | 25,475 | 405 319,194 | 3 999 330,753 | 834,898 |
| axe platforme - 393+50.00 | 39+350 | -28,803 | 405 316,298 | 3 999 271,064 | 832,899 | 25,475 | 405 296,006 | 3 999 321,407 | 834,827 |
| axe platforme - 393+75.00 | 39+375 | -28,803 | 405 293,110 | 3 999 261,718 | 832,861 | 25,475 | 405 272,819 | 3 999 312,061 | 835,09 |
| axe platforme - 394+00.00 | 39+400 | -28,803 | 405 269,923 | 3 999 252,372 | 833,012 | 25,475 | 405 249,632 | 3 999 302,715 | 835,649 |
| axe platforme - 394+25.00 | 39+425 | -28,803 | 405 246,736 | 3 999 243,026 | 833,417 | 25,475 | 405 226,444 | 3 999 293,369 | 836,337 |
| axe platforme - 394+50.00 | 39+450 | -28,803 | 405 223,548 | 3 999 233,680 | 833,919 | 25,475 | 405 203,257 | 3 999 284,024 | 837,102 |
| axe platforme - 394+75.00 | 39+475 | -28,803 | 405 200,361 | 3 999 224,334 | 834,569 | 25,475 | 405 180,069 | 3 999 274,678 | 837,558 |
| axe platforme - 395+00.00 | 39+500 | -28,803 | 405 177,173 | 3 999 214,988 | 835,081 | 25,475 | 405 156,882 | 3 999 265,332 | 837,646 |
| axe platforme - 395+25.00 | 39+525 | -28,803 | 405 153,986 | 3 999 205,643 | 834,826 | 25,475 | 405 133,695 | 3 999 255,986 | 837,323 |
| axe platforme - 395+50.00 | 39+550 | -28,803 | 405 130,799 | 3 999 196,297 | 834,084 | 25,475 | 405 110,507 | 3 999 246,640 | 836,73 |
| axe platforme - 395+75.00 | 39+575 | -28,803 | 405 107,611 | 3 999 186,951 | 833,675 | 25,475 | 405 087,320 | 3 999 237,294 | 836,359 |
| axe platforme - 396+00.00 | 39+600 | -28,803 | 405 084,424 | 3 999 177,605 | 833,334 | 25,475 | 405 064,133 | 3 999 227,948 | 835,963 |
| axe platforme - 396+25.00 | 39+625 | -28,803 | 405 061,236 | 3 999 168,259 | 832,553 | 25,475 | 405 040,945 | 3 999 218,602 | 835,014 |
| axe platforme - 396+50.00 | 39+650 | -28,803 | 405 038,049 | 3 999 158,913 | 831,478 | 25,475 | 405 017,758 | 3 999 209,257 | 832,995 |
| axe platforme - 396+75.00 | 39+675 | -28,803 | 405 014,862 | 3 999 149,567 | 830,471 | 25,475 | 404 994,570 | 3 999 199,911 | 829,505 |
| axe platforme - 397+00.00 | 39+700 | -28,803 | 404 991,674 | 3 999 140,221 | 828,576 | 25,475 | 404 971,383 | 3 999 190,565 | 827,515 |
| axe platforme - 397+25.00 | 39+725 | -28,803 | 404 968,487 | 3 999 130,876 | 828,658 | 25,475 | 404 948,196 | 3 999 181,219 | 826,925 |
| axe platforme - 397+50.00 | 39+750 | -28,803 | 404 945,300 | 3 999 121,530 | 830,096 | 25,475 | 404 925,008 | 3 999 171,873 | 828,133 |

| Tabulation | Abscisse | Décalage G (m) | X G (m) | Y G (m) | Z G (m) | Décalage D (m) | X D (m) | Y D (m) | Z D (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| axe platforme - 397+75.00 | 39+775 | -28,803 | 404 922,112 | 3 999 112,184 | 830,94 | 25,475 | 404 901,821 | 3 999 162,527 | 830,038 |
| axe platforme - 398+00.00 | 39+800 | -28,803 | 404 898,925 | 3 999 102,838 | 831,484 | 25,475 | 404 878,634 | 3 999 153,181 | 831,865 |
| axe platforme - 398+25.00 | 39+825 | -28,803 | 404 875,737 | 3 999 093,492 | 832,025 | 25,475 | 404 855,446 | 3 999 143,835 | 833,056 |
| axe platforme - 398+50.00 | 39+850 | -28,803 | 404 852,550 | 3 999 084,146 | 832,653 | 25,475 | 404 832,259 | 3 999 134,489 | 833,904 |
| axe platforme - 398+75.00 | 39+875 | -28,803 | 404 829,363 | 3 999 074,800 | 833,493 | 25,475 | 404 809,071 | 3 999 125,144 | 834,356 |
| axe platforme - 399+00.00 | 39+900 | -28,803 | 404 806,175 | 3 999 065,454 | 834,65 | 25,475 | 404 785,884 | 3 999 115,798 | 835,112 |
| axe platforme - 399+25.00 | 39+925 | -28,803 | 404 782,988 | 3 999 056,109 | 836,513 | 25,475 | 404 762,697 | 3 999 106,452 | 836,661 |
| axe platforme - 399+50.00 | 39+950 | -28,803 | 404 759,801 | 3 999 046,763 | 838,719 | 25,475 | 404 739,509 | 3 999 097,106 | 838,824 |
| axe platforme - 399+75.00 | 39+975 | -28,803 | 404 736,613 | 3 999 037,417 | 840,464 | 25,475 | 404 716,322 | 3 999 087,760 | 841,108 |
| axe platforme - 400+00.00 | 40+000 | -28,803 | 404 713,426 | 3 999 028,071 | 840,091 | 25,475 | 404 693,135 | 3 999 078,414 | 840,881 |
| axe platforme - 400+25.00 | 40+025 | -28,803 | 404 690,238 | 3 999 018,725 | 839,261 | 25,475 | 404 669,947 | 3 999 069,068 | 839,79 |
| axe platforme - 400+50.00 | 40+050 | -28,803 | 404 667,051 | 3 999 009,379 | 837,908 | 25,475 | 404 646,760 | 3 999 059,722 | 837,434 |
| axe platforme - 400+75.00 | 40+075 | -28,803 | 404 643,864 | 3 999 000,033 | 836,626 | 25,475 | 404 623,572 | 3 999 050,377 | 835,443 |
| axe platforme - 401+00.00 | 40+100 | -28,803 | 404 620,676 | 3 998 990,687 | 836,172 | 25,475 | 404 600,385 | 3 999 041,031 | 833,725 |
| axe platforme - 401+25.00 | 40+125 | -28,803 | 404 597,489 | 3 998 981,342 | 836,074 | 25,475 | 404 577,198 | 3 999 031,685 | 833,067 |
| axe platforme - 401+50.00 | 40+150 | -28,803 | 404 574,302 | 3 998 971,996 | 835,851 | 25,475 | 404 554,010 | 3 999 022,339 | 833,429 |
| axe platforme - 401+75.00 | 40+175 | -28,803 | 404 551,114 | 3 998 962,650 | 834,926 | 25,475 | 404 530,823 | 3 999 012,993 | 832,894 |
| axe platforme - 402+00.00 | 40+200 | -28,803 | 404 527,927 | 3 998 953,304 | 834,095 | 25,475 | 404 507,635 | 3 999 003,647 | 832,792 |
| axe platforme - 402+25.00 | 40+225 | -28,803 | 404 504,739 | 3 998 943,958 | 833,064 | 25,475 | 404 484,448 | 3 998 994,301 | 832,13 |
| axe platforme - 402+50.00 | 40+250 | -28,803 | 404 481,552 | 3 998 934,612 | 832,051 | 25,475 | 404 461,261 | 3 998 984,955 | 830,588 |
| axe platforme - 402+75.00 | 40+275 | -28,803 | 404 458,365 | 3 998 925,266 | 832,155 | 25,475 | 404 438,073 | 3 998 975,610 | 829,763 |
| axe platforme - 403+00.00 | 40+300 | -28,803 | 404 435,177 | 3 998 915,920 | 832,887 | 25,475 | 404 414,886 | 3 998 966,264 | 829,984 |
| axe platforme - 403+25.00 | 40+325 | -28,803 | 404 411,990 | 3 998 906,574 | 833,55 | 25,475 | 404 391,699 | 3 998 956,918 | 829,984 |
| axe platforme - 403+50.00 | 40+350 | -28,803 | 404 388,803 | 3 998 897,229 | 833,094 | 25,475 | 404 368,511 | 3 998 947,572 | 829,669 |
| axe platforme - 403+75.00 | 40+375 | -28,803 | 404 365,615 | 3 998 887,883 | 831,414 | 25,475 | 404 345,324 | 3 998 938,226 | 828,897 |
| axe platforme - 404+00.00 | 40+400 | -28,803 | 404 342,428 | 3 998 878,537 | 829,969 | 25,475 | 404 322,136 | 3 998 928,880 | 828,172 |
| axe platforme - 404+25.00 | 40+425 | -28,803 | 404 319,240 | 3 998 869,191 | 830,066 | 25,475 | 404 298,949 | 3 998 919,534 | 827,849 |
| axe platforme - 404+50.00 | 40+450 | -28,803 | 404 296,053 | 3 998 859,845 | 830,575 | 25,475 | 404 275,762 | 3 998 910,188 | 828,513 |

| Tabulation | Abscisse | Décalage G (m) | X G (m) | Y G (m) | Z G (m) | Décalage D (m) | X D (m) | Y D (m) | Z D (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| axe platforme - 404+75.00 | 40+475 | -28,803 | 404 272,866 | 3 998 850,499 | 831,013 | 25,475 | 404 252,574 | 3 998 900,842 | 829,041 |
| axe platforme - 405+00.00 | 40+500 | -28,803 | 404 249,678 | 3 998 841,153 | 831,305 | 25,475 | 404 229,387 | 3 998 891,497 | 829,357 |
| axe platforme - 405+25.00 | 40+525 | -28,803 | 404 226,491 | 3 998 831,807 | 831,241 | 25,475 | 404 206,200 | 3 998 882,151 | 829,568 |
| axe platforme - 405+50.00 | 40+550 | -28,803 | 404 203,303 | 3 998 822,462 | 830,826 | 25,475 | 404 183,012 | 3 998 872,805 | 829,178 |
| axe platforme - 405+75.00 | 40+575 | -14,17 | 404 174,645 | 3 998 826,688 | 830,276 | 12,942 | 404 164,511 | 3 998 851,834 | 829,459 |
| axe platforme - 406+00.00 | 40+600 | -14,624 | 404 151,622 | 3 998 816,923 | 830,58 | 13,264 | 404 141,205 | 3 998 842,793 | 829,679 |
| axe platforme - 406+25.00 | 40+625 | -15,046 | 404 128,578 | 3 998 807,197 | 830,863 | 13,522 | 404 117,923 | 3 998 833,703 | 829,856 |
| axe platforme - 406+50.00 | 40+650 | -14,91 | 404 105,315 | 3 998 798,003 | 830,775 | 13,453 | 404 094,760 | 3 998 824,329 | 829,815 |
| axe platforme - 406+75.00 | 40+675 | -14,821 | 404 082,055 | 3 998 788,789 | 830,717 | 13,582 | 404 071,518 | 3 998 815,166 | 829,907 |
| axe platforme - 407+00.00 | 40+700 | -15,151 | 404 058,932 | 3 998 779,217 | 830,939 | 14,139 | 404 048,108 | 3 998 806,434 | 830,283 |
| axe platforme - 407+25.00 | 40+725 | -15,269 | 404 035,711 | 3 998 769,879 | 831,02 | 14,448 | 404 024,781 | 3 998 797,513 | 830,494 |
| axe platforme - 407+50.00 | 40+750 | -14,687 | 404 012,210 | 3 998 761,238 | 830,634 | 13,61 | 404 001,859 | 3 998 787,574 | 829,94 |
| axe platforme - 407+75.00 | 40+775 | -14,208 | 403 988,724 | 3 998 752,555 | 830,317 | 12,85 | 403 978,888 | 3 998 777,762 | 829,439 |
| axe platforme - 408+00.00 | 40+800 | -13,864 | 403 965,265 | 3 998 743,805 | 830,092 | 12,703 | 403 955,670 | 3 998 768,578 | 829,345 |
| axe platforme - 408+25.00 | 40+825 | -13,759 | 403 941,871 | 3 998 734,890 | 830,026 | 12,666 | 403 932,389 | 3 998 759,554 | 829,324 |
| axe platforme - 408+50.00 | 40+850 | -14,009 | 403 918,583 | 3 998 725,701 | 830,198 | 13,425 | 403 908,802 | 3 998 751,332 | 829,834 |
| axe platforme - 408+75.00 | 40+875 | -14,2 | 403 895,249 | 3 998 716,627 | 830,33 | 14,018 | 403 885,255 | 3 998 743,015 | 830,234 |
| axe platforme - 409+00.00 | 40+900 | -14,237 | 403 871,838 | 3 998 707,754 | 830,359 | 14,192 | 403 861,836 | 3 998 734,366 | 830,355 |
| axe platforme - 409+25.00 | 40+925 | -14,287 | 403 848,410 | 3 998 698,928 | 830,397 | 14,286 | 403 838,424 | 3 998 725,699 | 830,421 |
| axe platforme - 409+50.00 | 40+950 | -14,537 | 403 825,029 | 3 998 689,973 | 830,568 | 14,254 | 403 815,034 | 3 998 716,973 | 830,404 |
| axe platforme - 409+75.00 | 40+975 | -14,571 | 403 801,551 | 3 998 681,279 | 830,595 | 14,161 | 403 791,644 | 3 998 708,249 | 830,346 |
| axe platforme - 410+00.00 | 41+000 | -14,044 | 403 777,859 | 3 998 673,170 | 830,249 | 13,84 | 403 768,309 | 3 998 699,369 | 830,137 |
| axe platforme - 410+25.00 | 41+025 | -13,463 | 403 754,129 | 3 998 665,173 | 829,866 | 13,368 | 403 745,003 | 3 998 690,405 | 829,826 |
| axe platforme - 410+50.00 | 41+050 | -12,619 | 403 730,292 | 3 998 657,482 | 829,308 | 11,843 | 403 722,030 | 3 998 680,507 | 828,813 |
| axe platforme - 410+75.00 | 41+075 | -11,589 | 403 706,375 | 3 998 650,028 | 828,625 | 10,469 | 403 698,977 | 3 998 670,807 | 827,901 |
| axe platforme - 411+00.00 | 41+100 | -11,907 | 403 682,892 | 3 998 641,362 | 828,842 | 10,546 | 403 675,414 | 3 998 662,534 | 827,957 |
| axe platforme - 411+25.00 | 41+125 | -12,211 | 403 659,381 | 3 998 632,769 | 829,049 | 10,614 | 403 651,833 | 3 998 654,310 | 828,007 |
| axe platforme - 411+50.00 | 41+150 | -12,688 | 403 635,905 | 3 998 624,070 | 829,372 | 10,73 | 403 628,216 | 3 998 646,190 | 828,088 |

| Tabulation | Abscisse | Décalage G (m) | X G (m) | Y G (m) | Z G (m) | Décalage D (m) | X D (m) | Y D (m) | Z D (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| axe platforme - 411+75.00 | 41+175 | -13,006 | 403 612,354 | 3 998 615,581 | 829,58 | 10,905 | 403 604,560 | 3 998 638,186 | 828,201 |
| axe platforme - 412+00.00 | 41+200 | -13,658 | 403 588,890 | 3 998 606,834 | 829,971 | 11,371 | 403 580,790 | 3 998 630,516 | 828,468 |
| axe platforme - 412+25.00 | 41+225 | -14,123 | 403 565,342 | 3 998 598,322 | 830,239 | 11,837 | 403 557,003 | 3 998 622,906 | 828,736 |
| axe platforme - 412+50.00 | 41+250 | -14,961 | 403 541,891 | 3 998 589,515 | 830,755 | 13,03 | 403 532,965 | 3 998 616,045 | 829,488 |
| axe platforme - 412+75.00 | 41+275 | -15,959 | 403 518,466 | 3 998 580,614 | 831,378 | 14,156 | 403 508,935 | 3 998 609,181 | 830,196 |
| axe platforme - 413+00.00 | 41+300 | -17,474 | 403 495,180 | 3 998 571,280 | 832,345 | 15,436 | 403 484,842 | 3 998 602,525 | 831,006 |
| axe platforme - 413+25.00 | 41+325 | -18,771 | 403 471,798 | 3 998 562,211 | 833,167 | 16,253 | 403 460,879 | 3 998 595,490 | 831,508 |
| axe platforme - 413+50.00 | 41+350 | -21,544 | 403 448,848 | 3 998 551,795 | 833,56 | 16,689 | 403 437,019 | 3 998 588,152 | 831,755 |
| axe platforme - 413+75.00 | 41+375 | -21,458 | 403 424,987 | 3 998 544,155 | 833,46 | 17,023 | 403 413,173 | 3 998 580,778 | 831,935 |
| axe platforme - 414+00.00 | 41+400 | -22,644 | 403 401,495 | 3 998 535,364 | 834,208 | 19,049 | 403 388,794 | 3 998 575,076 | 833,243 |
| axe platforme - 414+25.00 | 41+425 | -23,822 | 403 377,975 | 3 998 526,639 | 834,95 | 22,98 | 403 363,830 | 3 998 571,252 | 834,407 |
| axe platforme - 414+50.00 | 41+450 | -25,365 | 403 354,541 | 3 998 517,623 | 835,936 | 24,021 | 403 339,733 | 3 998 564,737 | 835,058 |
| axe platforme - 414+75.00 | 41+475 | -26,775 | 403 331,041 | 3 998 508,791 | 836,834 | 24,393 | 403 315,820 | 3 998 557,643 | 835,263 |
| axe platforme - 415+00.00 | 41+500 | -28,119 | 403 307,496 | 3 998 500,081 | 837,687 | 24,717 | 403 291,905 | 3 998 550,564 | 835,436 |
| axe platforme - 415+25.00 | 41+525 | -29,089 | 403 283,817 | 3 998 491,785 | 838,291 | 25,29 | 403 267,901 | 3 998 543,783 | 835,775 |
| axe platforme - 415+50.00 | 41+550 | -32,584 | 403 260,847 | 3 998 481,132 | 839,165 | 26,815 | 403 243,604 | 3 998 537,974 | 836,749 |
| axe platforme - 415+75.00 | 41+575 | -33,8 | 403 237,187 | 3 998 472,717 | 839,933 | 28,435 | 403 219,269 | 3 998 532,317 | 837,786 |
| axe platforme - 416+00.00 | 41+600 | -34,51 | 403 213,358 | 3 998 464,845 | 840,364 | 29,598 | 403 195,055 | 3 998 526,284 | 838,518 |
| axe platforme - 416+25.00 | 41+625 | -34,986 | 403 189,442 | 3 998 457,256 | 840,638 | 32,149 | 403 170,435 | 3 998 521,644 | 838,762 |
| axe platforme - 416+50.00 | 41+650 | -35,346 | 403 165,473 | 3 998 449,837 | 840,836 | 30,035 | 403 147,120 | 3 998 512,590 | 838,723 |
| axe platforme - 416+75.00 | 41+675 | -36,023 | 403 141,573 | 3 998 442,175 | 841,244 | 32,37 | 403 122,539 | 3 998 507,866 | 838,823 |
| axe platforme - 417+00.00 | 41+700 | -36,552 | 403 117,612 | 3 998 434,714 | 841,554 | 33,269 | 403 098,347 | 3 998 501,824 | 839,38 |
| axe platforme - 417+25.00 | 41+725 | -37,187 | 403 093,659 | 3 998 427,210 | 841,935 | 34,062 | 403 074,172 | 3 998 495,743 | 839,865 |
| axe platforme - 417+50.00 | 41+750 | -38,516 | 403 069,878 | 3 998 419,098 | 842,779 | 34,249 | 403 050,146 | 3 998 489,137 | 839,947 |
| axe platforme - 417+75.00 | 41+775 | -39,459 | 403 045,983 | 3 998 411,414 | 843,366 | 34,598 | 403 026,051 | 3 998 482,739 | 840,136 |
| axe platforme - 418+00.00 | 41+800 | -39,514 | 403 021,845 | 3 998 404,637 | 843,361 | 35,243 | 403 001,855 | 3 998 476,671 | 840,522 |
| axe platforme - 418+25.00 | 41+825 | -39,636 | 402 997,726 | 3 998 397,836 | 843,401 | 35,775 | 402 977,669 | 3 998 470,531 | 840,834 |
| axe platforme - 418+50.00 | 41+850 | -39,903 | 402 973,648 | 3 998 390,932 | 843,537 | 36,042 | 402 953,535 | 3 998 464,166 | 840,969 |

| Tabulation | Abscisse | Décalage G (m) | X G (m) | Y G (m) | Z G (m) | Décalage D (m) | X D (m) | Y D (m) | Z D (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| axe platforme - 418+75.00 | 41+875 | -40,241 | 402 949,593 | 3 998 383,988 | 843,72 | 36,356 | 402 929,372 | 3 998 457,868 | 841,135 |
| axe platforme - 419+00.00 | 41+900 | -40,755 | 402 925,592 | 3 998 376,893 | 844,022 | 36,529 | 402 905,231 | 3 998 451,447 | 841,206 |
| axe platforme - 419+25.00 | 41+925 | -43,409 | 402 902,163 | 3 998 367,748 | 844,335 | 36,45 | 402 881,143 | 3 998 444,790 | 841,11 |
| axe platforme - 419+50.00 | 41+950 | -43,526 | 402 878,076 | 3 998 361,054 | 844,371 | 35,931 | 402 857,161 | 3 998 437,709 | 840,721 |
| axe platforme - 419+75.00 | 41+975 | -40,932 | 402 853,274 | 3 998 356,977 | 844,012 | 34,967 | 402 833,297 | 3 998 430,199 | 840,035 |
| axe platforme - 420+00.00 | 42+000 | -40,029 | 402 828,918 | 3 998 351,268 | 843,367 | 29,676 | 402 810,571 | 3 998 418,514 | 837,879 |
| axe platforme - 420+25.00 | 42+025 | -38,717 | 402 804,454 | 3 998 345,953 | 842,45 | 26,14 | 402 787,383 | 3 998 408,522 | 835,478 |
| axe platforme - 420+50.00 | 42+050 | -35,938 | 402 779,604 | 3 998 342,053 | 840,554 | 22,377 | 402 764,255 | 3 998 398,312 | 832,926 |
| axe platforme - 420+75.00 | 42+075 | -29,791 | 402 753,868 | 3 998 341,404 | 837,826 | 17,032 | 402 741,543 | 3 998 386,575 | 830,734 |
| axe platforme - 421+00.00 | 42+100 | -24,006 | 402 728,227 | 3 998 340,404 | 833,927 | 14,183 | 402 718,175 | 3 998 377,246 | 828,792 |
| axe platforme - 421+25.00 | 42+125 | -15,559 | 402 701,885 | 3 998 341,972 | 829,666 | 11,159 | 402 694,852 | 3 998 367,749 | 826,733 |
| axe platforme - 421+50.00 | 42+150 | -8,251 | 402 675,843 | 3 998 342,443 | 825,787 | 10,868 | 402 670,811 | 3 998 360,887 | 824,042 |
| axe platforme - 421+75.00 | 42+175 | -12,755 | 402 652,910 | 3 998 331,517 | 822,741 | 15,627 | 402 645,440 | 3 998 358,898 | 820,827 |
| axe platforme - 422+00.00 | 42+200 | -17,667 | 402 630,085 | 3 998 320,198 | 819,423 | 23,117 | 402 619,350 | 3 998 359,544 | 817,044 |
| axe platforme - 422+25.00 | 42+225 | -23,996 | 402 607,632 | 3 998 307,512 | 816,415 | 27,419 | 402 594,099 | 3 998 357,114 | 814,133 |
| axe platforme - 422+50.00 | 42+250 | -26,793 | 402 584,250 | 3 998 298,233 | 814,507 | 28,985 | 402 569,568 | 3 998 352,045 | 813,046 |
| axe platforme - 422+75.00 | 42+275 | -28,557 | 402 560,596 | 3 998 289,951 | 813,288 | 30,303 | 402 545,103 | 3 998 346,735 | 812,124 |
| axe platforme - 423+00.00 | 42+300 | -28,187 | 402 536,380 | 3 998 283,728 | 813,492 | 29,423 | 402 521,216 | 3 998 339,306 | 812,668 |
| axe platforme - 423+25.00 | 42+325 | -27,608 | 402 512,109 | 3 998 277,706 | 813,835 | 28,637 | 402 497,304 | 3 998 331,968 | 813,149 |
| axe platforme - 423+50.00 | 42+350 | -25,375 | 402 487,403 | 3 998 273,280 | 815,281 | 27,599 | 402 473,459 | 3 998 324,386 | 813,798 |
| axe platforme - 423+75.00 | 42+375 | -23,211 | 402 462,715 | 3 998 268,787 | 816,68 | 26,127 | 402 449,728 | 3 998 316,385 | 814,736 |
| axe platforme - 424+00.00 | 42+400 | -20,966 | 402 438,005 | 3 998 264,373 | 817,5 | 23,92 | 402 426,191 | 3 998 307,676 | 816,165 |
| axe platforme - 424+25.00 | 42+425 | -18,405 | 402 413,213 | 3 998 260,263 | 818,545 | 23,025 | 402 402,308 | 3 998 300,232 | 816,718 |
| axe platforme - 424+50.00 | 42+450 | -16,003 | 402 388,462 | 3 998 256,000 | 820,104 | 18,997 | 402 379,250 | 3 998 289,765 | 818,108 |
| axe platforme - 424+75.00 | 42+475 | -13,713 | 402 363,741 | 3 998 251,629 | 821,587 | 16,877 | 402 355,689 | 3 998 281,140 | 819,478 |
| axe platforme - 425+00.00 | 42+500 | -10,617 | 402 338,808 | 3 998 248,035 | 823,609 | 14,747 | 402 332,131 | 3 998 272,505 | 820,855 |
| axe platforme - 425+25.00 | 42+525 | -10,079 | 402 314,548 | 3 998 241,974 | 823,924 | 13,541 | 402 308,330 | 3 998 264,761 | 821,616 |
| axe platforme - 425+50.00 | 42+550 | -10,293 | 402 290,485 | 3 998 235,188 | 823,739 | 13,309 | 402 284,273 | 3 998 257,957 | 821,728 |

| Tabulation | Abscisse | Décalage G (m) | X G (m) | Y G (m) | Z G (m) | Décalage D (m) | X D (m) | Y D (m) | Z D (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| axe platforme - 425+75.00 | 42+575 | -9,925 | 402 266,270 | 3 998 228,962 | 823,941 | 10,641 | 402 260,857 | 3 998 248,802 | 823,464 |
| axe platforme - 426+00.00 | 42+600 | -10,432 | 402 242,285 | 3 998 221,893 | 825,449 | 8,268 | 402 237,363 | 3 998 239,933 | 825,02 |
| axe platforme - 426+25.00 | 42+625 | -11,83 | 402 218,535 | 3 998 213,964 | 826,371 | 10,975 | 402 212,532 | 3 998 235,965 | 825,802 |
| axe platforme - 426+50.00 | 42+650 | -11,97 | 402 194,453 | 3 998 207,248 | 826,456 | 10,556 | 402 188,524 | 3 998 228,980 | 825,513 |
| axe platforme - 426+75.00 | 42+675 | -11,777 | 402 170,284 | 3 998 200,854 | 826,318 | 10,237 | 402 164,489 | 3 998 222,092 | 825,291 |
| axe platforme - 427+00.00 | 42+700 | -11,457 | 402 146,081 | 3 998 194,582 | 826,095 | 10,824 | 402 140,216 | 3 998 216,078 | 825,673 |
| axe platforme - 427+25.00 | 42+725 | -11,976 | 402 122,099 | 3 998 187,502 | 826,431 | 11,754 | 402 115,853 | 3 998 210,395 | 826,284 |
| axe platforme - 427+50.00 | 42+750 | -13,639 | 402 098,419 | 3 998 179,316 | 827,531 | 13,215 | 402 091,350 | 3 998 205,223 | 827,248 |
| axe platforme - 427+75.00 | 42+775 | -14,683 | 402 074,575 | 3 998 171,729 | 828,217 | 14,189 | 402 066,975 | 3 998 199,583 | 827,888 |
| axe platforme - 428+00.00 | 42+800 | -14,884 | 402 050,509 | 3 998 164,955 | 828,342 | 14,067 | 402 042,889 | 3 998 192,885 | 827,798 |
| axe platforme - 428+25.00 | 42+825 | -14,678 | 402 026,337 | 3 998 158,573 | 828,196 | 13,795 | 402 018,842 | 3 998 186,042 | 827,607 |
| axe platforme - 428+50.00 | 42+850 | -14,278 | 402 002,113 | 3 998 152,379 | 827,92 | 13,221 | 401 994,875 | 3 998 178,908 | 827,215 |
| axe platforme - 428+75.00 | 42+875 | -13,448 | 401 977,776 | 3 998 146,599 | 827,357 | 12,27 | 401 971,007 | 3 998 171,410 | 826,571 |
| axe platforme - 429+00.00 | 42+900 | -12,474 | 401 953,401 | 3 998 140,958 | 826,698 | 11,342 | 401 947,133 | 3 998 163,935 | 825,944 |
| axe platforme - 429+25.00 | 42+925 | -11,559 | 401 929,042 | 3 998 135,260 | 826,079 | 10,556 | 401 923,221 | 3 998 156,596 | 825,41 |
| axe platforme - 429+50.00 | 42+950 | -10,811 | 401 904,727 | 3 998 129,402 | 825,571 | 10,244 | 401 899,185 | 3 998 149,715 | 825,193 |
| axe platforme - 429+75.00 | 42+975 | -11,863 | 401 880,885 | 3 998 121,807 | 826,263 | 11,091 | 401 874,844 | 3 998 143,951 | 825,748 |
| axe platforme - 430+00.00 | 43+000 | -12,593 | 401 856,959 | 3 998 114,522 | 826,74 | 11,241 | 401 850,686 | 3 998 137,515 | 825,839 |
| axe platforme - 430+25.00 | 43+025 | -12,873 | 401 832,914 | 3 998 107,672 | 826,918 | 11,555 | 401 826,484 | 3 998 131,238 | 826,039 |
| axe platforme - 430+50.00 | 43+050 | -13,271 | 401 808,900 | 3 998 100,708 | 827,173 | 11,775 | 401 802,308 | 3 998 124,871 | 826,177 |
| axe platforme - 430+75.00 | 43+075 | -13,766 | 401 784,912 | 3 998 093,650 | 827,494 | 12,311 | 401 778,049 | 3 998 118,807 | 826,524 |
| axe platforme - 431+00.00 | 43+100 | -14,126 | 401 760,889 | 3 998 086,722 | 827,725 | 12,934 | 401 753,766 | 3 998 112,828 | 826,93 |
| axe platforme - 431+25.00 | 43+125 | -14,59 | 401 736,892 | 3 998 079,694 | 828,025 | 14,003 | 401 729,366 | 3 998 107,279 | 827,634 |
| axe platforme - 431+50.00 | 43+150 | -15,483 | 401 713,009 | 3 998 072,252 | 828,611 | 15,289 | 401 704,909 | 3 998 101,939 | 828,481 |
| axe platforme - 431+75.00 | 43+175 | -16,412 | 401 689,135 | 3 998 064,775 | 829,221 | 16,759 | 401 680,404 | 3 998 096,777 | 829,452 |
| axe platforme - 432+00.00 | 43+200 | -17,526 | 401 665,310 | 3 998 057,120 | 829,954 | 18,131 | 401 655,925 | 3 998 091,520 | 830,357 |
| axe platforme - 432+25.00 | 43+225 | -18,334 | 401 641,404 | 3 998 049,761 | 830,483 | 21,677 | 401 630,873 | 3 998 088,361 | 831,299 |
| axe platforme - 432+50.00 | 43+250 | -21,906 | 401 618,226 | 3 998 039,734 | 831,443 | 22,696 | 401 606,486 | 3 998 082,763 | 831,969 |

| Tabulation | Abscisse | Décalage G (m) | X G (m) | Y G (m) | Z G (m) | Décalage D (m) | X D (m) | Y D (m) | Z D (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| axe platforme - 432+75.00 | 43+275 | -22,326 | 401 594,218 | 3 998 032,749 | 831,713 | 24,329 | 401 581,938 | 3 998 077,758 | 833,048 |
| axe platforme - 433+00.00 | 43+300 | -23,004 | 401 570,278 | 3 998 025,515 | 832,155 | 26,512 | 401 557,245 | 3 998 073,285 | 834,495 |
| axe platforme - 433+25.00 | 43+325 | -22,488 | 401 546,024 | 3 998 019,432 | 831,802 | 27,774 | 401 532,794 | 3 998 067,921 | 835,326 |
| axe platforme - 433+50.00 | 43+350 | -24,332 | 401 522,391 | 3 998 011,072 | 833,022 | 26,175 | 401 509,097 | 3 998 059,798 | 834,251 |
| axe platforme - 433+75.00 | 43+375 | -24,686 | 401 498,365 | 3 998 004,150 | 833,249 | 24,399 | 401 485,446 | 3 998 051,505 | 833,058 |
| axe platforme - 434+00.00 | 43+400 | -24,961 | 401 474,319 | 3 997 997,305 | 833,423 | 23,956 | 401 461,444 | 3 998 044,497 | 832,753 |
| axe platforme - 434+25.00 | 43+425 | -25,461 | 401 450,332 | 3 997 990,243 | 833,747 | 25,258 | 401 436,983 | 3 998 039,173 | 833,612 |
| axe platforme - 434+50.00 | 43+450 | -26,147 | 401 426,395 | 3 997 983,000 | 834,195 | 27,685 | 401 412,225 | 3 998 034,933 | 835,22 |
| axe platforme - 434+75.00 | 43+475 | -26,931 | 401 402,483 | 3 997 975,663 | 834,709 | 29,724 | 401 387,570 | 3 998 030,321 | 836,57 |
| axe platforme - 435+00.00 | 43+500 | -27,91 | 401 378,622 | 3 997 968,139 | 835,351 | 32,556 | 401 362,706 | 3 998 026,472 | 837,035 |
| axe platforme - 435+25.00 | 43+525 | -28,3 | 401 354,621 | 3 997 961,182 | 835,605 | 33,533 | 401 338,315 | 3 998 020,826 | 837,671 |
| axe platforme - 435+50.00 | 43+550 | -27,42 | 401 330,319 | 3 997 955,432 | 835,012 | 34,242 | 401 313,968 | 3 998 014,886 | 838,126 |
| axe platforme - 435+75.00 | 43+575 | -26,814 | 401 306,125 | 3 997 949,377 | 834,6 | 34,801 | 401 289,639 | 3 998 008,745 | 838,484 |
| axe platforme - 436+00.00 | 43+600 | -26,135 | 401 281,934 | 3 997 943,328 | 834,138 | 35,276 | 401 265,338 | 3 998 002,454 | 838,792 |
| axe platforme - 436+25.00 | 43+625 | -26,089 | 401 257,931 | 3 997 936,602 | 834,098 | 35,054 | 401 241,244 | 3 997 995,424 | 838,634 |
| axe platforme - 436+50.00 | 43+650 | -25,156 | 401 233,702 | 3 997 930,663 | 833,467 | 33,582 | 401 217,515 | 3 997 987,126 | 837,644 |
| axe platforme - 436+75.00 | 43+675 | -24,26 | 401 209,498 | 3 997 924,619 | 832,86 | 30,051 | 401 194,385 | 3 997 976,785 | 836,694 |
| axe platforme - 437+00.00 | 43+700 | -23,413 | 401 185,322 | 3 997 918,461 | 832,286 | 29,718 | 401 170,396 | 3 997 969,452 | 836,462 |
| axe platforme - 437+25.00 | 43+725 | -23,266 | 401 161,359 | 3 997 911,564 | 832,179 | 28,255 | 401 146,748 | 3 997 960,970 | 835,478 |
| axe platforme - 437+50.00 | 43+750 | -22,869 | 401 137,343 | 3 997 904,840 | 831,905 | 25,337 | 401 123,544 | 3 997 951,028 | 833,523 |
| axe platforme - 437+75.00 | 43+775 | -18,886 | 401 112,309 | 3 997 901,482 | 830,654 | 22,201 | 401 100,439 | 3 997 940,816 | 831,423 |
| axe platforme - 438+00.00 | 43+800 | -12,337 | 401 086,527 | 3 997 900,505 | 826,279 | 16,507 | 401 078,116 | 3 997 928,095 | 829,031 |
| axe platforme - 438+25.00 | 43+825 | -10,989 | 401 062,259 | 3 997 894,481 | 822,741 | 11,312 | 401 055,698 | 3 997 915,794 | 825,558 |
| axe platforme - 438+50.00 | 43+850 | -11,719 | 401 038,622 | 3 997 886,404 | 822,245 | 10,587 | 401 032,000 | 3 997 907,704 | 823,024 |
| axe platforme - 438+75.00 | 43+875 | -13,624 | 401 015,361 | 3 997 877,141 | 820,966 | 10,882 | 401 008,020 | 3 997 900,522 | 822,818 |
| axe platforme - 439+00.00 | 43+900 | -19,374 | 400 993,293 | 3 997 864,150 | 817,123 | 11,36 | 400 984,006 | 3 997 893,446 | 822,49 |
| axe platforme - 439+25.00 | 43+925 | -19,54 | 400 969,574 | 3 997 856,420 | 817,003 | 19,324 | 400 957,727 | 3 997 893,435 | 817,171 |
| axe platforme - 439+50.00 | 43+950 | -16,006 | 400 944,740 | 3 997 852,145 | 819,349 | 13,142 | 400 935,777 | 3 997 879,882 | 821,283 |

| Tabulation | Abscisse | Décalage G (m) | X G (m) | Y G (m) | Z G (m) | Décalage D (m) | X D (m) | Y D (m) | Z D (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| axe platforme - 439+75.00 | 43+975 | -14,034 | 400 920,392 | 3 997 846,315 | 820,655 | 13,575 | 400 911,830 | 3 997 872,562 | 820,985 |
| axe platforme - 440+00.00 | 44+000 | -9,908 | 400 895,382 | 3 997 842,460 | 823,397 | 10,915 | 400 888,869 | 3 997 862,238 | 822,749 |
| axe platforme - 440+25.00 | 44+025 | -12,281 | 400 872,421 | 3 997 832,365 | 826,157 | 8,281 | 400 865,937 | 3 997 851,877 | 824,496 |
| axe platforme - 440+50.00 | 44+050 | -15,231 | 400 849,679 | 3 997 821,661 | 828,114 | 12,746 | 400 840,782 | 3 997 848,185 | 826,43 |
| axe platforme - 440+75.00 | 44+075 | -14,416 | 400 825,767 | 3 997 814,463 | 827,562 | 12,989 | 400 816,979 | 3 997 840,421 | 826,583 |
| axe platforme - 441+00.00 | 44+100 | -18,157 | 400 803,345 | 3 997 802,886 | 830,046 | 15,894 | 400 792,337 | 3 997 835,109 | 828,511 |
| axe platforme - 441+25.00 | 44+125 | -18,196 | 400 779,760 | 3 997 794,750 | 830,063 | 17,141 | 400 768,243 | 3 997 828,158 | 829,332 |
| axe platforme - 441+50.00 | 44+150 | -19,038 | 400 756,461 | 3 997 785,791 | 830,615 | 17,568 | 400 744,434 | 3 997 820,365 | 829,608 |
| axe platforme - 441+75.00 | 44+175 | -18,401 | 400 732,698 | 3 997 778,164 | 830,181 | 18,349 | 400 720,528 | 3 997 812,840 | 830,119 |
| axe platforme - 442+00.00 | 44+200 | -23,928 | 400 711,014 | 3 997 764,658 | 832,443 | 22,228 | 400 695,608 | 3 997 808,167 | 831,282 |
| axe platforme - 442+25.00 | 44+225 | -25,218 | 400 687,956 | 3 997 755,089 | 833,294 | 23,68 | 400 671,506 | 3 997 801,137 | 832,241 |
| axe platforme - 442+50.00 | 44+250 | -27,713 | 400 665,336 | 3 997 744,322 | 834,948 | 25,2 | 400 647,398 | 3 997 794,102 | 833,245 |
| axe platforme - 442+75.00 | 44+275 | -23,746 | 400 640,546 | 3 997 739,569 | 832,294 | 25,417 | 400 623,750 | 3 997 785,774 | 833,381 |
| axe platforme - 443+00.00 | 44+300 | -25,294 | 400 617,656 | 3 997 729,565 | 833,316 | 26,118 | 400 599,958 | 3 997 777,835 | 833,839 |
| axe platforme - 443+25.00 | 44+325 | -27,087 | 400 594,884 | 3 997 719,269 | 834,502 | 27 | 400 576,124 | 3 997 769,998 | 834,417 |
| axe platforme - 443+50.00 | 44+350 | -29,248 | 400 572,274 | 3 997 708,567 | 835,933 | 27,305 | 400 552,512 | 3 997 761,554 | 834,611 |
| axe platforme - 443+75.00 | 44+375 | -34,757 | 400 550,878 | 3 997 694,670 | 838,184 | 27,859 | 400 528,834 | 3 997 753,277 | 834,971 |
| axe platforme - 444+00.00 | 44+400 | -32,309 | 400 526,712 | 3 997 688,159 | 836,542 | 28,361 | 400 505,196 | 3 997 744,886 | 835,297 |
| axe platforme - 444+25.00 | 44+425 | -34,425 | 400 504,190 | 3 997 677,316 | 837,944 | 28,567 | 400 481,686 | 3 997 736,151 | 835,424 |
| axe platforme - 444+50.00 | 44+450 | -29,364 | 400 479,120 | 3 997 673,108 | 835,974 | 27,547 | 400 458,641 | 3 997 726,208 | 834,735 |
| axe platforme - 444+75.00 | 44+475 | -27,689 | 400 455,276 | 3 997 665,671 | 834,848 | 26,264 | 400 435,722 | 3 997 715,956 | 833,871 |
| axe platforme - 445+00.00 | 44+500 | -24,914 | 400 431,047 | 3 997 659,190 | 832,988 | 21,636 | 400 414,055 | 3 997 702,528 | 830,776 |
| axe platforme - 445+25.00 | 44+525 | -27,42 | 400 408,770 | 3 997 647,727 | 834,65 | 17,755 | 400 392,164 | 3 997 689,739 | 829,593 |
| axe platforme - 445+50.00 | 44+550 | -24,346 | 400 384,466 | 3 997 641,389 | 832,591 | 16,421 | 400 369,375 | 3 997 679,259 | 828,694 |
| axe platforme - 445+75.00 | 44+575 | -17,941 | 400 358,931 | 3 997 638,070 | 829,725 | 13,842 | 400 347,083 | 3 997 667,563 | 826,965 |
| axe platforme - 446+00.00 | 44+600 | -12,434 | 400 333,725 | 3 997 633,841 | 826,045 | 10,953 | 400 324,946 | 3 997 655,519 | 825,03 |
| axe platforme - 446+25.00 | 44+625 | -8,507 | 400 309,113 | 3 997 628,075 | 824,097 | 9,837 | 400 302,181 | 3 997 645,059 | 823,235 |
| axe platforme - 446+50.00 | 44+650 | -10,463 | 400 286,746 | 3 997 616,796 | 822,784 | 12,554 | 400 277,989 | 3 997 638,081 | 821,414 |

| Tabulation | Abscisse | Décalage G (m) | X G (m) | Y G (m) | Z G (m) | Décalage D (m) | X D (m) | Y D (m) | Z D (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| axe platforme - 446+75.00 | 44+675 | -13,276 | 400 264,744 | 3 997 604,664 | 820,899 | 15,71 | 400 253,641 | 3 997 631,438 | 819,301 |
| axe platforme - 447+00.00 | 44+700 | -16,677 | 400 243,010 | 3 997 591,931 | 818,622 | 18,563 | 400 229,421 | 3 997 624,446 | 817,389 |
| axe platforme - 447+25.00 | 44+725 | -19,947 | 400 221,269 | 3 997 579,264 | 816,433 | 23,23 | 400 204,509 | 3 997 619,055 | 815,522 |
| axe platforme - 447+50.00 | 44+750 | -24,688 | 400 200,146 | 3 997 565,185 | 814,516 | 25,856 | 400 180,397 | 3 997 611,711 | 813,762 |
| axe platforme - 447+75.00 | 44+775 | -28,117 | 400 178,559 | 3 997 552,259 | 812,221 | 28,08 | 400 156,457 | 3 997 603,927 | 812,27 |
| axe platforme - 448+00.00 | 44+800 | -30,411 | 400 156,567 | 3 997 540,319 | 810,683 | 30,511 | 400 132,451 | 3 997 596,265 | 810,64 |
| axe platforme - 448+25.00 | 44+825 | -31,79 | 400 134,250 | 3 997 529,160 | 809,754 | 32,649 | 400 108,578 | 3 997 588,264 | 809,205 |
| axe platforme - 448+50.00 | 44+850 | -33,623 | 400 112,148 | 3 997 517,524 | 808,523 | 36,249 | 400 084,135 | 3 997 581,534 | 808,048 |
| axe platforme - 448+75.00 | 44+875 | -36,67 | 400 090,550 | 3 997 504,715 | 807,738 | 37,747 | 400 060,570 | 3 997 572,826 | 807,034 |
| axe platforme - 449+00.00 | 44+900 | -37,971 | 400 068,237 | 3 997 493,455 | 806,864 | 39,047 | 400 037,131 | 3 997 563,912 | 806,152 |
| axe platforme - 449+25.00 | 44+925 | -39,102 | 400 045,833 | 3 997 482,323 | 806,102 | 40,146 | 400 013,811 | 3 997 554,814 | 805,406 |
| axe platforme - 449+50.00 | 44+950 | -39,83 | 400 023,259 | 3 997 471,556 | 805,608 | 40,995 | 399 990,600 | 3 997 545,488 | 804,831 |
| axe platforme - 449+75.00 | 44+975 | -40,55 | 400 000,681 | 3 997 460,795 | 805,118 | 41,703 | 399 967,446 | 3 997 536,034 | 804,349 |
| axe platforme - 450+00.00 | 45+000 | -41,289 | 399 978,112 | 3 997 450,018 | 804,616 | 42,631 | 399 944,203 | 3 997 526,781 | 803,722 |

# Annexe E — Listing des Terrassements

Volumes de déblai et de remblai par profil (pas de 25 m) et volumes cumulés sur l'ensemble du tronçon PK 35+000 → PK 45+000.

***Tableau E.1 — Listing des terrassements — Volumes par profil et cumuls***

| Abscisse | Volume de déblai (m³) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cumulé (m³) | Vol. remblai cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 35+000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 35+025 | 24 286,88 | 27,83 | 24 286,88 | 27,83 |
| 35+050 | 23 212,24 | 23,43 | 47 499,13 | 51,27 |
| 35+075 | 20 525,13 | 27,27 | 68 024,26 | 78,54 |
| 35+100 | 16 292,06 | 25,85 | 84 316,32 | 104,39 |
| 35+125 | 11 949,28 | 15,44 | 96 265,60 | 119,83 |
| 35+150 | 8 915,44 | 10,28 | 105 181,04 | 130,11 |
| 35+175 | 6 817,96 | 10,47 | 111 999,00 | 140,57 |
| 35+200 | 5 316,27 | 10,53 | 117 315,27 | 151,11 |
| 35+225 | 4 164,23 | 10,63 | 121 479,51 | 161,73 |
| 35+250 | 2 890,58 | 10,56 | 124 370,09 | 172,30 |
| 35+275 | 1 398,19 | 10,41 | 125 768,27 | 182,70 |
| 35+300 | 367,03 | 65,61 | 126 135,31 | 248,32 |
| 35+325 | 44,20 | 248,22 | 126 179,51 | 496,53 |
| 35+350 | 3,84 | 372,53 | 126 183,36 | 869,07 |
| 35+375 | 5,12 | 399,05 | 126 188,48 | 1 268,12 |
| 35+400 | 4,88 | 613,06 | 126 193,36 | 1 881,18 |
| 35+425 | 2,82 | 923,38 | 126 196,17 | 2 804,55 |
| 35+450 | 0,00 | 1 228,48 | 126 196,17 | 4 033,03 |
| 35+475 | 0,00 | 1 520,52 | 126 196,17 | 5 553,55 |
| 35+500 | 0,00 | 1 444,50 | 126 196,17 | 6 998,05 |
| 35+525 | 0,00 | 1 200,96 | 126 196,17 | 8 199,01 |
| 35+550 | 0,00 | 989,60 | 126 196,17 | 9 188,61 |
| 35+575 | 37,28 | 495,58 | 126 233,46 | 9 684,19 |
| 35+600 | 613,97 | 84,04 | 126 847,43 | 9 768,23 |
| 35+625 | 2 469,68 | 9,71 | 129 317,11 | 9 777,94 |
| 35+650 | 5 559,01 | 17,95 | 134 876,12 | 9 795,90 |
| 35+675 | 9 696,58 | 17,66 | 144 572,70 | 9 813,55 |
| 35+700 | 11 849,98 | 9,13 | 156 422,68 | 9 822,68 |
| 35+725 | 9 094,02 | 9,51 | 165 516,70 | 9 832,20 |
| 35+750 | 4 200,07 | 9,76 | 169 716,77 | 9 841,95 |
| 35+775 | 926,85 | 312,74 | 170 643,62 | 10 154,70 |
| 35+800 | 1,39 | 1 493,20 | 170 645,00 | 11 647,90 |
| 35+825 | 0,00 | 3 323,67 | 170 645,00 | 14 971,57 |
| 35+850 | 0,00 | 5 213,45 | 170 645,00 | 20 185,02 |
| 35+875 | 0,00 | 6 956,45 | 170 645,00 | 27 141,47 |
| 35+900 | 0,00 | 8 549,64 | 170 645,00 | 35 691,11 |
| 35+925 | 0,00 | 10 093,74 | 170 645,00 | 45 784,86 |

| Abscisse | Volume de déblai (m³) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cumulé (m³) | Vol. remblai cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 35+950 | 0,00 | 11 166,01 | 170 645,00 | 56 950,87 |
| 35+975 | 0,00 | 12 187,40 | 170 645,00 | 69 138,27 |
| 36+000 | 0,00 | 13 766,66 | 170 645,00 | 82 904,93 |
| 36+025 | 0,00 | 15 129,77 | 170 645,00 | 98 034,70 |
| 36+050 | 0,00 | 15 448,05 | 170 645,00 | 113 482,75 |
| 36+075 | 0,00 | 14 567,34 | 170 645,00 | 128 050,08 |
| 36+100 | 0,00 | 12 414,18 | 170 645,00 | 140 464,26 |
| 36+125 | 0,00 | 8 980,18 | 170 645,00 | 149 444,44 |
| 36+150 | 0,00 | 5 083,23 | 170 645,00 | 154 527,67 |
| 36+175 | 5,38 | 2 081,54 | 170 650,38 | 156 609,21 |
| 36+200 | 514,08 | 516,26 | 171 164,47 | 157 125,46 |
| 36+225 | 2 110,50 | 27,11 | 173 274,96 | 157 152,58 |
| 36+250 | 4 321,46 | 8,63 | 177 596,42 | 157 161,21 |
| 36+275 | 6 323,69 | 10,50 | 183 920,11 | 157 171,71 |
| 36+300 | 7 321,94 | 10,21 | 191 242,04 | 157 181,92 |
| 36+325 | 7 258,94 | 7,97 | 198 500,98 | 157 189,90 |
| 36+350 | 6 976,39 | 8,08 | 205 477,37 | 157 197,98 |
| 36+375 | 6 549,06 | 8,44 | 212 026,43 | 157 206,42 |
| 36+400 | 5 516,95 | 8,83 | 217 543,38 | 157 215,25 |
| 36+425 | 3 717,29 | 9,20 | 221 260,68 | 157 224,45 |
| 36+450 | 1 560,03 | 9,53 | 222 820,70 | 157 233,98 |
| 36+475 | 245,99 | 703,91 | 223 066,69 | 157 937,90 |
| 36+500 | 0,00 | 2 675,28 | 223 066,69 | 160 613,18 |
| 36+525 | 0,00 | 5 438,38 | 223 066,69 | 166 051,55 |
| 36+550 | 0,00 | 8 535,96 | 223 066,69 | 174 587,51 |
| 36+575 | 0,00 | 11 627,79 | 223 066,69 | 186 215,30 |
| 36+600 | 0,00 | 14 360,81 | 223 066,69 | 200 576,11 |
| 36+625 | 0,00 | 16 608,65 | 223 066,69 | 217 184,76 |
| 36+650 | 0,00 | 16 683,70 | 223 066,69 | 233 868,46 |
| 36+675 | 0,00 | 13 082,14 | 223 066,69 | 246 950,60 |
| 36+700 | 0,00 | 8 621,19 | 223 066,69 | 255 571,79 |
| 36+725 | 0,00 | 7 089,36 | 223 066,69 | 262 661,14 |
| 36+750 | 0,00 | 8 464,95 | 223 066,69 | 271 126,09 |
| 36+775 | 0,00 | 10 074,05 | 223 066,69 | 281 200,14 |
| 36+800 | 0,00 | 10 013,11 | 223 066,69 | 291 213,24 |
| 36+825 | 0,00 | 7 867,61 | 223 066,69 | 299 080,85 |
| 36+850 | 0,00 | 4 622,56 | 223 066,69 | 303 703,41 |
| 36+875 | 7,82 | 1 778,82 | 223 074,51 | 305 482,23 |
| 36+900 | 310,50 | 296,30 | 223 385,01 | 305 778,52 |
| 36+925 | 499,43 | 28,44 | 223 884,44 | 305 806,97 |
| 36+950 | 226,16 | 318,17 | 224 110,60 | 306 125,14 |
| 36+975 | 49,63 | 507,96 | 224 160,23 | 306 633,09 |
| 37+000 | 798,75 | 214,43 | 224 958,98 | 306 847,52 |
| 37+025 | 2 744,79 | 8,04 | 227 703,77 | 306 855,57 |

| Abscisse | Volume de déblai (m³) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cumulé (m³) | Vol. remblai cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 37+050 | 4 658,01 | 7,94 | 232 361,78 | 306 863,51 |
| 37+075 | 5 722,09 | 7,97 | 238 083,86 | 306 871,48 |
| 37+100 | 6 530,51 | 7,88 | 244 614,38 | 306 879,35 |
| 37+125 | 7 403,88 | 8,62 | 252 018,26 | 306 887,97 |
| 37+150 | 7 709,26 | 9,62 | 259 727,52 | 306 897,59 |
| 37+175 | 6 788,13 | 9,77 | 266 515,66 | 306 907,36 |
| 37+200 | 5 120,52 | 9,60 | 271 636,17 | 306 916,96 |
| 37+225 | 3 926,35 | 9,21 | 275 562,53 | 306 926,17 |
| 37+250 | 3 370,90 | 8,71 | 278 933,43 | 306 934,87 |
| 37+275 | 2 820,16 | 8,31 | 281 753,59 | 306 943,19 |
| 37+300 | 2 110,89 | 8,03 | 283 864,48 | 306 951,22 |
| 37+325 | 1 461,48 | 7,89 | 285 325,96 | 306 959,11 |
| 37+350 | 818,35 | 9,46 | 286 144,32 | 306 968,57 |
| 37+375 | 281,38 | 123,53 | 286 425,70 | 307 092,09 |
| 37+400 | 107,08 | 246,12 | 286 532,78 | 307 338,21 |
| 37+425 | 339,86 | 132,68 | 286 872,64 | 307 470,89 |
| 37+450 | 975,00 | 8,59 | 287 847,64 | 307 479,48 |
| 37+475 | 1 580,74 | 8,02 | 289 428,38 | 307 487,50 |
| 37+500 | 1 556,21 | 8,13 | 290 984,59 | 307 495,63 |
| 37+525 | 1 119,14 | 8,23 | 292 103,73 | 307 503,86 |
| 37+550 | 824,69 | 8,01 | 292 928,42 | 307 511,87 |
| 37+575 | 854,47 | 7,75 | 293 782,89 | 307 519,62 |
| 37+600 | 1 547,19 | 7,52 | 295 330,07 | 307 527,15 |
| 37+625 | 3 566,30 | 7,38 | 298 896,37 | 307 534,52 |
| 37+650 | 6 946,11 | 7,63 | 305 842,48 | 307 542,16 |
| 37+675 | 10 603,94 | 7,47 | 316 446,42 | 307 549,63 |
| 37+700 | 13 240,87 | 7,18 | 329 687,29 | 307 556,81 |
| 37+725 | 13 800,88 | 7,30 | 343 488,17 | 307 564,11 |
| 37+750 | 12 941,39 | 7,34 | 356 429,56 | 307 571,45 |
| 37+775 | 12 455,10 | 7,49 | 368 884,66 | 307 578,94 |
| 37+800 | 12 292,56 | 17,13 | 381 177,23 | 307 596,07 |
| 37+825 | 11 783,32 | 21,09 | 392 960,55 | 307 617,16 |
| 37+850 | 11 014,98 | 24,20 | 403 975,52 | 307 641,36 |
| 37+875 | 10 058,90 | 21,35 | 414 034,42 | 307 662,71 |
| 37+900 | 9 215,04 | 9,82 | 423 249,46 | 307 672,52 |
| 37+925 | 8 328,05 | 9,80 | 431 577,51 | 307 682,33 |
| 37+950 | 7 615,08 | 9,58 | 439 192,59 | 307 691,90 |
| 37+975 | 7 210,22 | 9,39 | 446 402,80 | 307 701,30 |
| 38+000 | 6 758,29 | 9,43 | 453 161,10 | 307 710,73 |
| 38+025 | 6 430,27 | 9,33 | 459 591,36 | 307 720,05 |
| 38+050 | 5 918,05 | 9,26 | 465 509,41 | 307 729,31 |
| 38+075 | 5 378,15 | 9,24 | 470 887,57 | 307 738,55 |
| 38+100 | 4 963,15 | 9,44 | 475 850,72 | 307 747,99 |
| 38+125 | 4 448,19 | 15,55 | 480 298,91 | 307 763,54 |

| Abscisse | Volume de déblai (m³) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cumulé (m³) | Vol. remblai cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 38+150 | 3 810,06 | 15,51 | 484 108,97 | 307 779,04 |
| 38+175 | 3 055,96 | 9,66 | 487 164,93 | 307 788,70 |
| 38+200 | 2 379,42 | 9,62 | 489 544,35 | 307 798,32 |
| 38+225 | 1 831,96 | 9,53 | 491 376,31 | 307 807,85 |
| 38+250 | 1 362,44 | 9,45 | 492 738,74 | 307 817,30 |
| 38+275 | 987,41 | 9,47 | 493 726,15 | 307 826,77 |
| 38+300 | 682,14 | 9,54 | 494 408,29 | 307 836,32 |
| 38+325 | 678,35 | 9,47 | 495 086,65 | 307 845,78 |
| 38+350 | 696,50 | 9,45 | 495 783,14 | 307 855,24 |
| 38+375 | 594,23 | 9,31 | 496 377,37 | 307 864,54 |
| 38+400 | 906,26 | 8,61 | 497 283,63 | 307 873,15 |
| 38+425 | 1 753,26 | 7,72 | 499 036,89 | 307 880,87 |
| 38+450 | 3 080,13 | 9,47 | 502 117,02 | 307 890,34 |
| 38+475 | 3 551,25 | 9,25 | 505 668,27 | 307 899,60 |
| 38+500 | 2 394,53 | 6,94 | 508 062,80 | 307 906,54 |
| 38+525 | 897,85 | 6,93 | 508 960,64 | 307 913,47 |
| 38+550 | 132,32 | 189,54 | 509 092,96 | 308 103,01 |
| 38+575 | 0,00 | 554,22 | 509 092,96 | 308 657,23 |
| 38+600 | 0,00 | 815,86 | 509 092,96 | 309 473,09 |
| 38+625 | 0,00 | 986,65 | 509 092,96 | 310 459,74 |
| 38+650 | 0,00 | 1 077,09 | 509 092,96 | 311 536,83 |
| 38+675 | 0,00 | 1 192,46 | 509 092,96 | 312 729,29 |
| 38+700 | 0,00 | 1 346,12 | 509 092,96 | 314 075,41 |
| 38+725 | 0,00 | 1 271,24 | 509 092,96 | 315 346,64 |
| 38+750 | 0,00 | 975,78 | 509 092,96 | 316 322,42 |
| 38+775 | 1,15 | 535,07 | 509 094,11 | 316 857,49 |
| 38+800 | 148,07 | 142,32 | 509 242,17 | 316 999,81 |
| 38+825 | 514,70 | 7,37 | 509 756,87 | 317 007,18 |
| 38+850 | 981,28 | 7,47 | 510 738,15 | 317 014,65 |
| 38+875 | 1 488,10 | 7,55 | 512 226,25 | 317 022,20 |
| 38+900 | 1 985,80 | 7,59 | 514 212,05 | 317 029,79 |
| 38+925 | 2 493,72 | 7,46 | 516 705,78 | 317 037,25 |
| 38+950 | 3 053,23 | 18,50 | 519 759,01 | 317 055,76 |
| 38+975 | 3 806,34 | 28,79 | 523 565,34 | 317 084,55 |
| 39+000 | 4 835,50 | 17,42 | 528 400,84 | 317 101,96 |
| 39+025 | 6 102,32 | 6,86 | 534 503,17 | 317 108,82 |
| 39+050 | 7 246,41 | 6,82 | 541 749,58 | 317 115,65 |
| 39+075 | 8 055,42 | 6,88 | 549 805,00 | 317 122,52 |
| 39+100 | 8 548,18 | 6,99 | 558 353,18 | 317 129,51 |
| 39+125 | 9 035,74 | 7,03 | 567 388,92 | 317 136,54 |
| 39+150 | 9 471,76 | 7,36 | 576 860,68 | 317 143,91 |
| 39+175 | 9 232,99 | 8,05 | 586 093,67 | 317 151,96 |
| 39+200 | 8 706,85 | 8,91 | 594 800,53 | 317 160,87 |
| 39+225 | 8 324,11 | 9,47 | 603 124,64 | 317 170,34 |

| Abscisse | Volume de déblai (m³) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cumulé (m³) | Vol. remblai cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 39+250 | 8 062,43 | 9,52 | 611 187,06 | 317 179,86 |
| 39+275 | 7 886,00 | 9,52 | 619 073,06 | 317 189,38 |
| 39+300 | 7 711,24 | 9,52 | 626 784,30 | 317 198,91 |
| 39+325 | 7 538,16 | 9,52 | 634 322,46 | 317 208,42 |
| 39+350 | 7 366,74 | 9,47 | 641 689,21 | 317 217,89 |
| 39+375 | 7 197,00 | 9,39 | 648 886,20 | 317 227,29 |
| 39+400 | 7 028,92 | 9,32 | 655 915,13 | 317 236,60 |
| 39+425 | 6 862,52 | 9,24 | 662 777,65 | 317 245,84 |
| 39+450 | 6 697,79 | 9,16 | 669 475,44 | 317 255,01 |
| 39+475 | 6 534,72 | 9,09 | 676 010,16 | 317 264,09 |
| 39+500 | 6 373,33 | 9,01 | 682 383,49 | 317 273,10 |
| 39+525 | 6 213,61 | 8,93 | 688 597,10 | 317 282,04 |
| 39+550 | 6 055,56 | 8,86 | 694 652,65 | 317 290,90 |
| 39+575 | 5 899,18 | 8,78 | 700 551,83 | 317 299,68 |
| 39+600 | 5 744,46 | 8,71 | 706 296,29 | 317 308,39 |
| 39+625 | 5 591,42 | 8,64 | 711 887,72 | 317 317,03 |
| 39+650 | 5 440,05 | 8,56 | 717 327,77 | 317 325,59 |
| 39+675 | 5 290,35 | 8,49 | 722 618,12 | 317 334,08 |
| 39+700 | 5 142,32 | 8,41 | 727 760,45 | 317 342,49 |
| 39+725 | 4 995,96 | 8,34 | 732 756,41 | 317 350,83 |
| 39+750 | 4 851,28 | 8,27 | 737 607,69 | 317 359,10 |
| 39+775 | 4 708,26 | 8,20 | 742 315,94 | 317 367,30 |
| 39+800 | 4 566,91 | 8,12 | 746 882,85 | 317 375,42 |
| 39+825 | 4 427,23 | 8,05 | 751 310,08 | 317 383,47 |
| 39+850 | 4 289,22 | 7,98 | 755 599,31 | 317 391,45 |
| 39+875 | 4 152,89 | 7,91 | 759 752,19 | 317 399,36 |
| 39+900 | 4 018,22 | 7,84 | 763 770,41 | 317 407,20 |
| 39+925 | 3 885,22 | 7,77 | 767 655,64 | 317 414,97 |
| 39+950 | 3 753,90 | 7,70 | 771 409,54 | 317 422,66 |
| 39+975 | 3 624,24 | 7,63 | 775 033,78 | 317 430,29 |
| 40+000 | 3 496,26 | 7,56 | 778 530,04 | 317 437,85 |
| 40+025 | 3 369,94 | 7,49 | 781 899,99 | 317 445,34 |
| 40+050 | 3 245,30 | 7,42 | 785 145,29 | 317 452,76 |
| 40+075 | 3 122,33 | 7,35 | 788 267,61 | 317 460,11 |
| 40+100 | 3 001,02 | 7,28 | 791 268,64 | 317 467,39 |
| 40+125 | 2 881,39 | 7,21 | 794 150,03 | 317 474,60 |
| 40+150 | 2 763,43 | 7,15 | 796 913,46 | 317 481,75 |
| 40+175 | 2 647,14 | 7,08 | 799 560,59 | 317 488,83 |
| 40+200 | 2 532,51 | 7,01 | 802 093,11 | 317 495,84 |
| 40+225 | 2 419,56 | 6,95 | 804 512,67 | 317 502,79 |
| 40+250 | 2 308,28 | 6,88 | 806 820,95 | 317 509,67 |
| 40+275 | 2 198,67 | 6,81 | 809 019,63 | 317 516,48 |
| 40+300 | 2 090,73 | 6,75 | 811 110,36 | 317 523,23 |
| 40+325 | 1 984,46 | 6,68 | 813 094,82 | 317 529,91 |

| Abscisse | Volume de déblai (m³) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cumulé (m³) | Vol. remblai cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 40+350 | 1 879,90 | 6,66 | 814 974,72 | 317 536,57 |
| 40+375 | 1 777,21 | 6,83 | 816 751,93 | 317 543,40 |
| 40+400 | 1 676,28 | 7,09 | 818 428,21 | 317 550,49 |
| 40+425 | 1 577,06 | 7,39 | 820 005,27 | 317 557,88 |
| 40+450 | 1 479,56 | 7,75 | 821 484,83 | 317 565,63 |
| 40+475 | 1 383,55 | 7,92 | 822 868,38 | 317 573,55 |
| 40+500 | 1 288,92 | 7,81 | 824 157,30 | 317 581,36 |
| 40+525 | 1 195,69 | 7,41 | 825 352,98 | 317 588,78 |
| 40+550 | 1 103,85 | 6,72 | 826 456,83 | 317 595,50 |
| 40+575 | 1 031,65 | 6,10 | 827 488,48 | 317 601,60 |
| 40+600 | 1 088,34 | 5,95 | 828 576,82 | 317 607,55 |
| 40+625 | 1 245,45 | 6,07 | 829 822,27 | 317 613,61 |
| 40+650 | 1 297,63 | 6,18 | 831 119,89 | 317 619,80 |
| 40+675 | 1 276,56 | 6,31 | 832 396,45 | 317 626,10 |
| 40+700 | 1 369,29 | 6,43 | 833 765,75 | 317 632,54 |
| 40+725 | 1 512,33 | 6,56 | 835 278,08 | 317 639,10 |
| 40+750 | 1 421,45 | 6,64 | 836 699,53 | 317 645,74 |
| 40+775 | 1 129,60 | 6,75 | 837 829,12 | 317 652,49 |
| 40+800 | 922,16 | 6,92 | 838 751,28 | 317 659,41 |
| 40+825 | 855,04 | 7,08 | 839 606,32 | 317 666,48 |
| 40+850 | 933,03 | 7,19 | 840 539,36 | 317 673,67 |
| 40+875 | 1 142,60 | 7,26 | 841 681,96 | 317 680,93 |
| 40+900 | 1 285,65 | 7,37 | 842 967,60 | 317 688,30 |
| 40+925 | 1 317,22 | 7,52 | 844 284,82 | 317 695,83 |
| 40+950 | 1 349,65 | 7,67 | 845 634,47 | 317 703,49 |
| 40+975 | 1 373,81 | 7,81 | 847 008,29 | 317 711,30 |
| 41+000 | 1 280,06 | 7,95 | 848 288,34 | 317 719,25 |
| 41+025 | 1 088,37 | 8,05 | 849 376,72 | 317 727,30 |
| 41+050 | 740,41 | 8,21 | 850 117,13 | 317 735,52 |
| 41+075 | 278,92 | 30,87 | 850 396,04 | 317 766,39 |
| 41+100 | 83,78 | 45,70 | 850 479,82 | 317 812,09 |
| 41+125 | 123,13 | 25,77 | 850 602,95 | 317 837,86 |
| 41+150 | 174,56 | 11,32 | 850 777,52 | 317 849,18 |
| 41+175 | 278,03 | 9,08 | 851 055,55 | 317 858,26 |
| 41+200 | 443,93 | 9,16 | 851 499,48 | 317 867,42 |
| 41+225 | 629,97 | 9,21 | 852 129,45 | 317 876,63 |
| 41+250 | 942,95 | 9,13 | 853 072,40 | 317 885,75 |
| 41+275 | 1 417,24 | 9,10 | 854 489,64 | 317 894,86 |
| 41+300 | 2 018,27 | 9,11 | 856 507,90 | 317 903,96 |
| 41+325 | 2 681,72 | 9,11 | 859 189,62 | 317 913,07 |
| 41+350 | 3 006,46 | 18,84 | 862 196,09 | 317 931,91 |
| 41+375 | 3 065,35 | 30,07 | 865 261,43 | 317 961,99 |
| 41+400 | 3 631,71 | 20,34 | 868 893,14 | 317 982,33 |
| 41+425 | 4 715,70 | 9,15 | 873 608,84 | 317 991,48 |

| Abscisse | Volume de déblai (m³) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cumulé (m³) | Vol. remblai cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 41+450 | 5 817,49 | 9,13 | 879 426,33 | 318 000,60 |
| 41+475 | 6 817,01 | 9,00 | 886 243,35 | 318 009,60 |
| 41+500 | 7 564,93 | 9,00 | 893 808,28 | 318 018,60 |
| 41+525 | 8 197,04 | 9,09 | 902 005,32 | 318 027,68 |
| 41+550 | 9 154,78 | 16,61 | 911 160,10 | 318 044,29 |
| 41+575 | 10 427,83 | 16,64 | 921 587,93 | 318 060,93 |
| 41+600 | 11 635,10 | 9,16 | 933 223,02 | 318 070,09 |
| 41+625 | 12 385,16 | 20,97 | 945 608,19 | 318 091,06 |
| 41+650 | 12 594,05 | 21,10 | 958 202,23 | 318 112,16 |
| 41+675 | 12 806,71 | 16,51 | 971 008,94 | 318 128,68 |
| 41+700 | 13 638,04 | 16,33 | 984 646,98 | 318 145,01 |
| 41+725 | 14 750,11 | 9,19 | 999 397,09 | 318 154,20 |
| 41+750 | 15 507,14 | 9,33 | 1 014 904,24 | 318 163,53 |
| 41+775 | 16 033,77 | 9,41 | 1 030 938,01 | 318 172,94 |
| 41+800 | 16 517,88 | 9,51 | 1 047 455,89 | 318 182,46 |
| 41+825 | 16 979,83 | 9,56 | 1 064 435,71 | 318 192,02 |
| 41+850 | 17 436,22 | 9,58 | 1 081 871,93 | 318 201,60 |
| 41+875 | 17 910,68 | 9,56 | 1 099 782,61 | 318 211,16 |
| 41+900 | 18 419,97 | 9,49 | 1 118 202,58 | 318 220,66 |
| 41+925 | 18 752,37 | 20,46 | 1 136 954,95 | 318 241,12 |
| 41+950 | 18 692,35 | 29,38 | 1 155 647,30 | 318 270,50 |
| 41+975 | 18 016,15 | 18,51 | 1 173 663,45 | 318 289,01 |
| 42+000 | 16 628,52 | 9,23 | 1 190 291,97 | 318 298,24 |
| 42+025 | 14 944,80 | 8,60 | 1 205 236,77 | 318 306,84 |
| 42+050 | 12 092,57 | 8,51 | 1 217 329,34 | 318 315,35 |
| 42+075 | 7 818,63 | 9,68 | 1 225 147,97 | 318 325,03 |
| 42+100 | 4 218,75 | 10,16 | 1 229 366,71 | 318 335,19 |
| 42+125 | 1 866,07 | 9,61 | 1 231 232,78 | 318 344,81 |
| 42+150 | 432,60 | 346,23 | 1 231 665,38 | 318 691,04 |
| 42+175 | 0,00 | 1 683,13 | 1 231 665,38 | 320 374,16 |
| 42+200 | 0,00 | 4 259,66 | 1 231 665,38 | 324 633,82 |
| 42+225 | 0,00 | 7 601,14 | 1 231 665,38 | 332 234,96 |
| 42+250 | 0,00 | 10 442,36 | 1 231 665,38 | 342 677,32 |
| 42+275 | 0,00 | 11 995,67 | 1 231 665,38 | 354 673,00 |
| 42+300 | 0,00 | 12 328,42 | 1 231 665,38 | 367 001,42 |
| 42+325 | 0,00 | 11 865,90 | 1 231 665,38 | 378 867,32 |
| 42+350 | 0,00 | 10 754,42 | 1 231 665,38 | 389 621,74 |
| 42+375 | 0,00 | 9 235,07 | 1 231 665,38 | 398 856,81 |
| 42+400 | 0,00 | 7 799,56 | 1 231 665,38 | 406 656,37 |
| 42+425 | 0,00 | 6 575,15 | 1 231 665,38 | 413 231,52 |
| 42+450 | 0,00 | 5 356,47 | 1 231 665,38 | 418 588,00 |
| 42+475 | 0,00 | 3 927,98 | 1 231 665,38 | 422 515,98 |
| 42+500 | 0,00 | 2 572,98 | 1 231 665,38 | 425 088,96 |
| 42+525 | 0,00 | 1 732,61 | 1 231 665,38 | 426 821,57 |

| Abscisse | Volume de déblai (m³) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cumulé (m³) | Vol. remblai cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 42+550 | 0,00 | 1 620,21 | 1 231 665,38 | 428 441,78 |
| 42+575 | 0,00 | 1 374,15 | 1 231 665,38 | 429 815,93 |
| 42+600 | 1,89 | 655,88 | 1 231 667,27 | 430 471,81 |
| 42+625 | 97,77 | 145,15 | 1 231 765,04 | 430 616,96 |
| 42+650 | 166,22 | 12,47 | 1 231 931,26 | 430 629,43 |
| 42+675 | 108,33 | 49,28 | 1 232 039,59 | 430 678,71 |
| 42+700 | 64,95 | 66,42 | 1 232 104,54 | 430 745,13 |
| 42+725 | 198,89 | 29,62 | 1 232 303,42 | 430 774,76 |
| 42+750 | 673,48 | 9,21 | 1 232 976,90 | 430 783,97 |
| 42+775 | 1 230,72 | 9,23 | 1 234 207,63 | 430 793,20 |
| 42+800 | 1 450,23 | 9,29 | 1 235 657,86 | 430 802,50 |
| 42+825 | 1 366,43 | 9,33 | 1 237 024,29 | 430 811,83 |
| 42+850 | 1 195,27 | 9,36 | 1 238 219,56 | 430 821,18 |
| 42+875 | 911,17 | 9,34 | 1 239 130,74 | 430 830,53 |
| 42+900 | 520,58 | 9,46 | 1 239 651,32 | 430 839,99 |
| 42+925 | 187,56 | 35,74 | 1 239 838,88 | 430 875,73 |
| 42+950 | 35,07 | 108,99 | 1 239 873,95 | 430 984,72 |
| 42+975 | 103,61 | 82,78 | 1 239 977,56 | 431 067,51 |
| 43+000 | 270,31 | 9,42 | 1 240 247,87 | 431 076,92 |
| 43+025 | 402,70 | 9,35 | 1 240 650,57 | 431 086,27 |
| 43+050 | 494,62 | 9,47 | 1 241 145,18 | 431 095,74 |
| 43+075 | 639,20 | 9,55 | 1 241 784,38 | 431 105,29 |
| 43+100 | 837,15 | 9,64 | 1 242 621,53 | 431 114,93 |
| 43+125 | 1 084,78 | 9,78 | 1 243 706,32 | 431 124,71 |
| 43+150 | 1 497,77 | 9,71 | 1 245 204,09 | 431 134,43 |
| 43+175 | 2 027,61 | 9,75 | 1 247 231,70 | 431 144,17 |
| 43+200 | 2 606,65 | 9,91 | 1 249 838,35 | 431 154,08 |
| 43+225 | 3 185,49 | 15,66 | 1 253 023,85 | 431 169,74 |
| 43+250 | 3 726,39 | 18,94 | 1 256 750,24 | 431 188,68 |
| 43+275 | 4 453,09 | 13,30 | 1 261 203,33 | 431 201,98 |
| 43+300 | 5 495,76 | 10,19 | 1 266 699,09 | 431 212,17 |
| 43+325 | 6 624,10 | 9,67 | 1 273 323,20 | 431 221,84 |
| 43+350 | 7 062,34 | 9,36 | 1 280 385,53 | 431 231,20 |
| 43+375 | 6 646,19 | 8,61 | 1 287 031,72 | 431 239,81 |
| 43+400 | 6 268,64 | 8,47 | 1 293 300,37 | 431 248,27 |
| 43+425 | 6 551,10 | 9,41 | 1 299 851,47 | 431 257,68 |
| 43+450 | 7 578,11 | 9,54 | 1 307 429,58 | 431 267,23 |
| 43+475 | 8 992,42 | 9,59 | 1 316 422,00 | 431 276,82 |
| 43+500 | 10 220,40 | 14,11 | 1 326 642,40 | 431 290,93 |
| 43+525 | 11 103,52 | 13,70 | 1 337 745,92 | 431 304,63 |
| 43+550 | 11 584,69 | 8,79 | 1 349 330,60 | 431 313,42 |
| 43+575 | 11 568,24 | 8,72 | 1 360 898,84 | 431 322,14 |
| 43+600 | 11 284,43 | 8,56 | 1 372 183,27 | 431 330,70 |
| 43+625 | 10 973,76 | 8,51 | 1 383 157,03 | 431 339,21 |

| Abscisse | Volume de déblai (m³) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cumulé (m³) | Vol. remblai cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 43+650 | 10 042,74 | 8,54 | 1 393 199,77 | 431 347,75 |
| 43+675 | 8 618,90 | 9,07 | 1 401 818,67 | 431 356,82 |
| 43+700 | 7 846,43 | 9,10 | 1 409 665,10 | 431 365,92 |
| 43+725 | 7 729,39 | 8,65 | 1 417 394,49 | 431 374,58 |
| 43+750 | 7 235,13 | 8,51 | 1 424 629,62 | 431 383,09 |
| 43+775 | 5 593,99 | 8,33 | 1 430 223,60 | 431 391,42 |
| 43+800 | 3 021,43 | 8,23 | 1 433 245,03 | 431 399,65 |
| 43+825 | 785,28 | 377,02 | 1 434 030,31 | 431 776,66 |
| 43+850 | 3,57 | 1 265,37 | 1 434 033,89 | 433 042,03 |
| 43+875 | 0,00 | 1 565,59 | 1 434 033,89 | 434 607,62 |
| 43+900 | 0,00 | 1 479,08 | 1 434 033,89 | 436 086,70 |
| 43+925 | 0,00 | 3 755,25 | 1 434 033,89 | 439 841,95 |
| 43+950 | 0,00 | 4 956,49 | 1 434 033,89 | 444 798,44 |
| 43+975 | 0,00 | 3 272,27 | 1 434 033,89 | 448 070,71 |
| 44+000 | 0,00 | 1 796,83 | 1 434 033,89 | 449 867,54 |
| 44+025 | 51,98 | 646,94 | 1 434 085,87 | 450 514,48 |
| 44+050 | 449,49 | 120,31 | 1 434 535,36 | 450 634,79 |
| 44+075 | 764,22 | 9,61 | 1 435 299,59 | 450 644,41 |
| 44+100 | 1 411,46 | 9,33 | 1 436 711,05 | 450 653,74 |
| 44+125 | 2 484,55 | 9,39 | 1 439 195,60 | 450 663,12 |
| 44+150 | 2 975,10 | 9,42 | 1 442 170,70 | 450 672,54 |
| 44+175 | 3 193,94 | 9,43 | 1 445 364,63 | 450 681,97 |
| 44+200 | 3 992,34 | 9,55 | 1 449 356,97 | 450 691,52 |
| 44+225 | 4 972,49 | 9,93 | 1 454 329,47 | 450 701,45 |
| 44+250 | 5 734,40 | 9,96 | 1 460 063,87 | 450 711,40 |
| 44+275 | 6 105,17 | 9,60 | 1 466 169,04 | 450 721,00 |
| 44+300 | 6 419,94 | 9,31 | 1 472 588,97 | 450 730,31 |
| 44+325 | 7 269,97 | 9,46 | 1 479 858,94 | 450 739,76 |
| 44+350 | 8 246,55 | 9,67 | 1 488 105,49 | 450 749,44 |
| 44+375 | 9 616,35 | 9,59 | 1 497 721,84 | 450 759,02 |
| 44+400 | 10 878,75 | 11,93 | 1 508 600,58 | 450 770,95 |
| 44+425 | 11 605,69 | 11,98 | 1 520 206,27 | 450 782,93 |
| 44+450 | 11 032,01 | 9,04 | 1 531 238,28 | 450 791,97 |
| 44+475 | 9 008,82 | 8,67 | 1 540 247,10 | 450 800,65 |
| 44+500 | 7 075,20 | 18,08 | 1 547 322,31 | 450 818,72 |
| 44+525 | 6 272,90 | 17,73 | 1 553 595,21 | 450 836,45 |
| 44+550 | 5 271,44 | 7,67 | 1 558 866,65 | 450 844,13 |
| 44+575 | 3 063,87 | 8,50 | 1 561 930,52 | 450 852,62 |
| 44+600 | 1 031,81 | 9,69 | 1 562 962,32 | 450 862,31 |
| 44+625 | 108,54 | 320,56 | 1 563 070,86 | 451 182,87 |
| 44+650 | 0,00 | 1 108,96 | 1 563 070,86 | 452 291,83 |
| 44+675 | 0,00 | 2 283,24 | 1 563 070,86 | 454 575,07 |
| 44+700 | 0,00 | 3 830,66 | 1 563 070,86 | 458 405,73 |
| 44+725 | 0,00 | 5 594,30 | 1 563 070,86 | 464 000,03 |

| Abscisse | Volume de déblai (m³) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cumulé (m³) | Vol. remblai cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 44+750 | 0,00 | 7 619,69 | 1 563 070,86 | 471 619,72 |
| 44+775 | 0,00 | 9 851,84 | 1 563 070,86 | 481 471,56 |
| 44+800 | 0,00 | 12 016,52 | 1 563 070,86 | 493 488,08 |
| 44+825 | 0,00 | 14 053,27 | 1 563 070,86 | 507 541,35 |
| 44+850 | 0,00 | 16 064,82 | 1 563 070,86 | 523 606,17 |
| 44+875 | 0,00 | 18 007,24 | 1 563 070,86 | 541 613,41 |
| 44+900 | 0,00 | 19 759,70 | 1 563 070,86 | 561 373,11 |
| 44+925 | 0,00 | 21 294,69 | 1 563 070,86 | 582 667,80 |
| 44+950 | 0,00 | 22 593,54 | 1 563 070,86 | 605 261,34 |
| 44+975 | 0,00 | 23 680,39 | 1 563 070,86 | 628 941,73 |
| 45+000 | 0,00 | 24 635,72 | 1 563 070,86 | 653 577,45 |

# Annexe F — Volumes de Décapage

Surfaces et volumes de décapage de la terre végétale sous déblais et sous remblais, par profil de 25 m, avec distinction des volumes réutilisables et cumuls correspondants.

***Tableau F.1 — Volumes de décapage — PK 35+000 → PK 45+000***

| Abscisse | Surface de déblai (m²) | Volume de déblai (m³) | Volume réutilisable (m³) | Surface de remblai (m²) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cum. (m³) | Vol. réutilisable cum. (m³) | Vol. remblai cum. (m³) | Vol. net cum. (m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 35+000 | 45,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 35+025 | 45,06 | 1 129,12 | 1 129,12 | 0,00 | 0,00 | 1 129,12 | 1 129,12 | 0,00 | 1 129,12 |
| 35+050 | 44,39 | 1 118,08 | 1 118,08 | 0,00 | 0,00 | 2 247,20 | 2 247,20 | 0,00 | 2 247,20 |
| 35+075 | 41,19 | 1 069,75 | 1 069,75 | 0,00 | 0,00 | 3 316,95 | 3 316,95 | 0,00 | 3 316,95 |
| 35+100 | 35,15 | 954,30 | 954,30 | 0,00 | 0,00 | 4 271,26 | 4 271,26 | 0,00 | 4 271,26 |
| 35+125 | 31,17 | 829,00 | 829,00 | 0,00 | 0,00 | 5 100,26 | 5 100,26 | 0,00 | 5 100,26 |
| 35+150 | 28,73 | 748,77 | 748,77 | 0,00 | 0,00 | 5 849,03 | 5 849,03 | 0,00 | 5 849,03 |
| 35+175 | 24,25 | 662,27 | 662,27 | 0,00 | 0,00 | 6 511,31 | 6 511,31 | 0,00 | 6 511,31 |
| 35+200 | 22,59 | 585,46 | 585,46 | 0,00 | 0,00 | 7 096,76 | 7 096,76 | 0,00 | 7 096,76 |
| 35+225 | 21,10 | 546,07 | 546,07 | 0,00 | 0,00 | 7 642,84 | 7 642,84 | 0,00 | 7 642,84 |
| 35+250 | 19,59 | 508,52 | 508,52 | 0,00 | 0,00 | 8 151,36 | 8 151,36 | 0,00 | 8 151,36 |
| 35+275 | 13,06 | 408,07 | 408,07 | 0,00 | 0,00 | 8 559,43 | 8 559,43 | 0,00 | 8 559,43 |
| 35+300 | 10,06 | 289,05 | 289,05 | 0,00 | 0,00 | 8 848,48 | 8 848,48 | 0,00 | 8 848,48 |
| 35+325 | 9,36 | 242,82 | 242,82 | 0,00 | 0,00 | 9 091,29 | 9 091,29 | 0,00 | 9 091,29 |
| 35+350 | 9,63 | 237,42 | 237,42 | 0,00 | 0,00 | 9 328,71 | 9 328,71 | 0,00 | 9 328,71 |
| 35+375 | 9,69 | 241,58 | 241,58 | 0,00 | 0,00 | 9 570,29 | 9 570,29 | 0,00 | 9 570,29 |
| 35+400 | 10,33 | 250,35 | 250,35 | 0,00 | 0,00 | 9 820,64 | 9 820,64 | 0,00 | 9 820,64 |
| 35+425 | 9,23 | 244,59 | 244,59 | 0,00 | 0,00 | 10 065,23 | 10 065,23 | 0,00 | 10 065,23 |
| 35+450 | 10,28 | 243,89 | 243,89 | 0,00 | 0,00 | 10 309,12 | 10 309,12 | 0,00 | 10 309,12 |
| 35+475 | 11,18 | 268,26 | 268,26 | 0,00 | 0,00 | 10 577,38 | 10 577,38 | 0,00 | 10 577,38 |
| 35+500 | 10,39 | 269,72 | 269,72 | 0,00 | 0,00 | 10 847,10 | 10 847,10 | 0,00 | 10 847,10 |
| 35+525 | 10,15 | 256,76 | 256,76 | 0,00 | 0,00 | 11 103,86 | 11 103,86 | 0,00 | 11 103,86 |
| 35+550 | 9,25 | 242,51 | 242,51 | 0,00 | 0,00 | 11 346,37 | 11 346,37 | 0,00 | 11 346,37 |
| 35+575 | 10,26 | 243,98 | 243,98 | 0,00 | 0,00 | 11 590,35 | 11 590,35 | 0,00 | 11 590,35 |
| 35+600 | 14,16 | 305,33 | 305,33 | 0,00 | 0,00 | 11 895,68 | 11 895,68 | 0,00 | 11 895,68 |
| 35+625 | 20,31 | 430,96 | 430,96 | 0,00 | 0,00 | 12 326,63 | 12 326,63 | 0,00 | 12 326,63 |
| 35+650 | 27,19 | 593,74 | 593,74 | 0,00 | 0,00 | 12 920,38 | 12 920,38 | 0,00 | 12 920,38 |
| 35+675 | 31,67 | 735,63 | 735,63 | 0,00 | 0,00 | 13 656,01 | 13 656,01 | 0,00 | 13 656,01 |
| 35+700 | 32,63 | 803,74 | 803,74 | 0,00 | 0,00 | 14 459,75 | 14 459,75 | 0,00 | 14 459,75 |
| 35+725 | 25,36 | 724,88 | 724,88 | 0,00 | 0,00 | 15 184,62 | 15 184,62 | 0,00 | 15 184,62 |
| 35+750 | 15,73 | 513,64 | 513,64 | 0,00 | 0,00 | 15 698,26 | 15 698,26 | 0,00 | 15 698,26 |
| 35+775 | 10,33 | 325,82 | 325,82 | 0,00 | 0,00 | 16 024,08 | 16 024,08 | 0,00 | 16 024,08 |
| 35+800 | 12,96 | 291,15 | 291,15 | 0,00 | 0,00 | 16 315,23 | 16 315,23 | 0,00 | 16 315,23 |
| 35+825 | 16,78 | 371,78 | 371,78 | 0,00 | 0,00 | 16 687,02 | 16 687,02 | 0,00 | 16 687,02 |
| 35+850 | 20,45 | 465,37 | 465,37 | 0,00 | 0,00 | 17 152,38 | 17 152,38 | 0,00 | 17 152,38 |
| 35+875 | 22,52 | 537,16 | 537,16 | 0,00 | 0,00 | 17 689,54 | 17 689,54 | 0,00 | 17 689,54 |
| 35+900 | 24,76 | 591,03 | 591,03 | 0,00 | 0,00 | 18 280,57 | 18 280,57 | 0,00 | 18 280,57 |
| 35+925 | 25,37 | 626,65 | 626,65 | 0,00 | 0,00 | 18 907,22 | 18 907,22 | 0,00 | 18 907,22 |
| 35+950 | 28,04 | 667,71 | 667,71 | 0,00 | 0,00 | 19 574,93 | 19 574,93 | 0,00 | 19 574,93 |
| 35+975 | 28,85 | 711,17 | 711,17 | 0,00 | 0,00 | 20 286,10 | 20 286,10 | 0,00 | 20 286,10 |
| 36+000 | 30,61 | 743,30 | 743,30 | 0,00 | 0,00 | 21 029,39 | 21 029,39 | 0,00 | 21 029,39 |
| 36+025 | 31,36 | 774,69 | 774,69 | 0,00 | 0,00 | 21 804,08 | 21 804,08 | 0,00 | 21 804,08 |

| Abscisse | Surface de déblai (m²) | Volume de déblai (m³) | Volume réutilisable (m³) | Surface de remblai (m²) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cum. (m³) | Vol. réutilisable cum. (m³) | Vol. remblai cum. (m³) | Vol. net cum. (m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 36+050 | 31,67 | 787,90 | 787,90 | 0,00 | 0,00 | 22 591,99 | 22 591,99 | 0,00 | 22 591,99 |
| 36+075 | 30,32 | 774,87 | 774,87 | 0,00 | 0,00 | 23 366,86 | 23 366,86 | 0,00 | 23 366,86 |
| 36+100 | 26,91 | 715,33 | 715,33 | 0,00 | 0,00 | 24 082,19 | 24 082,19 | 0,00 | 24 082,19 |
| 36+125 | 21,71 | 607,74 | 607,74 | 0,00 | 0,00 | 24 689,93 | 24 689,93 | 0,00 | 24 689,93 |
| 36+150 | 15,32 | 462,88 | 462,88 | 0,00 | 0,00 | 25 152,81 | 25 152,81 | 0,00 | 25 152,81 |
| 36+175 | 12,38 | 346,23 | 346,23 | 0,00 | 0,00 | 25 499,05 | 25 499,05 | 0,00 | 25 499,05 |
| 36+200 | 14,50 | 336,00 | 336,00 | 0,00 | 0,00 | 25 835,05 | 25 835,05 | 0,00 | 25 835,05 |
| 36+225 | 19,87 | 429,66 | 429,66 | 0,00 | 0,00 | 26 264,71 | 26 264,71 | 0,00 | 26 264,71 |
| 36+250 | 21,60 | 518,38 | 518,38 | 0,00 | 0,00 | 26 783,09 | 26 783,09 | 0,00 | 26 783,09 |
| 36+275 | 23,28 | 560,91 | 560,91 | 0,00 | 0,00 | 27 344,01 | 27 344,01 | 0,00 | 27 344,01 |
| 36+300 | 24,22 | 593,70 | 593,70 | 0,00 | 0,00 | 27 937,70 | 27 937,70 | 0,00 | 27 937,70 |
| 36+325 | 24,72 | 611,75 | 611,75 | 0,00 | 0,00 | 28 549,45 | 28 549,45 | 0,00 | 28 549,45 |
| 36+350 | 24,67 | 617,43 | 617,43 | 0,00 | 0,00 | 29 166,89 | 29 166,89 | 0,00 | 29 166,89 |
| 36+375 | 23,84 | 606,39 | 606,39 | 0,00 | 0,00 | 29 773,28 | 29 773,28 | 0,00 | 29 773,28 |
| 36+400 | 21,97 | 572,56 | 572,56 | 0,00 | 0,00 | 30 345,84 | 30 345,84 | 0,00 | 30 345,84 |
| 36+425 | 17,14 | 488,82 | 488,82 | 0,00 | 0,00 | 30 834,66 | 30 834,66 | 0,00 | 30 834,66 |
| 36+450 | 12,39 | 369,12 | 369,12 | 0,00 | 0,00 | 31 203,78 | 31 203,78 | 0,00 | 31 203,78 |
| 36+475 | 11,12 | 293,94 | 293,94 | 0,00 | 0,00 | 31 497,73 | 31 497,73 | 0,00 | 31 497,73 |
| 36+500 | 16,37 | 343,73 | 343,73 | 0,00 | 0,00 | 31 841,45 | 31 841,45 | 0,00 | 31 841,45 |
| 36+525 | 22,41 | 484,82 | 484,82 | 0,00 | 0,00 | 32 326,27 | 32 326,27 | 0,00 | 32 326,27 |
| 36+550 | 26,20 | 607,70 | 607,70 | 0,00 | 0,00 | 32 933,97 | 32 933,97 | 0,00 | 32 933,97 |
| 36+575 | 29,18 | 692,28 | 692,28 | 0,00 | 0,00 | 33 626,26 | 33 626,26 | 0,00 | 33 626,26 |
| 36+600 | 31,95 | 764,15 | 764,15 | 0,00 | 0,00 | 34 390,41 | 34 390,41 | 0,00 | 34 390,41 |
| 36+625 | 34,66 | 832,69 | 832,69 | 0,00 | 0,00 | 35 223,09 | 35 223,09 | 0,00 | 35 223,09 |
| 36+650 | 32,18 | 835,50 | 835,50 | 0,00 | 0,00 | 36 058,60 | 36 058,60 | 0,00 | 36 058,60 |
| 36+675 | 26,90 | 738,49 | 738,49 | 0,00 | 0,00 | 36 797,09 | 36 797,09 | 0,00 | 36 797,09 |
| 36+700 | 22,79 | 621,09 | 621,09 | 0,00 | 0,00 | 37 418,17 | 37 418,17 | 0,00 | 37 418,17 |
| 36+725 | 23,16 | 574,38 | 574,38 | 0,00 | 0,00 | 37 992,55 | 37 992,55 | 0,00 | 37 992,55 |
| 36+750 | 25,73 | 611,14 | 611,14 | 0,00 | 0,00 | 38 603,69 | 38 603,69 | 0,00 | 38 603,69 |
| 36+775 | 26,77 | 656,25 | 656,25 | 0,00 | 0,00 | 39 259,95 | 39 259,95 | 0,00 | 39 259,95 |
| 36+800 | 25,89 | 658,27 | 658,27 | 0,00 | 0,00 | 39 918,22 | 39 918,22 | 0,00 | 39 918,22 |
| 36+825 | 21,12 | 587,63 | 587,63 | 0,00 | 0,00 | 40 505,85 | 40 505,85 | 0,00 | 40 505,85 |
| 36+850 | 14,87 | 449,94 | 449,94 | 0,00 | 0,00 | 40 955,79 | 40 955,79 | 0,00 | 40 955,79 |
| 36+875 | 11,11 | 324,77 | 324,77 | 0,00 | 0,00 | 41 280,56 | 41 280,56 | 0,00 | 41 280,56 |
| 36+900 | 12,55 | 295,70 | 295,70 | 0,00 | 0,00 | 41 576,25 | 41 576,25 | 0,00 | 41 576,25 |
| 36+925 | 11,28 | 297,84 | 297,84 | 0,00 | 0,00 | 41 874,10 | 41 874,10 | 0,00 | 41 874,10 |
| 36+950 | 11,84 | 289,03 | 289,03 | 0,00 | 0,00 | 42 163,13 | 42 163,13 | 0,00 | 42 163,13 |
| 36+975 | 10,86 | 283,78 | 283,78 | 0,00 | 0,00 | 42 446,91 | 42 446,91 | 0,00 | 42 446,91 |
| 37+000 | 14,83 | 321,06 | 321,06 | 0,00 | 0,00 | 42 767,97 | 42 767,97 | 0,00 | 42 767,97 |
| 37+025 | 20,31 | 439,25 | 439,25 | 0,00 | 0,00 | 43 207,22 | 43 207,22 | 0,00 | 43 207,22 |
| 37+050 | 22,65 | 537,00 | 537,00 | 0,00 | 0,00 | 43 744,22 | 43 744,22 | 0,00 | 43 744,22 |
| 37+075 | 23,76 | 580,03 | 580,03 | 0,00 | 0,00 | 44 324,25 | 44 324,25 | 0,00 | 44 324,25 |
| 37+100 | 26,65 | 630,05 | 630,05 | 0,00 | 0,00 | 44 954,30 | 44 954,30 | 0,00 | 44 954,30 |
| 37+125 | 28,31 | 687,03 | 687,03 | 0,00 | 0,00 | 45 641,33 | 45 641,33 | 0,00 | 45 641,33 |
| 37+150 | 27,88 | 702,49 | 702,49 | 0,00 | 0,00 | 46 343,81 | 46 343,81 | 0,00 | 46 343,81 |
| 37+175 | 23,59 | 643,49 | 643,49 | 0,00 | 0,00 | 46 987,30 | 46 987,30 | 0,00 | 46 987,30 |
| 37+200 | 21,31 | 561,29 | 561,29 | 0,00 | 0,00 | 47 548,60 | 47 548,60 | 0,00 | 47 548,60 |
| 37+225 | 20,29 | 520,00 | 520,00 | 0,00 | 0,00 | 48 068,60 | 48 068,60 | 0,00 | 48 068,60 |
| 37+250 | 19,69 | 499,81 | 499,81 | 0,00 | 0,00 | 48 568,41 | 48 568,41 | 0,00 | 48 568,41 |

| Abscisse | Surface de déblai (m²) | Volume de déblai (m³) | Volume réutilisable (m³) | Surface de remblai (m²) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cum. (m³) | Vol. réutilisable cum. (m³) | Vol. remblai cum. (m³) | Vol. net cum. (m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 37+275 | 18,42 | 476,40 | 476,40 | 0,00 | 0,00 | 49 044,81 | 49 044,81 | 0,00 | 49 044,81 |
| 37+300 | 15,47 | 423,60 | 423,60 | 0,00 | 0,00 | 49 468,41 | 49 468,41 | 0,00 | 49 468,41 |
| 37+325 | 14,23 | 371,22 | 371,22 | 0,00 | 0,00 | 49 839,63 | 49 839,63 | 0,00 | 49 839,63 |
| 37+350 | 12,26 | 331,09 | 331,09 | 0,00 | 0,00 | 50 170,72 | 50 170,72 | 0,00 | 50 170,72 |
| 37+375 | 10,75 | 287,58 | 287,58 | 0,00 | 0,00 | 50 458,30 | 50 458,30 | 0,00 | 50 458,30 |
| 37+400 | 10,99 | 271,68 | 271,68 | 0,00 | 0,00 | 50 729,98 | 50 729,98 | 0,00 | 50 729,98 |
| 37+425 | 12,79 | 297,27 | 297,27 | 0,00 | 0,00 | 51 027,25 | 51 027,25 | 0,00 | 51 027,25 |
| 37+450 | 14,88 | 345,92 | 345,92 | 0,00 | 0,00 | 51 373,17 | 51 373,17 | 0,00 | 51 373,17 |
| 37+475 | 15,73 | 382,64 | 382,64 | 0,00 | 0,00 | 51 755,81 | 51 755,81 | 0,00 | 51 755,81 |
| 37+500 | 14,74 | 380,91 | 380,91 | 0,00 | 0,00 | 52 136,72 | 52 136,72 | 0,00 | 52 136,72 |
| 37+525 | 13,54 | 353,50 | 353,50 | 0,00 | 0,00 | 52 490,23 | 52 490,23 | 0,00 | 52 490,23 |
| 37+550 | 13,11 | 333,09 | 333,09 | 0,00 | 0,00 | 52 823,31 | 52 823,31 | 0,00 | 52 823,31 |
| 37+575 | 13,61 | 333,91 | 333,91 | 0,00 | 0,00 | 53 157,22 | 53 157,22 | 0,00 | 53 157,22 |
| 37+600 | 16,05 | 370,64 | 370,64 | 0,00 | 0,00 | 53 527,86 | 53 527,86 | 0,00 | 53 527,86 |
| 37+625 | 21,82 | 473,30 | 473,30 | 0,00 | 0,00 | 54 001,15 | 54 001,15 | 0,00 | 54 001,15 |
| 37+650 | 29,07 | 636,12 | 636,12 | 0,00 | 0,00 | 54 637,27 | 54 637,27 | 0,00 | 54 637,27 |
| 37+675 | 33,87 | 786,73 | 786,73 | 0,00 | 0,00 | 55 424,00 | 55 424,00 | 0,00 | 55 424,00 |
| 37+700 | 35,29 | 864,41 | 864,41 | 0,00 | 0,00 | 56 288,41 | 56 288,41 | 0,00 | 56 288,41 |
| 37+725 | 33,59 | 860,89 | 860,89 | 0,00 | 0,00 | 57 149,30 | 57 149,30 | 0,00 | 57 149,30 |
| 37+750 | 32,25 | 822,91 | 822,91 | 0,00 | 0,00 | 57 972,21 | 57 972,21 | 0,00 | 57 972,21 |
| 37+775 | 35,37 | 845,22 | 845,22 | 0,00 | 0,00 | 58 817,43 | 58 817,43 | 0,00 | 58 817,43 |
| 37+800 | 33,04 | 855,12 | 855,12 | 0,00 | 0,00 | 59 672,55 | 59 672,55 | 0,00 | 59 672,55 |
| 37+825 | 32,84 | 823,51 | 823,51 | 0,00 | 0,00 | 60 496,07 | 60 496,07 | 0,00 | 60 496,07 |
| 37+850 | 30,89 | 796,70 | 796,70 | 0,00 | 0,00 | 61 292,76 | 61 292,76 | 0,00 | 61 292,76 |
| 37+875 | 28,52 | 742,73 | 742,73 | 0,00 | 0,00 | 62 035,49 | 62 035,49 | 0,00 | 62 035,49 |
| 37+900 | 30,16 | 733,58 | 733,58 | 0,00 | 0,00 | 62 769,07 | 62 769,07 | 0,00 | 62 769,07 |
| 37+925 | 26,28 | 705,51 | 705,51 | 0,00 | 0,00 | 63 474,58 | 63 474,58 | 0,00 | 63 474,58 |
| 37+950 | 26,53 | 660,14 | 660,14 | 0,00 | 0,00 | 64 134,72 | 64 134,72 | 0,00 | 64 134,72 |
| 37+975 | 25,53 | 650,73 | 650,73 | 0,00 | 0,00 | 64 785,46 | 64 785,46 | 0,00 | 64 785,46 |
| 38+000 | 25,39 | 636,43 | 636,43 | 0,00 | 0,00 | 65 421,89 | 65 421,89 | 0,00 | 65 421,89 |
| 38+025 | 24,38 | 622,05 | 622,05 | 0,00 | 0,00 | 66 043,94 | 66 043,94 | 0,00 | 66 043,94 |
| 38+050 | 22,14 | 581,50 | 581,50 | 0,00 | 0,00 | 66 625,44 | 66 625,44 | 0,00 | 66 625,44 |
| 38+075 | 23,84 | 574,79 | 574,79 | 0,00 | 0,00 | 67 200,23 | 67 200,23 | 0,00 | 67 200,23 |
| 38+100 | 22,74 | 582,19 | 582,19 | 0,00 | 0,00 | 67 782,42 | 67 782,42 | 0,00 | 67 782,42 |
| 38+125 | 22,07 | 560,12 | 560,12 | 0,00 | 0,00 | 68 342,54 | 68 342,54 | 0,00 | 68 342,54 |
| 38+150 | 18,49 | 507,01 | 507,01 | 0,00 | 0,00 | 68 849,55 | 68 849,55 | 0,00 | 68 849,55 |
| 38+175 | 17,10 | 444,91 | 444,91 | 0,00 | 0,00 | 69 294,46 | 69 294,46 | 0,00 | 69 294,46 |
| 38+200 | 15,97 | 413,41 | 413,41 | 0,00 | 0,00 | 69 707,87 | 69 707,87 | 0,00 | 69 707,87 |
| 38+225 | 14,92 | 386,13 | 386,13 | 0,00 | 0,00 | 70 094,00 | 70 094,00 | 0,00 | 70 094,00 |
| 38+250 | 13,82 | 359,34 | 359,34 | 0,00 | 0,00 | 70 453,34 | 70 453,34 | 0,00 | 70 453,34 |
| 38+275 | 13,24 | 338,33 | 338,33 | 0,00 | 0,00 | 70 791,67 | 70 791,67 | 0,00 | 70 791,67 |
| 38+300 | 12,50 | 321,72 | 321,72 | 0,00 | 0,00 | 71 113,39 | 71 113,39 | 0,00 | 71 113,39 |
| 38+325 | 13,13 | 320,27 | 320,27 | 0,00 | 0,00 | 71 433,66 | 71 433,66 | 0,00 | 71 433,66 |
| 38+350 | 12,55 | 320,98 | 320,98 | 0,00 | 0,00 | 71 754,64 | 71 754,64 | 0,00 | 71 754,64 |
| 38+375 | 12,66 | 315,14 | 315,14 | 0,00 | 0,00 | 72 069,78 | 72 069,78 | 0,00 | 72 069,78 |
| 38+400 | 13,96 | 332,75 | 332,75 | 0,00 | 0,00 | 72 402,53 | 72 402,53 | 0,00 | 72 402,53 |
| 38+425 | 16,26 | 377,75 | 377,75 | 0,00 | 0,00 | 72 780,28 | 72 780,28 | 0,00 | 72 780,28 |
| 38+450 | 19,79 | 451,03 | 451,03 | 0,00 | 0,00 | 73 231,32 | 73 231,32 | 0,00 | 73 231,32 |
| 38+475 | 17,88 | 471,33 | 471,33 | 0,00 | 0,00 | 73 702,64 | 73 702,64 | 0,00 | 73 702,64 |

| Abscisse | Surface de déblai (m²) | Volume de déblai (m³) | Volume réutilisable (m³) | Surface de remblai (m²) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cum. (m³) | Vol. réutilisable cum. (m³) | Vol. remblai cum. (m³) | Vol. net cum. (m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38+500 | 14,81 | 408,76 | 408,76 | 0,00 | 0,00 | 74 111,40 | 74 111,40 | 0,00 | 74 111,40 |
| 38+525 | 11,67 | 331,02 | 331,02 | 0,00 | 0,00 | 74 442,42 | 74 442,42 | 0,00 | 74 442,42 |
| 38+550 | 8,27 | 249,27 | 249,27 | 0,00 | 0,00 | 74 691,69 | 74 691,69 | 0,00 | 74 691,69 |
| 38+575 | 9,43 | 221,35 | 221,35 | 0,00 | 0,00 | 74 913,04 | 74 913,04 | 0,00 | 74 913,04 |
| 38+600 | 9,88 | 241,46 | 241,46 | 0,00 | 0,00 | 75 154,50 | 75 154,50 | 0,00 | 75 154,50 |
| 38+625 | 10,41 | 253,62 | 253,62 | 0,00 | 0,00 | 75 408,12 | 75 408,12 | 0,00 | 75 408,12 |
| 38+650 | 10,39 | 259,96 | 259,96 | 0,00 | 0,00 | 75 668,07 | 75 668,07 | 0,00 | 75 668,07 |
| 38+675 | 10,98 | 267,06 | 267,06 | 0,00 | 0,00 | 75 935,13 | 75 935,13 | 0,00 | 75 935,13 |
| 38+700 | 11,20 | 277,27 | 277,27 | 0,00 | 0,00 | 76 212,40 | 76 212,40 | 0,00 | 76 212,40 |
| 38+725 | 10,59 | 272,42 | 272,42 | 0,00 | 0,00 | 76 484,82 | 76 484,82 | 0,00 | 76 484,82 |
| 38+750 | 9,59 | 252,18 | 252,18 | 0,00 | 0,00 | 76 737,00 | 76 737,00 | 0,00 | 76 737,00 |
| 38+775 | 9,19 | 234,57 | 234,57 | 0,00 | 0,00 | 76 971,58 | 76 971,58 | 0,00 | 76 971,58 |
| 38+800 | 11,90 | 263,45 | 263,45 | 0,00 | 0,00 | 77 235,03 | 77 235,03 | 0,00 | 77 235,03 |
| 38+825 | 13,06 | 311,90 | 311,90 | 0,00 | 0,00 | 77 546,93 | 77 546,93 | 0,00 | 77 546,93 |
| 38+850 | 14,35 | 342,48 | 342,48 | 0,00 | 0,00 | 77 889,40 | 77 889,40 | 0,00 | 77 889,40 |
| 38+875 | 15,59 | 373,95 | 373,95 | 0,00 | 0,00 | 78 263,35 | 78 263,35 | 0,00 | 78 263,35 |
| 38+900 | 16,71 | 403,27 | 403,27 | 0,00 | 0,00 | 78 666,62 | 78 666,62 | 0,00 | 78 666,62 |
| 38+925 | 17,39 | 425,83 | 425,83 | 0,00 | 0,00 | 79 092,45 | 79 092,45 | 0,00 | 79 092,45 |
| 38+950 | 19,50 | 460,61 | 460,61 | 0,00 | 0,00 | 79 553,06 | 79 553,06 | 0,00 | 79 553,06 |
| 38+975 | 22,08 | 519,26 | 519,26 | 0,00 | 0,00 | 80 072,32 | 80 072,32 | 0,00 | 80 072,32 |
| 39+000 | 23,10 | 564,39 | 564,39 | 0,00 | 0,00 | 80 636,71 | 80 636,71 | 0,00 | 80 636,71 |
| 39+025 | 24,82 | 598,59 | 598,59 | 0,00 | 0,00 | 81 235,30 | 81 235,30 | 0,00 | 81 235,30 |
| 39+050 | 25,47 | 628,25 | 628,25 | 0,00 | 0,00 | 81 863,55 | 81 863,55 | 0,00 | 81 863,55 |
| 39+075 | 27,18 | 657,98 | 657,98 | 0,00 | 0,00 | 82 521,53 | 82 521,53 | 0,00 | 82 521,53 |
| 39+100 | 27,02 | 677,40 | 677,40 | 0,00 | 0,00 | 83 198,94 | 83 198,94 | 0,00 | 83 198,94 |
| 39+125 | 27,41 | 680,35 | 680,35 | 0,00 | 0,00 | 83 879,28 | 83 879,28 | 0,00 | 83 879,28 |
| 39+150 | 27,52 | 686,62 | 686,62 | 0,00 | 0,00 | 84 565,90 | 84 565,90 | 0,00 | 84 565,90 |
| 39+175 | 26,91 | 680,37 | 680,37 | 0,00 | 0,00 | 85 246,27 | 85 246,27 | 0,00 | 85 246,27 |
| 39+200 | 27,14 | 675,61 | 675,61 | 0,00 | 0,00 | 85 921,88 | 85 921,88 | 0,00 | 85 921,88 |
| 39+225 | 0,01 | 339,37 | 339,37 | 0,00 | 0,00 | 86 261,25 | 86 261,25 | 0,00 | 86 261,25 |
| 39+250 | 0,00 | 0,13 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 86 261,37 | 86 261,37 | 0,00 | 86 261,37 |
| 39+275 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 86 261,37 | 86 261,37 | 0,00 | 86 261,37 |
| 39+300 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 86 261,37 | 86 261,37 | 0,00 | 86 261,37 |
| 39+325 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 86 261,37 | 86 261,37 | 0,00 | 86 261,37 |
| 39+350 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 86 261,37 | 86 261,37 | 0,00 | 86 261,37 |
| 39+375 | 0,16 | 1,97 | 1,97 | 0,00 | 0,00 | 86 263,35 | 86 263,35 | 0,00 | 86 263,35 |
| 39+400 | 3,18 | 41,68 | 41,68 | 0,00 | 0,00 | 86 305,03 | 86 305,03 | 0,00 | 86 305,03 |
| 39+425 | 11,80 | 187,17 | 187,17 | 0,00 | 0,00 | 86 492,20 | 86 492,20 | 0,00 | 86 492,20 |
| 39+450 | 31,25 | 538,13 | 538,13 | 0,00 | 0,00 | 87 030,33 | 87 030,33 | 0,00 | 87 030,33 |
| 39+475 | 52,23 | 1 043,50 | 1 043,50 | 0,00 | 0,00 | 88 073,83 | 88 073,83 | 0,00 | 88 073,83 |
| 39+500 | 66,41 | 1 483,00 | 1 483,00 | 0,00 | 0,00 | 89 556,83 | 89 556,83 | 0,00 | 89 556,83 |
| 39+525 | 60,13 | 1 581,85 | 1 581,85 | 0,00 | 0,00 | 91 138,68 | 91 138,68 | 0,00 | 91 138,68 |
| 39+550 | 41,63 | 1 272,02 | 1 272,02 | 0,00 | 0,00 | 92 410,70 | 92 410,70 | 0,00 | 92 410,70 |
| 39+575 | 34,92 | 956,80 | 956,80 | 0,00 | 0,00 | 93 367,50 | 93 367,50 | 0,00 | 93 367,50 |
| 39+600 | 30,60 | 818,90 | 818,90 | 0,00 | 0,00 | 94 186,39 | 94 186,39 | 0,00 | 94 186,39 |
| 39+625 | 10,18 | 509,70 | 509,70 | 0,00 | 0,00 | 94 696,09 | 94 696,09 | 0,00 | 94 696,09 |
| 39+650 | 0,75 | 136,59 | 136,59 | 0,00 | 0,00 | 94 832,69 | 94 832,69 | 0,00 | 94 832,69 |
| 39+675 | 0,00 | 9,34 | 9,34 | 0,00 | 0,00 | 94 842,02 | 94 842,02 | 0,00 | 94 842,02 |
| 39+700 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 94 842,02 | 94 842,02 | 0,00 | 94 842,02 |

| Abscisse | Surface de déblai (m²) | Volume de déblai (m³) | Volume réutilisable (m³) | Surface de remblai (m²) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cum. (m³) | Vol. réutilisable cum. (m³) | Vol. remblai cum. (m³) | Vol. net cum. (m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 39+725 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 94 842,02 | 94 842,02 | 0,00 | 94 842,02 |
| 39+750 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 94 842,02 | 94 842,02 | 0,00 | 94 842,02 |
| 39+775 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 94 842,02 | 94 842,02 | 0,00 | 94 842,02 |
| 39+800 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 94 842,02 | 94 842,02 | 0,00 | 94 842,02 |
| 39+825 | 3,59 | 44,92 | 44,92 | 0,00 | 0,00 | 94 886,94 | 94 886,94 | 0,00 | 94 886,94 |
| 39+850 | 9,13 | 159,00 | 159,00 | 0,00 | 0,00 | 95 045,95 | 95 045,95 | 0,00 | 95 045,95 |
| 39+875 | 30,66 | 497,37 | 497,37 | 0,00 | 0,00 | 95 543,32 | 95 543,32 | 0,00 | 95 543,32 |
| 39+900 | 78,67 | 1 366,72 | 1 366,72 | 0,00 | 0,00 | 96 910,04 | 96 910,04 | 0,00 | 96 910,04 |
| 39+925 | 146,08 | 2 809,46 | 2 809,46 | 0,00 | 0,00 | 99 719,50 | 99 719,50 | 0,00 | 99 719,50 |
| 39+950 | 236,44 | 4 781,58 | 4 781,58 | 0,00 | 0,00 | 104 501,08 | 104 501,08 | 0,00 | 104 501,08 |
| 39+975 | 308,80 | 6 815,54 | 6 815,54 | 0,00 | 0,00 | 111 316,62 | 111 316,62 | 0,00 | 111 316,62 |
| 40+000 | 285,91 | 7 433,83 | 7 433,83 | 0,00 | 0,00 | 118 750,45 | 118 750,45 | 0,00 | 118 750,45 |
| 40+025 | 259,13 | 6 812,95 | 6 812,95 | 0,00 | 0,00 | 125 563,40 | 125 563,40 | 0,00 | 125 563,40 |
| 40+050 | 192,25 | 5 642,26 | 5 642,26 | 0,00 | 0,00 | 131 205,66 | 131 205,66 | 0,00 | 131 205,66 |
| 40+075 | 134,87 | 4 089,00 | 4 089,00 | 0,00 | 0,00 | 135 294,65 | 135 294,65 | 0,00 | 135 294,65 |
| 40+100 | 107,26 | 3 026,61 | 3 026,61 | 0,00 | 0,00 | 138 321,26 | 138 321,26 | 0,00 | 138 321,26 |
| 40+125 | 96,78 | 2 550,49 | 2 550,49 | 0,00 | 0,00 | 140 871,76 | 140 871,76 | 0,00 | 140 871,76 |
| 40+150 | 115,33 | 2 651,31 | 2 651,31 | 0,00 | 0,00 | 143 523,07 | 143 523,07 | 0,00 | 143 523,07 |
| 40+175 | 127,60 | 3 036,62 | 3 036,62 | 0,00 | 0,00 | 146 559,69 | 146 559,69 | 0,00 | 146 559,69 |
| 40+200 | 110,22 | 2 972,79 | 2 972,79 | 0,00 | 0,00 | 149 532,49 | 149 532,49 | 0,00 | 149 532,49 |
| 40+225 | 67,33 | 2 219,45 | 2 219,45 | 0,00 | 0,00 | 151 751,93 | 151 751,93 | 0,00 | 151 751,93 |
| 40+250 | 17,98 | 1 066,46 | 1 066,46 | 0,00 | 0,00 | 152 818,40 | 152 818,40 | 0,00 | 152 818,40 |
| 40+275 | 4,67 | 283,16 | 283,16 | 0,00 | 0,00 | 153 101,56 | 153 101,56 | 0,00 | 153 101,56 |
| 40+300 | 19,77 | 305,49 | 305,49 | 0,00 | 0,00 | 153 407,06 | 153 407,06 | 0,00 | 153 407,06 |
| 40+325 | 21,38 | 514,31 | 514,31 | 0,00 | 0,00 | 153 921,37 | 153 921,37 | 0,00 | 153 921,37 |
| 40+350 | 10,45 | 397,85 | 397,85 | 0,00 | 0,00 | 154 319,22 | 154 319,22 | 0,00 | 154 319,22 |
| 40+375 | 0,00 | 130,65 | 130,65 | 0,00 | 0,00 | 154 449,87 | 154 449,87 | 0,00 | 154 449,87 |
| 40+400 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 154 449,87 | 154 449,87 | 0,00 | 154 449,87 |
| 40+425 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 154 449,87 | 154 449,87 | 0,00 | 154 449,87 |
| 40+450 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 154 449,87 | 154 449,87 | 0,00 | 154 449,87 |
| 40+475 | 2,62 | 32,81 | 32,81 | 0,00 | 0,00 | 154 482,68 | 154 482,68 | 0,00 | 154 482,68 |
| 40+500 | 14,70 | 216,51 | 216,51 | 0,00 | 0,00 | 154 699,19 | 154 699,19 | 0,00 | 154 699,19 |
| 40+525 | 22,31 | 462,60 | 462,60 | 0,00 | 0,00 | 155 161,79 | 155 161,79 | 0,00 | 155 161,79 |
| 40+550 | 16,54 | 485,66 | 485,66 | 0,00 | 0,00 | 155 647,46 | 155 647,46 | 0,00 | 155 647,46 |
| 40+575 | 13,40 | 374,31 | 374,31 | 0,00 | 0,00 | 156 021,77 | 156 021,77 | 0,00 | 156 021,77 |
| 40+600 | 13,80 | 340,00 | 340,00 | 0,00 | 0,00 | 156 361,77 | 156 361,77 | 0,00 | 156 361,77 |
| 40+625 | 14,14 | 349,22 | 349,22 | 0,00 | 0,00 | 156 710,99 | 156 710,99 | 0,00 | 156 710,99 |
| 40+650 | 14,04 | 352,31 | 352,31 | 0,00 | 0,00 | 157 063,30 | 157 063,30 | 0,00 | 157 063,30 |
| 40+675 | 14,07 | 351,41 | 351,41 | 0,00 | 0,00 | 157 414,71 | 157 414,71 | 0,00 | 157 414,71 |
| 40+700 | 14,52 | 357,32 | 357,32 | 0,00 | 0,00 | 157 772,03 | 157 772,03 | 0,00 | 157 772,03 |
| 40+725 | 14,74 | 365,65 | 365,65 | 0,00 | 0,00 | 158 137,68 | 158 137,68 | 0,00 | 158 137,68 |
| 40+750 | 14,03 | 359,58 | 359,58 | 0,00 | 0,00 | 158 497,27 | 158 497,27 | 0,00 | 158 497,27 |
| 40+775 | 13,42 | 343,11 | 343,11 | 0,00 | 0,00 | 158 840,38 | 158 840,38 | 0,00 | 158 840,38 |
| 40+800 | 13,18 | 332,43 | 332,43 | 0,00 | 0,00 | 159 172,81 | 159 172,81 | 0,00 | 159 172,81 |
| 40+825 | 13,11 | 328,64 | 328,64 | 0,00 | 0,00 | 159 501,44 | 159 501,44 | 0,00 | 159 501,44 |
| 40+850 | 13,63 | 334,24 | 334,24 | 0,00 | 0,00 | 159 835,68 | 159 835,68 | 0,00 | 159 835,68 |
| 40+875 | 14,02 | 345,63 | 345,63 | 0,00 | 0,00 | 160 181,31 | 160 181,31 | 0,00 | 160 181,31 |
| 40+900 | 14,14 | 352,02 | 352,02 | 0,00 | 0,00 | 160 533,33 | 160 533,33 | 0,00 | 160 533,33 |
| 40+925 | 14,22 | 354,40 | 354,40 | 0,00 | 0,00 | 160 887,73 | 160 887,73 | 0,00 | 160 887,73 |

| Abscisse | Surface de déblai (m²) | Volume de déblai (m³) | Volume réutilisable (m³) | Surface de remblai (m²) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cum. (m³) | Vol. réutilisable cum. (m³) | Vol. remblai cum. (m³) | Vol. net cum. (m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40+950 | 14,33 | 356,82 | 356,82 | 0,00 | 0,00 | 161 244,55 | 161 244,55 | 0,00 | 161 244,55 |
| 40+975 | 14,31 | 357,97 | 357,97 | 0,00 | 0,00 | 161 602,53 | 161 602,53 | 0,00 | 161 602,53 |
| 41+000 | 13,89 | 352,48 | 352,48 | 0,00 | 0,00 | 161 955,00 | 161 955,00 | 0,00 | 161 955,00 |
| 41+025 | 13,37 | 340,77 | 340,77 | 0,00 | 0,00 | 162 295,78 | 162 295,78 | 0,00 | 162 295,78 |
| 41+050 | 12,19 | 319,55 | 319,55 | 0,00 | 0,00 | 162 615,32 | 162 615,32 | 0,00 | 162 615,32 |
| 41+075 | 11,00 | 289,85 | 289,85 | 0,00 | 0,00 | 162 905,17 | 162 905,17 | 0,00 | 162 905,17 |
| 41+100 | 11,20 | 277,44 | 277,44 | 0,00 | 0,00 | 163 182,61 | 163 182,61 | 0,00 | 163 182,61 |
| 41+125 | 11,39 | 282,40 | 282,40 | 0,00 | 0,00 | 163 465,01 | 163 465,01 | 0,00 | 163 465,01 |
| 41+150 | 11,69 | 288,57 | 288,57 | 0,00 | 0,00 | 163 753,58 | 163 753,58 | 0,00 | 163 753,58 |
| 41+175 | 11,94 | 295,46 | 295,46 | 0,00 | 0,00 | 164 049,04 | 164 049,04 | 0,00 | 164 049,04 |
| 41+200 | 12,50 | 305,56 | 305,56 | 0,00 | 0,00 | 164 354,60 | 164 354,60 | 0,00 | 164 354,60 |
| 41+225 | 12,97 | 318,36 | 318,36 | 0,00 | 0,00 | 164 672,96 | 164 672,96 | 0,00 | 164 672,96 |
| 41+250 | 13,98 | 336,89 | 336,89 | 0,00 | 0,00 | 165 009,85 | 165 009,85 | 0,00 | 165 009,85 |
| 41+275 | 15,05 | 362,87 | 362,87 | 0,00 | 0,00 | 165 372,73 | 165 372,73 | 0,00 | 165 372,73 |
| 41+300 | 16,44 | 393,62 | 393,62 | 0,00 | 0,00 | 165 766,35 | 165 766,35 | 0,00 | 165 766,35 |
| 41+325 | 17,50 | 424,31 | 424,31 | 0,00 | 0,00 | 166 190,66 | 166 190,66 | 0,00 | 166 190,66 |
| 41+350 | 19,10 | 457,57 | 457,57 | 0,00 | 0,00 | 166 648,23 | 166 648,23 | 0,00 | 166 648,23 |
| 41+375 | 19,23 | 479,18 | 479,18 | 0,00 | 0,00 | 167 127,40 | 167 127,40 | 0,00 | 167 127,40 |
| 41+400 | 20,84 | 500,82 | 500,82 | 0,00 | 0,00 | 167 628,23 | 167 628,23 | 0,00 | 167 628,23 |
| 41+425 | 23,39 | 552,84 | 552,84 | 0,00 | 0,00 | 168 181,06 | 168 181,06 | 0,00 | 168 181,06 |
| 41+450 | 24,68 | 600,92 | 600,92 | 0,00 | 0,00 | 168 781,99 | 168 781,99 | 0,00 | 168 781,99 |
| 41+475 | 25,57 | 628,22 | 628,22 | 0,00 | 0,00 | 169 410,21 | 169 410,21 | 0,00 | 169 410,21 |
| 41+500 | 26,41 | 649,78 | 649,78 | 0,00 | 0,00 | 170 059,99 | 170 059,99 | 0,00 | 170 059,99 |
| 41+525 | 27,18 | 669,85 | 669,85 | 0,00 | 0,00 | 170 729,85 | 170 729,85 | 0,00 | 170 729,85 |
| 41+550 | 29,69 | 710,88 | 710,88 | 0,00 | 0,00 | 171 440,73 | 171 440,73 | 0,00 | 171 440,73 |
| 41+575 | 31,11 | 759,99 | 759,99 | 0,00 | 0,00 | 172 200,72 | 172 200,72 | 0,00 | 172 200,72 |
| 41+600 | 32,05 | 789,42 | 789,42 | 0,00 | 0,00 | 172 990,14 | 172 990,14 | 0,00 | 172 990,14 |
| 41+625 | 33,56 | 820,05 | 820,05 | 0,00 | 0,00 | 173 810,19 | 173 810,19 | 0,00 | 173 810,19 |
| 41+650 | 32,68 | 828,01 | 828,01 | 0,00 | 0,00 | 174 638,21 | 174 638,21 | 0,00 | 174 638,21 |
| 41+675 | 34,19 | 835,88 | 835,88 | 0,00 | 0,00 | 175 474,08 | 175 474,08 | 0,00 | 175 474,08 |
| 41+700 | 34,90 | 863,63 | 863,63 | 0,00 | 0,00 | 176 337,72 | 176 337,72 | 0,00 | 176 337,72 |
| 41+725 | 35,62 | 881,49 | 881,49 | 0,00 | 0,00 | 177 219,21 | 177 219,21 | 0,00 | 177 219,21 |
| 41+750 | 36,38 | 899,90 | 899,90 | 0,00 | 0,00 | 178 119,10 | 178 119,10 | 0,00 | 178 119,10 |
| 41+775 | 37,02 | 917,46 | 917,46 | 0,00 | 0,00 | 179 036,57 | 179 036,57 | 0,00 | 179 036,57 |
| 41+800 | 37,37 | 929,94 | 929,94 | 0,00 | 0,00 | 179 966,50 | 179 966,50 | 0,00 | 179 966,50 |
| 41+825 | 37,70 | 938,42 | 938,42 | 0,00 | 0,00 | 180 904,93 | 180 904,93 | 0,00 | 180 904,93 |
| 41+850 | 37,97 | 945,88 | 945,88 | 0,00 | 0,00 | 181 850,81 | 181 850,81 | 0,00 | 181 850,81 |
| 41+875 | 38,30 | 953,32 | 953,32 | 0,00 | 0,00 | 182 804,13 | 182 804,13 | 0,00 | 182 804,13 |
| 41+900 | 38,64 | 961,71 | 961,71 | 0,00 | 0,00 | 183 765,85 | 183 765,85 | 0,00 | 183 765,85 |
| 41+925 | 39,93 | 982,12 | 982,12 | 0,00 | 0,00 | 184 747,97 | 184 747,97 | 0,00 | 184 747,97 |
| 41+950 | 39,73 | 995,72 | 995,72 | 0,00 | 0,00 | 185 743,69 | 185 743,69 | 0,00 | 185 743,69 |
| 41+975 | 37,95 | 970,98 | 970,98 | 0,00 | 0,00 | 186 714,67 | 186 714,67 | 0,00 | 186 714,67 |
| 42+000 | 34,85 | 910,02 | 910,02 | 0,00 | 0,00 | 187 624,69 | 187 624,69 | 0,00 | 187 624,69 |
| 42+025 | 32,43 | 841,01 | 841,01 | 0,00 | 0,00 | 188 465,70 | 188 465,70 | 0,00 | 188 465,70 |
| 42+050 | 29,16 | 769,82 | 769,82 | 0,00 | 0,00 | 189 235,52 | 189 235,52 | 0,00 | 189 235,52 |
| 42+075 | 23,41 | 657,11 | 657,11 | 0,00 | 0,00 | 189 892,63 | 189 892,63 | 0,00 | 189 892,63 |
| 42+100 | 19,09 | 531,32 | 531,32 | 0,00 | 0,00 | 190 423,95 | 190 423,95 | 0,00 | 190 423,95 |
| 42+125 | 13,36 | 405,67 | 405,67 | 0,00 | 0,00 | 190 829,62 | 190 829,62 | 0,00 | 190 829,62 |
| 42+150 | 9,56 | 286,48 | 286,48 | 0,00 | 0,00 | 191 116,11 | 191 116,11 | 0,00 | 191 116,11 |

| Abscisse | Surface de déblai (m²) | Volume de déblai (m³) | Volume réutilisable (m³) | Surface de remblai (m²) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cum. (m³) | Vol. réutilisable cum. (m³) | Vol. remblai cum. (m³) | Vol. net cum. (m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 42+175 | 14,19 | 296,88 | 296,88 | 0,00 | 0,00 | 191 412,99 | 191 412,99 | 0,00 | 191 412,99 |
| 42+200 | 20,39 | 432,29 | 432,29 | 0,00 | 0,00 | 191 845,28 | 191 845,28 | 0,00 | 191 845,28 |
| 42+225 | 25,71 | 576,25 | 576,25 | 0,00 | 0,00 | 192 421,53 | 192 421,53 | 0,00 | 192 421,53 |
| 42+250 | 27,89 | 669,96 | 669,96 | 0,00 | 0,00 | 193 091,48 | 193 091,48 | 0,00 | 193 091,48 |
| 42+275 | 30,84 | 734,17 | 734,17 | 0,00 | 0,00 | 193 825,66 | 193 825,66 | 0,00 | 193 825,66 |
| 42+300 | 28,81 | 745,62 | 745,62 | 0,00 | 0,00 | 194 571,28 | 194 571,28 | 0,00 | 194 571,28 |
| 42+325 | 28,12 | 711,59 | 711,59 | 0,00 | 0,00 | 195 282,87 | 195 282,87 | 0,00 | 195 282,87 |
| 42+350 | 26,49 | 682,62 | 682,62 | 0,00 | 0,00 | 195 965,49 | 195 965,49 | 0,00 | 195 965,49 |
| 42+375 | 24,67 | 639,45 | 639,45 | 0,00 | 0,00 | 196 604,94 | 196 604,94 | 0,00 | 196 604,94 |
| 42+400 | 22,44 | 588,90 | 588,90 | 0,00 | 0,00 | 197 193,85 | 197 193,85 | 0,00 | 197 193,85 |
| 42+425 | 20,72 | 539,48 | 539,48 | 0,00 | 0,00 | 197 733,33 | 197 733,33 | 0,00 | 197 733,33 |
| 42+450 | 17,50 | 477,69 | 477,69 | 0,00 | 0,00 | 198 211,02 | 198 211,02 | 0,00 | 198 211,02 |
| 42+475 | 15,30 | 409,94 | 409,94 | 0,00 | 0,00 | 198 620,95 | 198 620,95 | 0,00 | 198 620,95 |
| 42+500 | 12,68 | 349,71 | 349,71 | 0,00 | 0,00 | 198 970,67 | 198 970,67 | 0,00 | 198 970,67 |
| 42+525 | 11,81 | 306,15 | 306,15 | 0,00 | 0,00 | 199 276,82 | 199 276,82 | 0,00 | 199 276,82 |
| 42+550 | 11,80 | 295,14 | 295,14 | 0,00 | 0,00 | 199 571,96 | 199 571,96 | 0,00 | 199 571,96 |
| 42+575 | 10,28 | 276,05 | 276,05 | 0,00 | 0,00 | 199 848,00 | 199 848,00 | 0,00 | 199 848,00 |
| 42+600 | 9,35 | 245,41 | 245,41 | 0,00 | 0,00 | 200 093,41 | 200 093,41 | 0,00 | 200 093,41 |
| 42+625 | 11,40 | 259,40 | 259,40 | 0,00 | 0,00 | 200 352,81 | 200 352,81 | 0,00 | 200 352,81 |
| 42+650 | 11,26 | 283,32 | 283,32 | 0,00 | 0,00 | 200 636,14 | 200 636,14 | 0,00 | 200 636,14 |
| 42+675 | 11,01 | 278,38 | 278,38 | 0,00 | 0,00 | 200 914,52 | 200 914,52 | 0,00 | 200 914,52 |
| 42+700 | 11,14 | 276,85 | 276,85 | 0,00 | 0,00 | 201 191,37 | 201 191,37 | 0,00 | 201 191,37 |
| 42+725 | 11,87 | 287,57 | 287,57 | 0,00 | 0,00 | 201 478,94 | 201 478,94 | 0,00 | 201 478,94 |
| 42+750 | 13,43 | 316,15 | 316,15 | 0,00 | 0,00 | 201 795,09 | 201 795,09 | 0,00 | 201 795,09 |
| 42+775 | 14,44 | 348,29 | 348,29 | 0,00 | 0,00 | 202 143,38 | 202 143,38 | 0,00 | 202 143,38 |
| 42+800 | 14,48 | 361,39 | 361,39 | 0,00 | 0,00 | 202 504,77 | 202 504,77 | 0,00 | 202 504,77 |
| 42+825 | 14,24 | 358,90 | 358,90 | 0,00 | 0,00 | 202 863,67 | 202 863,67 | 0,00 | 202 863,67 |
| 42+850 | 13,75 | 349,83 | 349,83 | 0,00 | 0,00 | 203 213,50 | 203 213,50 | 0,00 | 203 213,50 |
| 42+875 | 12,86 | 332,61 | 332,61 | 0,00 | 0,00 | 203 546,11 | 203 546,11 | 0,00 | 203 546,11 |
| 42+900 | 11,91 | 309,59 | 309,59 | 0,00 | 0,00 | 203 855,70 | 203 855,70 | 0,00 | 203 855,70 |
| 42+925 | 11,06 | 287,07 | 287,07 | 0,00 | 0,00 | 204 142,77 | 204 142,77 | 0,00 | 204 142,77 |
| 42+950 | 10,53 | 269,82 | 269,82 | 0,00 | 0,00 | 204 412,58 | 204 412,58 | 0,00 | 204 412,58 |
| 42+975 | 11,48 | 275,05 | 275,05 | 0,00 | 0,00 | 204 687,64 | 204 687,64 | 0,00 | 204 687,64 |
| 43+000 | 11,92 | 292,42 | 292,42 | 0,00 | 0,00 | 204 980,06 | 204 980,06 | 0,00 | 204 980,06 |
| 43+025 | 12,21 | 301,63 | 301,63 | 0,00 | 0,00 | 205 281,69 | 205 281,69 | 0,00 | 205 281,69 |
| 43+050 | 12,52 | 309,21 | 309,21 | 0,00 | 0,00 | 205 590,90 | 205 590,90 | 0,00 | 205 590,90 |
| 43+075 | 13,04 | 319,52 | 319,52 | 0,00 | 0,00 | 205 910,42 | 205 910,42 | 0,00 | 205 910,42 |
| 43+100 | 13,53 | 332,10 | 332,10 | 0,00 | 0,00 | 206 242,52 | 206 242,52 | 0,00 | 206 242,52 |
| 43+125 | 14,30 | 347,83 | 347,83 | 0,00 | 0,00 | 206 590,36 | 206 590,36 | 0,00 | 206 590,36 |
| 43+150 | 15,39 | 371,03 | 371,03 | 0,00 | 0,00 | 206 961,39 | 206 961,39 | 0,00 | 206 961,39 |
| 43+175 | 16,59 | 399,64 | 399,64 | 0,00 | 0,00 | 207 361,03 | 207 361,03 | 0,00 | 207 361,03 |
| 43+200 | 17,83 | 430,17 | 430,17 | 0,00 | 0,00 | 207 791,21 | 207 791,21 | 0,00 | 207 791,21 |
| 43+225 | 20,01 | 472,92 | 472,92 | 0,00 | 0,00 | 208 264,13 | 208 264,13 | 0,00 | 208 264,13 |
| 43+250 | 22,30 | 528,83 | 528,83 | 0,00 | 0,00 | 208 792,96 | 208 792,96 | 0,00 | 208 792,96 |
| 43+275 | 23,33 | 570,35 | 570,35 | 0,00 | 0,00 | 209 363,31 | 209 363,31 | 0,00 | 209 363,31 |
| 43+300 | 24,76 | 601,06 | 601,06 | 0,00 | 0,00 | 209 964,37 | 209 964,37 | 0,00 | 209 964,37 |
| 43+325 | 25,13 | 623,61 | 623,61 | 0,00 | 0,00 | 210 587,99 | 210 587,99 | 0,00 | 210 587,99 |
| 43+350 | 25,25 | 629,80 | 629,80 | 0,00 | 0,00 | 211 217,79 | 211 217,79 | 0,00 | 211 217,79 |
| 43+375 | 24,54 | 622,45 | 622,45 | 0,00 | 0,00 | 211 840,24 | 211 840,24 | 0,00 | 211 840,24 |

| Abscisse | Surface de déblai (m²) | Volume de déblai (m³) | Volume réutilisable (m³) | Surface de remblai (m²) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cum. (m³) | Vol. réutilisable cum. (m³) | Vol. remblai cum. (m³) | Vol. net cum. (m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 43+400 | 24,46 | 612,52 | 612,52 | 0,00 | 0,00 | 212 452,76 | 212 452,76 | 0,00 | 212 452,76 |
| 43+425 | 25,36 | 622,73 | 622,73 | 0,00 | 0,00 | 213 075,48 | 213 075,48 | 0,00 | 213 075,48 |
| 43+450 | 26,92 | 653,44 | 653,44 | 0,00 | 0,00 | 213 728,93 | 213 728,93 | 0,00 | 213 728,93 |
| 43+475 | 28,33 | 690,55 | 690,55 | 0,00 | 0,00 | 214 419,47 | 214 419,47 | 0,00 | 214 419,47 |
| 43+500 | 30,54 | 735,80 | 735,80 | 0,00 | 0,00 | 215 155,27 | 215 155,27 | 0,00 | 215 155,27 |
| 43+525 | 30,91 | 768,10 | 768,10 | 0,00 | 0,00 | 215 923,37 | 215 923,37 | 0,00 | 215 923,37 |
| 43+550 | 30,82 | 771,65 | 771,65 | 0,00 | 0,00 | 216 695,02 | 216 695,02 | 0,00 | 216 695,02 |
| 43+575 | 30,79 | 770,16 | 770,16 | 0,00 | 0,00 | 217 465,17 | 217 465,17 | 0,00 | 217 465,17 |
| 43+600 | 30,69 | 768,54 | 768,54 | 0,00 | 0,00 | 218 233,71 | 218 233,71 | 0,00 | 218 233,71 |
| 43+625 | 30,56 | 765,60 | 765,60 | 0,00 | 0,00 | 218 999,31 | 218 999,31 | 0,00 | 218 999,31 |
| 43+650 | 29,35 | 748,89 | 748,89 | 0,00 | 0,00 | 219 748,20 | 219 748,20 | 0,00 | 219 748,20 |
| 43+675 | 27,14 | 706,15 | 706,15 | 0,00 | 0,00 | 220 454,35 | 220 454,35 | 0,00 | 220 454,35 |
| 43+700 | 26,55 | 671,10 | 671,10 | 0,00 | 0,00 | 221 125,44 | 221 125,44 | 0,00 | 221 125,44 |
| 43+725 | 25,74 | 653,69 | 653,69 | 0,00 | 0,00 | 221 779,13 | 221 779,13 | 0,00 | 221 779,13 |
| 43+750 | 24,09 | 622,91 | 622,91 | 0,00 | 0,00 | 222 402,04 | 222 402,04 | 0,00 | 222 402,04 |
| 43+775 | 21,16 | 565,61 | 565,61 | 0,00 | 0,00 | 222 967,65 | 222 967,65 | 0,00 | 222 967,65 |
| 43+800 | 14,41 | 444,60 | 444,60 | 0,00 | 0,00 | 223 412,25 | 223 412,25 | 0,00 | 223 412,25 |
| 43+825 | 11,13 | 319,19 | 319,19 | 0,00 | 0,00 | 223 731,44 | 223 731,44 | 0,00 | 223 731,44 |
| 43+850 | 11,14 | 278,39 | 278,39 | 0,00 | 0,00 | 224 009,83 | 224 009,83 | 0,00 | 224 009,83 |
| 43+875 | 12,24 | 292,29 | 292,29 | 0,00 | 0,00 | 224 302,12 | 224 302,12 | 0,00 | 224 302,12 |
| 43+900 | 15,35 | 344,92 | 344,92 | 0,00 | 0,00 | 224 647,04 | 224 647,04 | 0,00 | 224 647,04 |
| 43+925 | 19,42 | 434,66 | 434,66 | 0,00 | 0,00 | 225 081,70 | 225 081,70 | 0,00 | 225 081,70 |
| 43+950 | 14,56 | 424,80 | 424,80 | 0,00 | 0,00 | 225 506,50 | 225 506,50 | 0,00 | 225 506,50 |
| 43+975 | 13,79 | 354,46 | 354,46 | 0,00 | 0,00 | 225 860,96 | 225 860,96 | 0,00 | 225 860,96 |
| 44+000 | 10,40 | 302,37 | 302,37 | 0,00 | 0,00 | 226 163,34 | 226 163,34 | 0,00 | 226 163,34 |
| 44+025 | 10,27 | 258,30 | 258,30 | 0,00 | 0,00 | 226 421,63 | 226 421,63 | 0,00 | 226 421,63 |
| 44+050 | 13,98 | 303,01 | 303,01 | 0,00 | 0,00 | 226 724,65 | 226 724,65 | 0,00 | 226 724,65 |
| 44+075 | 13,69 | 345,77 | 345,77 | 0,00 | 0,00 | 227 070,41 | 227 070,41 | 0,00 | 227 070,41 |
| 44+100 | 17,01 | 383,70 | 383,70 | 0,00 | 0,00 | 227 454,11 | 227 454,11 | 0,00 | 227 454,11 |
| 44+125 | 17,65 | 433,29 | 433,29 | 0,00 | 0,00 | 227 887,40 | 227 887,40 | 0,00 | 227 887,40 |
| 44+150 | 18,29 | 449,27 | 449,27 | 0,00 | 0,00 | 228 336,67 | 228 336,67 | 0,00 | 228 336,67 |
| 44+175 | 18,36 | 458,10 | 458,10 | 0,00 | 0,00 | 228 794,76 | 228 794,76 | 0,00 | 228 794,76 |
| 44+200 | 23,06 | 517,77 | 517,77 | 0,00 | 0,00 | 229 312,54 | 229 312,54 | 0,00 | 229 312,54 |
| 44+225 | 24,43 | 593,70 | 593,70 | 0,00 | 0,00 | 229 906,23 | 229 906,23 | 0,00 | 229 906,23 |
| 44+250 | 26,44 | 635,94 | 635,94 | 0,00 | 0,00 | 230 542,17 | 230 542,17 | 0,00 | 230 542,17 |
| 44+275 | 24,57 | 637,60 | 637,60 | 0,00 | 0,00 | 231 179,77 | 231 179,77 | 0,00 | 231 179,77 |
| 44+300 | 25,69 | 628,21 | 628,21 | 0,00 | 0,00 | 231 807,98 | 231 807,98 | 0,00 | 231 807,98 |
| 44+325 | 27,36 | 663,09 | 663,09 | 0,00 | 0,00 | 232 471,07 | 232 471,07 | 0,00 | 232 471,07 |
| 44+350 | 28,26 | 695,21 | 695,21 | 0,00 | 0,00 | 233 166,28 | 233 166,28 | 0,00 | 233 166,28 |
| 44+375 | 32,71 | 762,15 | 762,15 | 0,00 | 0,00 | 233 928,43 | 233 928,43 | 0,00 | 233 928,43 |
| 44+400 | 30,15 | 785,75 | 785,75 | 0,00 | 0,00 | 234 714,18 | 234 714,18 | 0,00 | 234 714,18 |
| 44+425 | 31,48 | 770,32 | 770,32 | 0,00 | 0,00 | 235 484,50 | 235 484,50 | 0,00 | 235 484,50 |
| 44+450 | 28,44 | 748,98 | 748,98 | 0,00 | 0,00 | 236 233,48 | 236 233,48 | 0,00 | 236 233,48 |
| 44+475 | 26,96 | 692,52 | 692,52 | 0,00 | 0,00 | 236 926,00 | 236 926,00 | 0,00 | 236 926,00 |
| 44+500 | 20,85 | 597,67 | 597,67 | 0,00 | 0,00 | 237 523,66 | 237 523,66 | 0,00 | 237 523,66 |
| 44+525 | 22,57 | 542,83 | 542,83 | 0,00 | 0,00 | 238 066,50 | 238 066,50 | 0,00 | 238 066,50 |
| 44+550 | 20,37 | 536,81 | 536,81 | 0,00 | 0,00 | 238 603,31 | 238 603,31 | 0,00 | 238 603,31 |
| 44+575 | 15,88 | 453,11 | 453,11 | 0,00 | 0,00 | 239 056,42 | 239 056,42 | 0,00 | 239 056,42 |
| 44+600 | 11,68 | 344,47 | 344,47 | 0,00 | 0,00 | 239 400,89 | 239 400,89 | 0,00 | 239 400,89 |

| Abscisse | Surface de déblai (m²) | Volume de déblai (m³) | Volume réutilisable (m³) | Surface de remblai (m²) | Volume de remblai (m³) | Vol. déblai cum. (m³) | Vol. réutilisable cum. (m³) | Vol. remblai cum. (m³) | Vol. net cum. (m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 44+625 | 9,16 | 260,49 | 260,49 | 0,00 | 0,00 | 239 661,38 | 239 661,38 | 0,00 | 239 661,38 |
| 44+650 | 11,50 | 258,19 | 258,19 | 0,00 | 0,00 | 239 919,57 | 239 919,57 | 0,00 | 239 919,57 |
| 44+675 | 14,48 | 324,69 | 324,69 | 0,00 | 0,00 | 240 244,26 | 240 244,26 | 0,00 | 240 244,26 |
| 44+700 | 17,61 | 401,08 | 401,08 | 0,00 | 0,00 | 240 645,34 | 240 645,34 | 0,00 | 240 645,34 |
| 44+725 | 21,57 | 489,76 | 489,76 | 0,00 | 0,00 | 241 135,10 | 241 135,10 | 0,00 | 241 135,10 |
| 44+750 | 25,26 | 585,42 | 585,42 | 0,00 | 0,00 | 241 720,52 | 241 720,52 | 0,00 | 241 720,52 |
| 44+775 | 28,08 | 666,80 | 666,80 | 0,00 | 0,00 | 242 387,32 | 242 387,32 | 0,00 | 242 387,32 |
| 44+800 | 30,45 | 731,66 | 731,66 | 0,00 | 0,00 | 243 118,98 | 243 118,98 | 0,00 | 243 118,98 |
| 44+825 | 32,21 | 783,17 | 783,17 | 0,00 | 0,00 | 243 902,15 | 243 902,15 | 0,00 | 243 902,15 |
| 44+850 | 34,92 | 839,12 | 839,12 | 0,00 | 0,00 | 244 741,27 | 244 741,27 | 0,00 | 244 741,27 |
| 44+875 | 37,20 | 901,55 | 901,55 | 0,00 | 0,00 | 245 642,82 | 245 642,82 | 0,00 | 245 642,82 |
| 44+900 | 38,51 | 946,33 | 946,33 | 0,00 | 0,00 | 246 589,16 | 246 589,16 | 0,00 | 246 589,16 |
| 44+925 | 39,62 | 976,63 | 976,63 | 0,00 | 0,00 | 247 565,78 | 247 565,78 | 0,00 | 247 565,78 |
| 44+950 | 40,41 | 1 000,46 | 1 000,46 | 0,00 | 0,00 | 248 566,24 | 248 566,24 | 0,00 | 248 566,24 |
| 44+975 | 41,13 | 1 019,23 | 1 019,23 | 0,00 | 0,00 | 249 585,47 | 249 585,47 | 0,00 | 249 585,47 |
| 45+000 | 41,96 | 1 038,58 | 1 038,58 | 0,00 | 0,00 | 250 624,05 | 250 624,05 | 0,00 | 250 624,05 |

# Annexe G — Volumes des Matériaux par Profil

Détail des cubatures par profil et par matériau — déblai, remblai, sous-ballast, couche de fondation, couche de forme, ballast, traverses et rail : surfaces, volumes incrémentaux entre profils successifs et volumes cumulés.

***Tableau G.1 — Volumes des matériaux par profil — PK 35+000 → PK 45+000***

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 35+000 | Déblai | 975,32 | 0,00 | 0,00 |
| | Remblai | 1,29 | 0,00 | 0,00 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 0,00 | 0,00 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 0,00 | 0,00 |
| | Couche de forme | 7,58 | 0,00 | 0,00 |
| | Ballast | 4,62 | 0,00 | 0,00 |
| | Traverses | 0,76 | 0,00 | 0,00 |
| | Rail | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| 35+025 | Déblai | 967,63 | 24 286,88 | 24 286,88 |
| | Remblai | 0,93 | 27,83 | 27,83 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 50,56 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 70,20 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 189,47 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 115,39 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 18,91 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 0,77 |
| 35+050 | Déblai | 889,35 | 23 212,24 | 47 499,13 |
| | Remblai | 0,94 | 23,43 | 51,27 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 101,12 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 140,41 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 378,95 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 230,78 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 37,81 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 1,55 |
| 35+075 | Déblai | 752,66 | 20 525,13 | 68 024,26 |
| | Remblai | 1,24 | 27,27 | 78,54 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 151,68 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 210,61 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 568,42 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 346,18 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 56,72 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 2,32 |
| 35+100 | Déblai | 550,70 | 16 292,06 | 84 316,32 |
| | Remblai | 0,83 | 25,85 | 104,39 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 202,24 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 280,82 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 757,89 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 461,57 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 75,62 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 3,09 |
| 35+125 | Déblai | 405,24 | 11 949,28 | 96 265,60 |
| | Remblai | 0,41 | 15,44 | 119,83 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 252,79 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 351,02 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 947,37 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 576,96 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 94,53 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 3,87 |
| 35+150 | Déblai | 307,99 | 8 915,44 | 105 181,04 |
| | Remblai | 0,42 | 10,28 | 130,11 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 303,35 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 421,23 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 1 136,84 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 692,35 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 113,43 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 4,64 |
| 35+175 | Déblai | 237,44 | 6 817,96 | 111 999,00 |
| | Remblai | 0,42 | 10,47 | 140,57 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 353,91 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 491,43 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 1 326,32 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 807,74 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 132,34 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 5,41 |
| 35+200 | Déblai | 187,86 | 5 316,27 | 117 315,27 |
| | Remblai | 0,42 | 10,53 | 151,11 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 404,47 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 561,63 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 1 515,79 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 923,13 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 151,24 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 6,18 |
| 35+225 | Déblai | 145,28 | 4 164,23 | 121 479,51 |
| | Remblai | 0,43 | 10,63 | 161,73 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 455,03 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 631,84 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 1 705,26 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 1 038,53 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 170,15 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 6,96 |
| 35+250 | Déblai | 85,97 | 2 890,58 | 124 370,09 |
| | Remblai | 0,42 | 10,56 | 172,30 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 505,59 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 702,04 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 1 894,74 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 1 153,92 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 189,06 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 7,73 |
| 35+275 | Déblai | 25,89 | 1 398,19 | 125 768,27 |
| | Remblai | 0,42 | 10,41 | 182,70 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 556,15 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 772,25 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 2 084,21 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 1 269,31 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 207,96 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 8,50 |
| 35+300 | Déblai | 3,47 | 367,03 | 126 135,31 |
| | Remblai | 4,83 | 65,61 | 248,32 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 606,71 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 842,45 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 2 273,68 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 1 384,70 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 226,87 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 9,28 |
| 35+325 | Déblai | 0,06 | 44,20 | 126 179,51 |
| | Remblai | 15,03 | 248,22 | 496,53 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 657,26 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 912,66 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 2 463,16 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 1 500,09 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 245,77 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 10,05 |
| 35+350 | Déblai | 0,25 | 3,84 | 126 183,36 |
| | Remblai | 14,78 | 372,53 | 869,07 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 707,82 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 982,86 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 2 652,63 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 1 615,48 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 264,68 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 10,82 |
| 35+375 | Déblai | 0,16 | 5,12 | 126 188,48 |
| | Remblai | 17,15 | 399,05 | 1 268,12 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 758,38 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 1 053,06 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 2 842,10 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 1 730,88 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 283,58 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 11,60 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 35+400 | Déblai | 0,23 | 4,88 | 126 193,36 |
| | Remblai | 31,90 | 613,06 | 1 881,18 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 808,94 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 1 123,27 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 3 031,58 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 1 846,27 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 302,49 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 12,37 |
| 35+425 | Déblai | 0,00 | 2,82 | 126 196,17 |
| | Remblai | 41,97 | 923,38 | 2 804,55 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 859,50 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 1 193,47 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 3 221,05 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 1 961,66 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 321,39 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 13,14 |
| 35+450 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 126 196,17 |
| | Remblai | 56,31 | 1 228,48 | 4 033,03 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 910,06 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 1 263,68 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 3 410,52 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 2 077,05 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 340,30 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 13,91 |
| 35+475 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 126 196,17 |
| | Remblai | 65,33 | 1 520,52 | 5 553,55 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 960,62 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 1 333,88 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 3 600,00 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 2 192,44 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 359,21 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 14,69 |
| 35+500 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 126 196,17 |
| | Remblai | 50,22 | 1 444,50 | 6 998,05 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 1 011,18 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 1 404,09 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 3 789,47 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 2 307,83 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 378,11 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 15,46 |
| 35+525 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 126 196,17 |
| | Remblai | 45,85 | 1 200,96 | 8 199,01 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 1 061,74 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 1 474,29 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 3 978,95 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 2 423,23 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 397,02 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 16,23 |
| 35+550 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 126 196,17 |
| | Remblai | 33,32 | 989,60 | 9 188,61 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 1 112,29 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 1 544,50 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 4 168,42 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 2 538,62 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 415,92 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 17,01 |
| 35+575 | Déblai | 2,98 | 37,28 | 126 233,46 |
| | Remblai | 6,33 | 495,58 | 9 684,19 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,57 | 1 162,87 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,22 | 1 614,72 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,52 | 4 357,94 |
| | Ballast | 4,64 | 115,69 | 2 654,31 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 434,83 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 17,78 |
| 35+600 | Déblai | 46,13 | 613,97 | 126 847,43 |
| | Remblai | 0,39 | 84,04 | 9 768,23 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,62 | 1 213,48 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,28 | 1 685,00 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,67 | 4 547,61 |
| | Ballast | 4,69 | 116,61 | 2 770,92 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 453,73 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 18,55 |
| 35+625 | Déblai | 151,44 | 2 469,68 | 129 317,11 |
| | Remblai | 0,39 | 9,71 | 9 777,94 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,68 | 1 264,16 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,36 | 1 755,36 |
| | Couche de forme | 7,60 | 189,86 | 4 737,47 |
| | Ballast | 4,74 | 117,86 | 2 888,77 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 472,64 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 19,33 |
| 35+650 | Déblai | 293,28 | 5 559,01 | 134 876,12 |
| | Remblai | 1,05 | 17,95 | 9 795,90 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,73 | 1 314,89 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,44 | 1 825,80 |
| | Couche de forme | 7,61 | 190,06 | 4 927,53 |
| | Ballast | 4,79 | 119,13 | 3 007,91 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 491,54 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 20,10 |
| 35+675 | Déblai | 482,44 | 9 696,58 | 144 572,70 |
| | Remblai | 0,36 | 17,66 | 9 813,55 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,79 | 1 365,69 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,51 | 1 896,31 |
| | Couche de forme | 7,61 | 190,25 | 5 117,78 |
| | Ballast | 4,84 | 120,43 | 3 128,33 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 510,44 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 20,87 |
| 35+700 | Déblai | 465,55 | 11 849,98 | 156 422,68 |
| | Remblai | 0,37 | 9,13 | 9 822,68 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,83 | 1 416,51 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,57 | 1 966,88 |
| | Couche de forme | 7,62 | 190,38 | 5 308,15 |
| | Ballast | 4,86 | 121,29 | 3 249,62 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 529,33 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 21,64 |
| 35+725 | Déblai | 261,97 | 9 094,02 | 165 516,70 |
| | Remblai | 0,39 | 9,51 | 9 832,20 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,84 | 1 467,35 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,58 | 2 037,45 |
| | Couche de forme | 7,62 | 190,41 | 5 498,56 |
| | Ballast | 4,86 | 121,49 | 3 371,11 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 548,23 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 22,42 |
| 35+750 | Déblai | 74,04 | 4 200,07 | 169 716,77 |
| | Remblai | 0,39 | 9,76 | 9 841,95 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,84 | 1 518,19 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,58 | 2 108,03 |
| | Couche de forme | 7,62 | 190,41 | 5 688,96 |
| | Ballast | 4,86 | 121,49 | 3 492,60 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 567,13 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 23,19 |
| 35+775 | Déblai | 0,11 | 926,85 | 170 643,62 |
| | Remblai | 24,63 | 312,74 | 10 154,70 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,84 | 1 569,03 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,58 | 2 178,61 |
| | Couche de forme | 7,62 | 190,41 | 5 879,37 |
| | Ballast | 4,86 | 121,49 | 3 614,10 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 586,02 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 23,96 |
| 35+800 | Déblai | 0,00 | 1,39 | 170 645,00 |
| | Remblai | 94,82 | 1 493,20 | 11 647,90 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,84 | 1 619,87 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,58 | 2 249,19 |
| | Couche de forme | 7,62 | 190,41 | 6 069,77 |
| | Ballast | 4,86 | 121,49 | 3 735,59 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 604,92 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 24,74 |
| 35+825 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 170 645,00 |
| | Remblai | 171,07 | 3 323,67 | 14 971,57 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,84 | 1 670,71 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,58 | 2 319,76 |
| | Couche de forme | 7,62 | 190,41 | 6 260,18 |
| | Ballast | 4,86 | 121,49 | 3 857,08 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 623,82 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 25,51 |
| 35+850 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 170 645,00 |
| | Remblai | 246,01 | 5 213,45 | 20 185,02 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,83 | 1 721,53 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,56 | 2 390,32 |
| | Couche de forme | 7,61 | 190,36 | 6 450,54 |
| | Ballast | 4,84 | 121,21 | 3 978,29 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 642,71 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 26,28 |
| 35+875 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 170 645,00 |
| | Remblai | 310,51 | 6 956,45 | 27 141,47 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,78 | 1 772,32 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,51 | 2 460,83 |
| | Couche de forme | 7,61 | 190,23 | 6 640,77 |
| | Ballast | 4,78 | 120,27 | 4 098,55 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 661,61 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 27,06 |
| 35+900 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 170 645,00 |
| | Remblai | 373,46 | 8 549,64 | 35 691,11 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,73 | 1 823,04 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,43 | 2 531,26 |
| | Couche de forme | 7,60 | 190,03 | 6 830,80 |
| | Ballast | 4,73 | 118,97 | 4 217,53 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 680,51 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 27,83 |
| 35+925 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 170 645,00 |
| | Remblai | 434,04 | 10 093,74 | 45 784,86 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,67 | 1 873,71 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,35 | 2 601,61 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,84 | 7 020,64 |
| | Ballast | 4,68 | 117,70 | 4 335,23 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 699,42 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 28,60 |
| 35+950 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 170 645,00 |
| | Remblai | 459,24 | 11 166,01 | 56 950,87 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 1 924,32 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,27 | 2 671,88 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de forme | 7,58 | 189,64 | 7 210,28 |
| | Ballast | 4,63 | 116,46 | 4 451,68 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 718,32 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 29,37 |
| 35+975 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 170 645,00 |
| | Remblai | 515,75 | 12 187,40 | 69 138,27 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,57 | 1 974,89 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,22 | 2 742,10 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,51 | 7 399,79 |
| | Ballast | 4,62 | 115,61 | 4 567,30 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 737,23 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 30,15 |
| 36+000 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 170 645,00 |
| | Remblai | 585,58 | 13 766,66 | 82 904,93 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 025,45 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 2 812,30 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 7 589,27 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 4 682,69 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 756,13 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 30,92 |
| 36+025 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 170 645,00 |
| | Remblai | 624,80 | 15 129,77 | 98 034,70 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 076,01 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 2 882,51 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 7 778,74 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 4 798,08 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 775,04 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 31,69 |
| 36+050 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 170 645,00 |
| | Remblai | 611,05 | 15 448,05 | 113 482,75 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 126,57 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 2 952,71 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 7 968,21 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 4 913,47 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 793,95 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 32,47 |
| 36+075 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 170 645,00 |
| | Remblai | 554,34 | 14 567,34 | 128 050,08 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 177,13 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 3 022,91 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 8 157,69 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 5 028,87 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 812,85 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 33,24 |
| 36+100 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 170 645,00 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Remblai | 438,79 | 12 414,18 | 140 464,26 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 227,69 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 3 093,12 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 8 347,16 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 5 144,26 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 831,76 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 34,01 |
| 36+125 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 170 645,00 |
| | Remblai | 279,62 | 8 980,18 | 149 444,44 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 278,24 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 3 163,32 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 8 536,63 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 5 259,65 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 850,66 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 34,79 |
| 36+150 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 170 645,00 |
| | Remblai | 127,04 | 5 083,23 | 154 527,67 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 328,80 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 3 233,53 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 8 726,11 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 5 375,04 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 869,57 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 35,56 |
| 36+175 | Déblai | 0,43 | 5,38 | 170 650,38 |
| | Remblai | 39,48 | 2 081,54 | 156 609,21 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 379,36 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 3 303,73 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 8 915,58 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 5 490,43 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 888,47 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 36,33 |
| 36+200 | Déblai | 40,70 | 514,08 | 171 164,47 |
| | Remblai | 1,82 | 516,26 | 157 125,46 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 429,92 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 3 373,94 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 9 105,05 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 5 605,82 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 907,38 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 37,10 |
| 36+225 | Déblai | 128,14 | 2 110,50 | 173 274,96 |
| | Remblai | 0,35 | 27,11 | 157 152,58 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 480,48 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 3 444,14 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 9 294,53 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 5 721,22 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 926,28 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 37,88 |
| 36+250 | Déblai | 217,57 | 4 321,46 | 177 596,42 |
| | Remblai | 0,34 | 8,63 | 157 161,21 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 531,04 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 3 514,35 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 9 484,00 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 5 836,61 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 945,19 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 38,65 |
| 36+275 | Déblai | 288,32 | 6 323,69 | 183 920,11 |
| | Remblai | 0,50 | 10,50 | 157 171,71 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 581,60 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 3 584,55 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 9 673,47 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 5 952,00 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 964,10 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 39,42 |
| 36+300 | Déblai | 297,43 | 7 321,94 | 191 242,04 |
| | Remblai | 0,31 | 10,21 | 157 181,92 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 632,16 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 3 654,75 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 9 862,95 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 6 067,39 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 983,00 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 40,20 |
| 36+325 | Déblai | 283,28 | 7 258,94 | 198 500,98 |
| | Remblai | 0,32 | 7,97 | 157 189,90 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 682,71 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 3 724,96 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 10 052,42 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 6 182,78 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 001,91 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 40,97 |
| 36+350 | Déblai | 274,83 | 6 976,39 | 205 477,37 |
| | Remblai | 0,32 | 8,08 | 157 197,98 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 733,27 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 3 795,16 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 10 241,90 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 6 298,17 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 020,81 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 41,74 |
| 36+375 | Déblai | 249,10 | 6 549,06 | 212 026,43 |
| | Remblai | 0,35 | 8,44 | 157 206,42 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 783,83 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 3 865,37 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 10 431,37 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 6 413,57 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 039,72 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 42,52 |
| 36+400 | Déblai | 192,26 | 5 516,95 | 217 543,38 |
| | Remblai | 0,35 | 8,83 | 157 215,25 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 834,39 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 3 935,57 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 10 620,84 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 6 528,96 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 058,62 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 43,29 |
| 36+425 | Déblai | 105,12 | 3 717,29 | 221 260,68 |
| | Remblai | 0,38 | 9,20 | 157 224,45 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 884,95 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 4 005,78 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 10 810,32 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 6 644,35 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 077,53 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 44,06 |
| 36+450 | Déblai | 19,68 | 1 560,03 | 222 820,70 |
| | Remblai | 0,38 | 9,53 | 157 233,98 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 935,51 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 4 075,98 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 10 999,79 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 6 759,74 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 096,43 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 44,83 |
| 36+475 | Déblai | 0,00 | 245,99 | 223 066,69 |
| | Remblai | 55,93 | 703,91 | 157 937,90 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 2 986,07 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 4 146,18 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 11 189,26 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 6 875,13 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 115,34 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 45,61 |
| 36+500 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 223 066,69 |
| | Remblai | 158,09 | 2 675,28 | 160 613,18 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 036,63 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 4 216,39 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 11 378,74 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 6 990,52 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 134,25 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 46,38 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 36+525 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 223 066,69 |
| | Remblai | 276,98 | 5 438,38 | 166 051,55 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 087,19 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 4 286,59 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 11 568,21 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 7 105,92 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 153,15 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 47,15 |
| 36+550 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 223 066,69 |
| | Remblai | 405,90 | 8 535,96 | 174 587,51 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 137,74 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 4 356,80 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 11 757,68 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 7 221,31 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 172,06 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 47,93 |
| 36+575 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 223 066,69 |
| | Remblai | 524,33 | 11 627,79 | 186 215,30 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 188,30 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 4 427,00 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 11 947,16 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 7 336,70 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 190,96 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 48,70 |
| 36+600 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 223 066,69 |
| | Remblai | 624,54 | 14 360,81 | 200 576,11 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 238,86 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 4 497,21 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 12 136,63 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 7 452,09 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 209,87 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 49,47 |
| 36+625 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 223 066,69 |
| | Remblai | 704,15 | 16 608,65 | 217 184,76 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 289,42 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 4 567,41 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 12 326,11 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 7 567,48 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 228,77 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 50,25 |
| 36+650 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 223 066,69 |
| | Remblai | 630,54 | 16 683,70 | 233 868,46 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 339,98 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 4 637,61 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 12 515,58 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 7 682,87 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 247,68 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 51,02 |
| 36+675 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 223 066,69 |
| | Remblai | 416,03 | 13 082,14 | 246 950,60 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 390,54 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 4 707,82 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 12 705,05 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 7 798,27 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 266,58 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 51,79 |
| 36+700 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 223 066,69 |
| | Remblai | 273,66 | 8 621,19 | 255 571,79 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 441,10 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 4 778,02 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 12 894,53 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 7 913,66 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 285,49 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 52,56 |
| 36+725 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 223 066,69 |
| | Remblai | 293,48 | 7 089,36 | 262 661,14 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 491,66 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 4 848,23 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 13 084,00 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 8 029,05 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 304,40 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 53,34 |
| 36+750 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 223 066,69 |
| | Remblai | 383,71 | 8 464,95 | 271 126,09 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 542,21 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 4 918,43 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 13 273,47 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 8 144,44 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 323,30 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 54,11 |
| 36+775 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 223 066,69 |
| | Remblai | 422,21 | 10 074,05 | 281 200,14 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 592,77 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 4 988,64 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 13 462,95 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 8 259,83 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 342,21 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 54,88 |
| 36+800 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 223 066,69 |
| | Remblai | 378,84 | 10 013,11 | 291 213,24 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 643,33 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 5 058,84 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 13 652,42 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 8 375,23 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 361,11 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 55,66 |
| 36+825 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 223 066,69 |
| | Remblai | 250,57 | 7 867,61 | 299 080,85 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 693,89 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 5 129,04 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 13 841,89 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 8 490,62 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 380,02 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 56,43 |
| 36+850 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 223 066,69 |
| | Remblai | 119,23 | 4 622,56 | 303 703,41 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 744,45 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 5 199,25 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 14 031,37 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 8 606,01 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 398,92 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 57,20 |
| 36+875 | Déblai | 0,63 | 7,82 | 223 074,51 |
| | Remblai | 23,07 | 1 778,82 | 305 482,23 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 795,01 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 5 269,45 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 14 220,84 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 8 721,40 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 417,83 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 57,98 |
| 36+900 | Déblai | 24,21 | 310,50 | 223 385,01 |
| | Remblai | 0,63 | 296,30 | 305 778,52 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 845,57 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 5 339,66 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 14 410,31 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 8 836,79 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 436,73 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 58,75 |
| 36+925 | Déblai | 15,74 | 499,43 | 223 884,44 |
| | Remblai | 1,64 | 28,44 | 305 806,97 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 896,13 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 5 409,86 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 14 599,79 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 8 952,18 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 455,64 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 59,52 |
| 36+950 | Déblai | 2,35 | 226,16 | 224 110,60 |
| | Remblai | 23,81 | 318,17 | 306 125,14 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 946,69 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 5 480,07 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 14 789,26 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 9 067,58 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 474,55 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 60,29 |
| 36+975 | Déblai | 1,62 | 49,63 | 224 160,23 |
| | Remblai | 16,83 | 507,96 | 306 633,09 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 3 997,24 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 5 550,27 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 14 978,74 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 9 182,97 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 493,45 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 61,07 |
| 37+000 | Déblai | 62,28 | 798,75 | 224 958,98 |
| | Remblai | 0,33 | 214,43 | 306 847,52 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 4 047,80 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 5 620,48 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 15 168,21 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 9 298,36 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 512,36 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 61,84 |
| 37+025 | Déblai | 157,30 | 2 744,79 | 227 703,77 |
| | Remblai | 0,32 | 8,04 | 306 855,57 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 4 098,36 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 5 690,68 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 15 357,68 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 9 413,75 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 531,26 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 62,61 |
| 37+050 | Déblai | 215,34 | 4 658,01 | 232 361,78 |
| | Remblai | 0,32 | 7,94 | 306 863,51 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 4 148,92 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 5 760,88 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 15 547,16 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 9 529,14 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 550,17 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 63,39 |
| 37+075 | Déblai | 242,43 | 5 722,09 | 238 083,86 |
| | Remblai | 0,32 | 7,97 | 306 871,48 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 4 199,48 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 5 831,09 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 15 736,63 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 9 644,53 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 569,07 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 64,16 |
| 37+100 | Déblai | 280,02 | 6 530,51 | 244 614,38 |
| | Remblai | 0,31 | 7,88 | 306 879,35 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 4 250,04 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 5 901,29 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 15 926,10 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 9 759,93 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 587,98 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 64,93 |
| 37+125 | Déblai | 312,30 | 7 403,88 | 252 018,26 |
| | Remblai | 0,38 | 8,62 | 306 887,97 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 4 300,60 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 5 971,50 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 16 115,58 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 9 875,32 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 606,89 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 65,71 |
| 37+150 | Déblai | 304,45 | 7 709,26 | 259 727,52 |
| | Remblai | 0,39 | 9,62 | 306 897,59 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 4 351,16 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 6 041,70 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 16 305,05 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 9 990,71 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 625,79 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 66,48 |
| 37+175 | Déblai | 238,61 | 6 788,13 | 266 515,66 |
| | Remblai | 0,39 | 9,77 | 306 907,36 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,58 | 4 401,74 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,24 | 6 111,94 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,56 | 16 494,61 |
| | Ballast | 4,66 | 115,91 | 10 106,62 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 1 644,70 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 67,25 |
| 37+200 | Déblai | 171,04 | 5 120,52 | 271 636,17 |
| | Remblai | 0,38 | 9,60 | 306 916,96 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,67 | 4 452,41 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,35 | 6 182,29 |
| | Couche de forme | 7,60 | 189,85 | 16 684,45 |
| | Ballast | 4,76 | 117,77 | 10 224,39 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 1 663,60 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 68,03 |
| 37+225 | Déblai | 143,07 | 3 926,35 | 275 562,53 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Remblai | 0,36 | 9,21 | 306 926,17 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,79 | 4 503,21 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,52 | 6 252,81 |
| | Couche de forme | 7,62 | 190,26 | 16 874,71 |
| | Ballast | 4,88 | 120,51 | 10 344,90 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 1 682,50 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 68,80 |
| 37+250 | Déblai | 126,60 | 3 370,90 | 278 933,43 |
| | Remblai | 0,34 | 8,71 | 306 934,87 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 50,92 | 4 554,12 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,68 | 6 323,49 |
| | Couche de forme | 7,63 | 190,67 | 17 065,38 |
| | Ballast | 4,99 | 123,35 | 10 468,26 |
| | Traverses | 0,76 | 18,89 | 1 701,39 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 69,57 |
| 37+275 | Déblai | 99,01 | 2 820,16 | 281 753,59 |
| | Remblai | 0,33 | 8,31 | 306 943,19 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,02 | 4 605,14 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,81 | 6 394,31 |
| | Couche de forme | 7,64 | 190,99 | 17 256,38 |
| | Ballast | 5,06 | 125,69 | 10 593,95 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 1 720,27 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 70,34 |
| 37+300 | Déblai | 69,86 | 2 110,89 | 283 864,48 |
| | Remblai | 0,32 | 8,03 | 306 951,22 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 4 656,19 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 6 465,17 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 17 447,49 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 10 720,54 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 1 739,14 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 71,12 |
| 37+325 | Déblai | 47,06 | 1 461,48 | 285 325,96 |
| | Remblai | 0,32 | 7,89 | 306 959,11 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 4 707,24 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 6 536,03 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 17 638,61 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 10 847,13 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 1 758,02 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 71,89 |
| 37+350 | Déblai | 18,41 | 818,35 | 286 144,32 |
| | Remblai | 0,44 | 9,46 | 306 968,57 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 4 758,29 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 6 606,89 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 17 829,73 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 10 973,72 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 1 776,89 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 72,66 |
| 37+375 | Déblai | 4,10 | 281,38 | 286 425,70 |
| | Remblai | 9,44 | 123,53 | 307 092,09 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 4 809,34 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 6 677,75 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 18 020,84 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 11 100,31 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 1 795,77 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 73,44 |
| 37+400 | Déblai | 4,46 | 107,08 | 286 532,78 |
| | Remblai | 10,25 | 246,12 | 307 338,21 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 4 860,40 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 6 748,61 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 18 211,96 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 11 226,90 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 1 814,65 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 74,21 |
| 37+425 | Déblai | 22,72 | 339,86 | 286 872,64 |
| | Remblai | 0,37 | 132,68 | 307 470,89 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 4 911,45 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 6 819,47 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 18 403,07 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 11 353,49 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 1 833,52 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 74,98 |
| 37+450 | Déblai | 55,28 | 975,00 | 287 847,64 |
| | Remblai | 0,32 | 8,59 | 307 479,48 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 4 962,50 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 6 890,34 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 18 594,19 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 11 480,08 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 1 852,40 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 75,76 |
| 37+475 | Déblai | 71,18 | 1 580,74 | 289 428,38 |
| | Remblai | 0,32 | 8,02 | 307 487,50 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 5 013,55 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 6 961,20 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 18 785,31 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 11 606,67 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 1 871,27 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 76,53 |
| 37+500 | Déblai | 53,31 | 1 556,21 | 290 984,59 |
| | Remblai | 0,33 | 8,13 | 307 495,63 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 5 064,60 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 7 032,06 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 18 976,42 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 11 733,26 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 1 890,15 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 77,30 |
| 37+525 | Déblai | 36,22 | 1 119,14 | 292 103,73 |
| | Remblai | 0,33 | 8,23 | 307 503,86 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 5 115,65 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 7 102,92 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 19 167,54 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 11 859,86 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 1 909,02 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 78,07 |
| 37+550 | Déblai | 29,76 | 824,69 | 292 928,42 |
| | Remblai | 0,31 | 8,01 | 307 511,87 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 5 166,71 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 7 173,78 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 19 358,65 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 11 986,45 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 1 927,90 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 78,85 |
| 37+575 | Déblai | 38,60 | 854,47 | 293 782,89 |
| | Remblai | 0,31 | 7,75 | 307 519,62 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 5 217,76 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 7 244,64 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 19 549,77 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 12 113,04 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 1 946,77 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 79,62 |
| 37+600 | Déblai | 85,18 | 1 547,19 | 295 330,07 |
| | Remblai | 0,29 | 7,52 | 307 527,15 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 5 268,81 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 7 315,50 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 19 740,89 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 12 239,63 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 1 965,65 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 80,39 |
| 37+625 | Déblai | 200,13 | 3 566,30 | 298 896,37 |
| | Remblai | 0,30 | 7,38 | 307 534,52 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 5 319,86 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 7 386,36 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 19 932,00 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 12 366,22 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 1 984,53 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 81,17 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 37+650 | Déblai | 355,56 | 6 946,11 | 305 842,48 |
| | Remblai | 0,32 | 7,63 | 307 542,16 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 5 370,91 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 7 457,23 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 20 123,12 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 12 492,81 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 003,40 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 81,94 |
| 37+675 | Déblai | 492,76 | 10 603,94 | 316 446,42 |
| | Remblai | 0,28 | 7,47 | 307 549,63 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 5 421,96 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 7 528,09 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 20 314,23 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 12 619,40 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 022,28 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 82,71 |
| 37+700 | Déblai | 566,51 | 13 240,87 | 329 687,29 |
| | Remblai | 0,29 | 7,18 | 307 556,81 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 5 473,01 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 7 598,95 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 20 505,35 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 12 745,99 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 041,15 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 83,49 |
| 37+725 | Déblai | 537,56 | 13 800,88 | 343 488,17 |
| | Remblai | 0,29 | 7,30 | 307 564,11 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 5 524,07 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,86 | 7 669,81 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,12 | 20 696,47 |
| | Ballast | 5,06 | 126,59 | 12 872,58 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 060,03 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 84,26 |
| 37+750 | Déblai | 497,75 | 12 941,39 | 356 429,56 |
| | Remblai | 0,29 | 7,34 | 307 571,45 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,05 | 5 575,11 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,85 | 7 740,66 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,10 | 20 887,56 |
| | Ballast | 5,05 | 126,44 | 12 999,02 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 078,90 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 85,03 |
| 37+775 | Déblai | 498,65 | 12 455,10 | 368 884,66 |
| | Remblai | 0,30 | 7,49 | 307 578,94 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 50,98 | 5 626,09 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,76 | 7 811,43 |
| | Couche de forme | 7,63 | 190,87 | 21 078,44 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Ballast | 4,93 | 124,82 | 13 123,85 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 097,79 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 85,80 |
| 37+800 | Déblai | 484,75 | 12 292,56 | 381 177,23 |
| | Remblai | 1,07 | 17,13 | 307 596,07 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,86 | 5 676,95 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,60 | 7 882,03 |
| | Couche de forme | 7,61 | 190,47 | 21 268,90 |
| | Ballast | 4,82 | 121,93 | 13 245,78 |
| | Traverses | 0,76 | 18,89 | 2 116,68 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 86,58 |
| 37+825 | Déblai | 457,91 | 11 783,32 | 392 960,55 |
| | Remblai | 0,62 | 21,09 | 307 617,16 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,73 | 5 727,68 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,44 | 7 952,47 |
| | Couche de forme | 7,59 | 190,06 | 21 458,96 |
| | Ballast | 4,71 | 119,14 | 13 364,92 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 2 135,58 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 87,35 |
| 37+850 | Déblai | 423,28 | 11 014,98 | 403 975,52 |
| | Remblai | 1,32 | 24,20 | 307 641,36 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 5 778,30 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,28 | 8 022,75 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,66 | 21 648,62 |
| | Ballast | 4,62 | 116,58 | 13 481,50 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 2 154,49 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 88,12 |
| 37+875 | Déblai | 381,43 | 10 058,90 | 414 034,42 |
| | Remblai | 0,39 | 21,35 | 307 662,71 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 5 828,86 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 8 092,95 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 21 838,09 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 13 596,90 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 173,39 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 88,90 |
| 37+900 | Déblai | 355,77 | 9 215,04 | 423 249,46 |
| | Remblai | 0,39 | 9,82 | 307 672,52 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 5 879,41 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 8 163,15 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 22 027,57 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 13 712,29 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 192,30 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 89,67 |
| 37+925 | Déblai | 310,47 | 8 328,05 | 431 577,51 |
| | Remblai | 0,39 | 9,80 | 307 682,33 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 5 929,97 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 8 233,36 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 22 217,04 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 13 827,68 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 211,21 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 90,44 |
| 37+950 | Déblai | 298,74 | 7 615,08 | 439 192,59 |
| | Remblai | 0,37 | 9,58 | 307 691,90 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 5 980,53 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 8 303,56 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 22 406,52 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 13 943,07 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 230,11 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 91,22 |
| 37+975 | Déblai | 278,08 | 7 210,22 | 446 402,80 |
| | Remblai | 0,38 | 9,39 | 307 701,30 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 031,09 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 8 373,77 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 22 595,99 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 14 058,46 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 249,02 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 91,99 |
| 38+000 | Déblai | 262,58 | 6 758,29 | 453 161,10 |
| | Remblai | 0,38 | 9,43 | 307 710,73 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 081,65 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 8 443,97 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 22 785,46 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 14 173,85 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 267,92 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 92,76 |
| 38+025 | Déblai | 251,84 | 6 430,27 | 459 591,36 |
| | Remblai | 0,37 | 9,33 | 307 720,05 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 132,21 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 8 514,18 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 22 974,94 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 14 289,25 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 286,83 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 93,53 |
| 38+050 | Déblai | 221,61 | 5 918,05 | 465 509,41 |
| | Remblai | 0,37 | 9,26 | 307 729,31 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 182,77 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 8 584,38 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 23 164,41 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 14 404,64 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 305,73 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 94,31 |
| 38+075 | Déblai | 208,65 | 5 378,15 | 470 887,57 |
| | Remblai | 0,37 | 9,24 | 307 738,55 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 233,33 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 8 654,59 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 23 353,88 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 14 520,03 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 324,64 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 95,08 |
| 38+100 | Déblai | 188,41 | 4 963,15 | 475 850,72 |
| | Remblai | 0,39 | 9,44 | 307 747,99 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 283,88 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 8 724,79 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 23 543,36 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 14 635,42 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 343,54 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 95,85 |
| 38+125 | Déblai | 167,45 | 4 448,19 | 480 298,91 |
| | Remblai | 0,86 | 15,55 | 307 763,54 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 334,44 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 8 794,99 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 23 732,83 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 14 750,81 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 362,45 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 96,63 |
| 38+150 | Déblai | 137,36 | 3 810,06 | 484 108,97 |
| | Remblai | 0,39 | 15,51 | 307 779,04 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 385,00 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 8 865,20 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 23 922,30 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 14 866,20 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 381,36 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 97,40 |
| 38+175 | Déblai | 107,12 | 3 055,96 | 487 164,93 |
| | Remblai | 0,39 | 9,66 | 307 788,70 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 435,56 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 8 935,40 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 24 111,78 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 14 981,60 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 400,26 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 98,17 |
| 38+200 | Déblai | 83,23 | 2 379,42 | 489 544,35 |
| | Remblai | 0,38 | 9,62 | 307 798,32 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 486,12 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 9 005,61 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 24 301,25 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 15 096,99 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 419,17 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 98,95 |
| 38+225 | Déblai | 63,32 | 1 831,96 | 491 376,31 |
| | Remblai | 0,38 | 9,53 | 307 807,85 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 536,68 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 9 075,81 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 24 490,72 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 15 212,38 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 438,07 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 99,72 |
| 38+250 | Déblai | 45,67 | 1 362,44 | 492 738,74 |
| | Remblai | 0,38 | 9,45 | 307 817,30 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 587,24 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 9 146,02 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 24 680,20 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 15 327,77 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 456,98 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 100,49 |
| 38+275 | Déblai | 33,32 | 987,41 | 493 726,15 |
| | Remblai | 0,38 | 9,47 | 307 826,77 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 637,80 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 9 216,22 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 24 869,67 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 15 443,16 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 475,88 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 101,26 |
| 38+300 | Déblai | 21,25 | 682,14 | 494 408,29 |
| | Remblai | 0,38 | 9,54 | 307 836,32 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 688,36 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 9 286,42 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 25 059,15 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 15 558,55 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 494,79 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 102,04 |
| 38+325 | Déblai | 33,02 | 678,35 | 495 086,65 |
| | Remblai | 0,38 | 9,47 | 307 845,78 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 738,91 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 9 356,63 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 25 248,62 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 15 673,95 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 513,69 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 102,81 |
| 38+350 | Déblai | 22,70 | 696,50 | 495 783,14 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Remblai | 0,38 | 9,45 | 307 855,24 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 6 789,47 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 9 426,83 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 25 438,09 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 15 789,34 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 532,60 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 103,58 |
| 38+375 | Déblai | 24,84 | 594,23 | 496 377,37 |
| | Remblai | 0,36 | 9,31 | 307 864,54 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,60 | 6 840,08 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,26 | 9 497,10 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,62 | 25 627,71 |
| | Ballast | 4,69 | 116,32 | 15 905,66 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 2 551,51 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 104,36 |
| 38+400 | Déblai | 47,66 | 906,26 | 497 283,63 |
| | Remblai | 0,33 | 8,61 | 307 873,15 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,72 | 6 890,80 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,43 | 9 567,52 |
| | Couche de forme | 7,61 | 190,03 | 25 817,74 |
| | Ballast | 4,83 | 118,95 | 16 024,61 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 2 570,41 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 105,13 |
| 38+425 | Déblai | 92,60 | 1 753,26 | 499 036,89 |
| | Remblai | 0,29 | 7,72 | 307 880,87 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 50,88 | 6 941,68 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,63 | 9 638,15 |
| | Couche de forme | 7,63 | 190,54 | 26 008,28 |
| | Ballast | 4,97 | 122,45 | 16 147,05 |
| | Traverses | 0,76 | 18,89 | 2 589,30 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 105,90 |
| 38+450 | Déblai | 153,67 | 3 080,13 | 502 117,02 |
| | Remblai | 0,46 | 9,47 | 307 890,34 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,01 | 6 992,69 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,80 | 9 708,96 |
| | Couche de forme | 7,64 | 190,97 | 26 199,25 |
| | Ballast | 5,06 | 125,43 | 16 272,48 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 608,18 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 106,68 |
| 38+475 | Déblai | 130,26 | 3 551,25 | 505 668,27 |
| | Remblai | 0,28 | 9,25 | 307 899,60 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 043,74 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 9 779,83 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 26 390,39 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 16 399,10 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 627,06 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 107,45 |
| 38+500 | Déblai | 61,23 | 2 394,53 | 508 062,80 |
| | Remblai | 0,28 | 6,94 | 307 906,54 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 094,80 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 9 850,70 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 26 581,53 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 16 525,71 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 645,93 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 108,22 |
| 38+525 | Déblai | 10,58 | 897,85 | 508 960,64 |
| | Remblai | 0,27 | 6,93 | 307 913,47 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 145,86 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 9 921,56 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 26 772,67 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 16 652,33 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 664,81 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 108,99 |
| 38+550 | Déblai | 0,00 | 132,32 | 509 092,96 |
| | Remblai | 14,89 | 189,54 | 308 103,01 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 196,92 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 9 992,43 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 26 963,81 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 16 778,94 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 683,68 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 109,77 |
| 38+575 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 509 092,96 |
| | Remblai | 29,45 | 554,22 | 308 657,23 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 247,98 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 10 063,30 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 27 154,95 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 16 905,55 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 702,56 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 110,54 |
| 38+600 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 509 092,96 |
| | Remblai | 35,81 | 815,86 | 309 473,09 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 299,03 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 10 134,17 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 27 346,08 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 17 032,17 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 721,44 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 111,31 |
| 38+625 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 509 092,96 |
| | Remblai | 43,10 | 986,65 | 310 459,74 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 350,09 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 10 205,04 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 27 537,22 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 17 158,78 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 740,31 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 112,09 |
| 38+650 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 509 092,96 |
| | Remblai | 43,06 | 1 077,09 | 311 536,83 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 401,15 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 10 275,91 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 27 728,36 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 17 285,39 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 759,19 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 112,86 |
| 38+675 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 509 092,96 |
| | Remblai | 52,35 | 1 192,46 | 312 729,29 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 452,21 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 10 346,78 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 27 919,50 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 17 412,01 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 778,06 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 113,63 |
| 38+700 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 509 092,96 |
| | Remblai | 55,34 | 1 346,12 | 314 075,41 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 503,26 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 10 417,65 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 28 110,64 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 17 538,62 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 796,94 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 114,41 |
| 38+725 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 509 092,96 |
| | Remblai | 46,34 | 1 271,24 | 315 346,64 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 554,32 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 10 488,52 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 28 301,78 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 17 665,24 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 815,81 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 115,18 |
| 38+750 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 509 092,96 |
| | Remblai | 31,71 | 975,78 | 316 322,42 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 605,38 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 10 559,39 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 28 492,92 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 17 791,85 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 834,69 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 115,95 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 38+775 | Déblai | 0,09 | 1,15 | 509 094,11 |
| | Remblai | 11,09 | 535,07 | 316 857,49 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 656,44 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 10 630,26 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 28 684,06 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 17 918,46 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 853,57 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 116,72 |
| 38+800 | Déblai | 11,78 | 148,07 | 509 242,17 |
| | Remblai | 0,29 | 142,32 | 316 999,81 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 707,49 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 10 701,13 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 28 875,20 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 18 045,08 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 872,44 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 117,50 |
| 38+825 | Déblai | 29,45 | 514,70 | 509 756,87 |
| | Remblai | 0,30 | 7,37 | 317 007,18 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 758,55 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 10 772,00 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 29 066,33 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 18 171,69 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 891,32 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 118,27 |
| 38+850 | Déblai | 49,13 | 981,28 | 510 738,15 |
| | Remblai | 0,30 | 7,47 | 317 014,65 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 809,61 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 10 842,87 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 29 257,47 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 18 298,30 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 910,19 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 119,04 |
| 38+875 | Déblai | 70,05 | 1 488,10 | 512 226,25 |
| | Remblai | 0,31 | 7,55 | 317 022,20 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 860,67 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 10 913,74 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 29 448,61 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 18 424,92 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 929,07 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 119,82 |
| 38+900 | Déblai | 89,00 | 1 985,80 | 514 212,05 |
| | Remblai | 0,30 | 7,59 | 317 029,79 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 911,72 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 10 984,61 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 29 639,75 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 18 551,53 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 947,95 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 120,59 |
| 38+925 | Déblai | 110,69 | 2 493,72 | 516 705,78 |
| | Remblai | 0,30 | 7,46 | 317 037,25 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 7 962,78 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 11 055,48 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 29 830,89 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 18 678,15 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 966,82 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 121,36 |
| 38+950 | Déblai | 133,71 | 3 053,23 | 519 759,01 |
| | Remblai | 1,20 | 18,50 | 317 055,76 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 8 013,84 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 11 126,35 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 30 022,03 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 18 804,76 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 2 985,70 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 122,14 |
| 38+975 | Déblai | 170,94 | 3 806,34 | 523 565,34 |
| | Remblai | 1,11 | 28,79 | 317 084,55 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 8 064,90 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 11 197,22 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 30 213,17 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 18 931,37 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 3 004,57 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 122,91 |
| 39+000 | Déblai | 216,12 | 4 835,50 | 528 400,84 |
| | Remblai | 0,28 | 17,42 | 317 101,96 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 8 115,96 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 11 268,09 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 30 404,31 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 19 057,99 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 3 023,45 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 123,68 |
| 39+025 | Déblai | 272,25 | 6 102,32 | 534 503,17 |
| | Remblai | 0,27 | 6,86 | 317 108,82 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 8 167,01 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 11 338,96 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 30 595,44 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 19 184,60 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 3 042,32 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 124,46 |
| 39+050 | Déblai | 307,58 | 7 246,41 | 541 749,58 |
| | Remblai | 0,28 | 6,82 | 317 115,65 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 8 218,07 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 11 409,83 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 30 786,58 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 19 311,21 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 3 061,20 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 125,23 |
| 39+075 | Déblai | 336,92 | 8 055,42 | 549 805,00 |
| | Remblai | 0,28 | 6,88 | 317 122,52 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 8 269,13 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 11 480,70 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 30 977,72 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 19 437,83 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 3 080,08 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 126,00 |
| 39+100 | Déblai | 346,97 | 8 548,18 | 558 353,18 |
| | Remblai | 0,28 | 6,99 | 317 129,51 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,06 | 8 320,19 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,87 | 11 551,57 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,14 | 31 168,86 |
| | Ballast | 5,06 | 126,61 | 19 564,44 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 3 098,95 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 126,77 |
| 39+125 | Déblai | 375,76 | 9 035,74 | 567 388,92 |
| | Remblai | 0,28 | 7,03 | 317 136,54 |
| | Sous-ballast | 2,04 | 51,03 | 8 371,21 |
| | Couche de fondation | 2,83 | 70,83 | 11 622,40 |
| | Couche de forme | 7,64 | 191,04 | 31 359,90 |
| | Ballast | 5,01 | 125,92 | 19 690,36 |
| | Traverses | 0,76 | 18,88 | 3 117,83 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 127,55 |
| 39+150 | Déblai | 381,98 | 9 471,76 | 576 860,68 |
| | Remblai | 0,31 | 7,36 | 317 143,91 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,92 | 8 422,13 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,68 | 11 693,08 |
| | Couche de forme | 7,62 | 190,67 | 31 550,58 |
| | Ballast | 4,86 | 123,40 | 19 813,76 |
| | Traverses | 0,76 | 18,89 | 3 136,72 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 128,32 |
| 39+175 | Déblai | 356,66 | 9 232,99 | 586 093,67 |
| | Remblai | 0,34 | 8,05 | 317 151,96 |
| | Sous-ballast | 2,03 | 50,77 | 8 472,90 |
| | Couche de fondation | 2,82 | 70,48 | 11 763,56 |
| | Couche de forme | 7,60 | 190,16 | 31 740,74 |
| | Ballast | 4,73 | 119,86 | 19 933,62 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 3 155,62 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 129,09 |
| 39+200 | Déblai | 339,89 | 8 706,85 | 594 800,53 |
| | Remblai | 0,38 | 8,91 | 317 160,87 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 8 523,52 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 11 833,86 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,69 | 31 930,43 |
| | Ballast | 4,62 | 116,76 | 20 050,38 |
| | Traverses | 0,76 | 18,90 | 3 174,52 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 129,87 |
| 39+225 | Déblai | 326,04 | 8 324,11 | 603 124,64 |
| | Remblai | 0,38 | 9,47 | 317 170,34 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 25,28 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 35,10 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 94,74 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 57,70 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 9,45 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,39 | 130,25 |
| 39+250 | Déblai | 318,95 | 8 062,43 | 611 187,06 |
| | Remblai | 0,38 | 9,52 | 317 179,86 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+275 | Déblai | 311,93 | 7 886,00 | 619 073,06 |
| | Remblai | 0,38 | 9,52 | 317 189,38 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+300 | Déblai | 304,97 | 7 711,24 | 626 784,30 |
| | Remblai | 0,38 | 9,52 | 317 198,91 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+325 | Déblai | 298,08 | 7 538,16 | 634 322,46 |
| | Remblai | 0,38 | 9,52 | 317 208,42 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+350 | Déblai | 291,26 | 7 366,74 | 641 689,21 |
| | Remblai | 0,38 | 9,47 | 317 217,89 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+375 | Déblai | 284,50 | 7 197,00 | 648 886,20 |
| | Remblai | 0,37 | 9,39 | 317 227,29 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+400 | Déblai | 277,81 | 7 028,92 | 655 915,13 |
| | Remblai | 0,37 | 9,32 | 317 236,60 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+425 | Déblai | 271,19 | 6 862,52 | 662 777,65 |
| | Remblai | 0,37 | 9,24 | 317 245,84 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+450 | Déblai | 264,63 | 6 697,79 | 669 475,44 |
| | Remblai | 0,36 | 9,16 | 317 255,01 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+475 | Déblai | 258,14 | 6 534,72 | 676 010,16 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Remblai | 0,36 | 9,09 | 317 264,09 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+500 | Déblai | 251,72 | 6 373,33 | 682 383,49 |
| | Remblai | 0,36 | 9,01 | 317 273,10 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+525 | Déblai | 245,37 | 6 213,61 | 688 597,10 |
| | Remblai | 0,36 | 8,93 | 317 282,04 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+550 | Déblai | 239,08 | 6 055,56 | 694 652,65 |
| | Remblai | 0,35 | 8,86 | 317 290,90 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+575 | Déblai | 232,86 | 5 899,18 | 700 551,83 |
| | Remblai | 0,35 | 8,78 | 317 299,68 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+600 | Déblai | 226,70 | 5 744,46 | 706 296,29 |
| | Remblai | 0,35 | 8,71 | 317 308,39 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+625 | Déblai | 220,61 | 5 591,42 | 711 887,72 |
| | Remblai | 0,34 | 8,64 | 317 317,03 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+650 | Déblai | 214,59 | 5 440,05 | 717 327,77 |
| | Remblai | 0,34 | 8,56 | 317 325,59 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+675 | Déblai | 208,64 | 5 290,35 | 722 618,12 |
| | Remblai | 0,34 | 8,49 | 317 334,08 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+700 | Déblai | 202,75 | 5 142,32 | 727 760,45 |
| | Remblai | 0,34 | 8,41 | 317 342,49 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+725 | Déblai | 196,93 | 4 995,96 | 732 756,41 |
| | Remblai | 0,33 | 8,34 | 317 350,83 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+750 | Déblai | 191,17 | 4 851,28 | 737 607,69 |
| | Remblai | 0,33 | 8,27 | 317 359,10 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+775 | Déblai | 185,49 | 4 708,26 | 742 315,94 |
| | Remblai | 0,33 | 8,20 | 317 367,30 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+800 | Déblai | 179,87 | 4 566,91 | 746 882,85 |
| | Remblai | 0,32 | 8,12 | 317 375,42 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+825 | Déblai | 174,31 | 4 427,23 | 751 310,08 |
| | Remblai | 0,32 | 8,05 | 317 383,47 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+850 | Déblai | 168,83 | 4 289,22 | 755 599,31 |
| | Remblai | 0,32 | 7,98 | 317 391,45 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+875 | Déblai | 163,41 | 4 152,89 | 759 752,19 |
| | Remblai | 0,31 | 7,91 | 317 399,36 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 39+900 | Déblai | 158,05 | 4 018,22 | 763 770,41 |
| | Remblai | 0,31 | 7,84 | 317 407,20 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+925 | Déblai | 152,77 | 3 885,22 | 767 655,64 |
| | Remblai | 0,31 | 7,77 | 317 414,97 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+950 | Déblai | 147,55 | 3 753,90 | 771 409,54 |
| | Remblai | 0,31 | 7,70 | 317 422,66 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 39+975 | Déblai | 142,39 | 3 624,24 | 775 033,78 |
| | Remblai | 0,30 | 7,63 | 317 430,29 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+000 | Déblai | 137,31 | 3 496,26 | 778 530,04 |
| | Remblai | 0,30 | 7,56 | 317 437,85 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+025 | Déblai | 132,29 | 3 369,94 | 781 899,99 |
| | Remblai | 0,30 | 7,49 | 317 445,34 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+050 | Déblai | 127,34 | 3 245,30 | 785 145,29 |
| | Remblai | 0,30 | 7,42 | 317 452,76 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+075 | Déblai | 122,45 | 3 122,33 | 788 267,61 |
| | Remblai | 0,29 | 7,35 | 317 460,11 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+100 | Déblai | 117,63 | 3 001,02 | 791 268,64 |
| | Remblai | 0,29 | 7,28 | 317 467,39 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+125 | Déblai | 112,88 | 2 881,39 | 794 150,03 |
| | Remblai | 0,29 | 7,21 | 317 474,60 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+150 | Déblai | 108,19 | 2 763,43 | 796 913,46 |
| | Remblai | 0,28 | 7,15 | 317 481,75 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+175 | Déblai | 103,58 | 2 647,14 | 799 560,59 |
| | Remblai | 0,28 | 7,08 | 317 488,83 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+200 | Déblai | 99,02 | 2 532,51 | 802 093,11 |
| | Remblai | 0,28 | 7,01 | 317 495,84 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+225 | Déblai | 94,54 | 2 419,56 | 804 512,67 |
| | Remblai | 0,28 | 6,95 | 317 502,79 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+250 | Déblai | 90,12 | 2 308,28 | 806 820,95 |
| | Remblai | 0,27 | 6,88 | 317 509,67 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+275 | Déblai | 85,77 | 2 198,67 | 809 019,63 |
| | Remblai | 0,27 | 6,81 | 317 516,48 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+300 | Déblai | 81,49 | 2 090,73 | 811 110,36 |
| | Remblai | 0,27 | 6,75 | 317 523,23 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+325 | Déblai | 77,27 | 1 984,46 | 813 094,82 |
| | Remblai | 0,27 | 6,68 | 317 529,91 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+350 | Déblai | 73,12 | 1 879,90 | 814 974,72 |
| | Remblai | 0,27 | 6,66 | 317 536,57 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+375 | Déblai | 69,05 | 1 777,21 | 816 751,93 |
| | Remblai | 0,28 | 6,83 | 317 543,40 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+400 | Déblai | 65,05 | 1 676,28 | 818 428,21 |
| | Remblai | 0,29 | 7,09 | 317 550,49 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+425 | Déblai | 61,12 | 1 577,06 | 820 005,27 |
| | Remblai | 0,30 | 7,39 | 317 557,88 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+450 | Déblai | 57,25 | 1 479,56 | 821 484,83 |
| | Remblai | 0,32 | 7,75 | 317 565,63 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+475 | Déblai | 53,44 | 1 383,55 | 822 868,38 |
| | Remblai | 0,32 | 7,92 | 317 573,55 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+500 | Déblai | 49,68 | 1 288,92 | 824 157,30 |
| | Remblai | 0,31 | 7,81 | 317 581,36 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+525 | Déblai | 45,98 | 1 195,69 | 825 352,98 |
| | Remblai | 0,29 | 7,41 | 317 588,78 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+550 | Déblai | 42,33 | 1 103,85 | 826 456,83 |
| | Remblai | 0,25 | 6,72 | 317 595,50 |
| | Sous-ballast | 0,00 | 0,00 | 8 548,80 |
| | Couche de fondation | 0,00 | 0,00 | 11 868,96 |
| | Couche de forme | 0,00 | 0,00 | 32 025,17 |
| | Ballast | 0,00 | 0,00 | 20 108,07 |
| | Traverses | 0,00 | 0,00 | 3 183,98 |
| | Rail | 0,00 | 0,00 | 130,25 |
| 40+575 | Déblai | 40,20 | 1 031,65 | 827 488,48 |
| | Remblai | 0,24 | 6,10 | 317 601,60 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 25,28 | 8 574,08 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 35,10 | 11 904,06 |
| | Couche de forme | 7,58 | 94,74 | 32 119,91 |
| | Ballast | 4,62 | 57,73 | 20 165,81 |
| | Traverses | 0,76 | 9,45 | 3 193,43 |
| | Rail | 0,03 | 0,39 | 130,64 |
| 40+600 | Déblai | 46,87 | 1 088,34 | 828 576,82 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Remblai | 0,24 | 5,95 | 317 607,55 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,57 | 8 624,65 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,21 | 11 974,28 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,50 | 32 309,41 |
| | Ballast | 4,63 | 115,54 | 20 281,35 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 212,34 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 131,41 |
| 40+625 | Déblai | 52,77 | 1 245,45 | 829 822,27 |
| | Remblai | 0,25 | 6,07 | 317 613,61 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,57 | 8 675,22 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,22 | 12 044,50 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,52 | 32 498,93 |
| | Ballast | 4,63 | 115,71 | 20 397,06 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 231,24 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 132,19 |
| 40+650 | Déblai | 51,04 | 1 297,63 | 831 119,89 |
| | Remblai | 0,25 | 6,18 | 317 619,80 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,58 | 8 725,81 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,24 | 12 114,74 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,55 | 32 688,48 |
| | Ballast | 4,64 | 115,87 | 20 512,93 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 250,15 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 132,96 |
| 40+675 | Déblai | 51,08 | 1 276,56 | 832 396,45 |
| | Remblai | 0,26 | 6,31 | 317 626,10 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,59 | 8 776,40 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,25 | 12 184,98 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,58 | 32 878,06 |
| | Ballast | 4,64 | 116,03 | 20 628,96 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 269,05 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 133,73 |
| 40+700 | Déblai | 58,46 | 1 369,29 | 833 765,75 |
| | Remblai | 0,26 | 6,43 | 317 632,54 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,60 | 8 826,99 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,26 | 12 255,24 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,60 | 33 067,66 |
| | Ballast | 4,65 | 116,20 | 20 745,16 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 287,96 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 134,50 |
| 40+725 | Déblai | 62,53 | 1 512,33 | 835 278,08 |
| | Remblai | 0,27 | 6,56 | 317 639,10 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 8 877,60 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,27 | 12 325,50 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,63 | 33 257,29 |
| | Ballast | 4,66 | 116,36 | 20 861,53 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 306,86 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 135,28 |
| 40+750 | Déblai | 51,19 | 1 421,45 | 836 699,53 |
| | Remblai | 0,27 | 6,64 | 317 645,74 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 8 928,21 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,28 | 12 395,78 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,65 | 33 446,94 |
| | Ballast | 4,66 | 116,53 | 20 978,05 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 325,77 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 136,05 |
| 40+775 | Déblai | 39,18 | 1 129,60 | 837 829,12 |
| | Remblai | 0,27 | 6,75 | 317 652,49 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 8 978,83 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,28 | 12 466,07 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,67 | 33 636,62 |
| | Ballast | 4,67 | 116,65 | 21 094,71 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 344,67 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 136,82 |
| 40+800 | Déblai | 34,59 | 922,16 | 838 751,28 |
| | Remblai | 0,28 | 6,92 | 317 659,41 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 9 029,45 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 12 536,35 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 33 826,30 |
| | Ballast | 4,67 | 116,69 | 21 211,39 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 363,58 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 137,60 |
| 40+825 | Déblai | 33,81 | 855,04 | 839 606,32 |
| | Remblai | 0,29 | 7,08 | 317 666,48 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 9 080,07 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 12 606,64 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 34 015,98 |
| | Ballast | 4,67 | 116,67 | 21 328,06 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 382,48 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 138,37 |
| 40+850 | Déblai | 40,83 | 933,03 | 840 539,36 |
| | Remblai | 0,29 | 7,19 | 317 673,67 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 9 130,69 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,28 | 12 676,92 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,67 | 34 205,65 |
| | Ballast | 4,67 | 116,65 | 21 444,72 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 401,39 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 139,14 |
| 40+875 | Déblai | 50,57 | 1 142,60 | 841 681,96 |
| | Remblai | 0,29 | 7,26 | 317 680,93 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 9 181,31 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,28 | 12 747,21 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,67 | 34 395,32 |
| | Ballast | 4,67 | 116,64 | 21 561,35 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 420,29 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 139,92 |
| 40+900 | Déblai | 52,28 | 1 285,65 | 842 967,60 |
| | Remblai | 0,30 | 7,37 | 317 688,30 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 9 231,93 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,28 | 12 817,49 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,67 | 34 584,99 |
| | Ballast | 4,66 | 116,62 | 21 677,97 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 439,20 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 140,69 |
| 40+925 | Déblai | 53,10 | 1 317,22 | 844 284,82 |
| | Remblai | 0,30 | 7,52 | 317 695,83 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 9 282,54 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,28 | 12 887,77 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,67 | 34 774,66 |
| | Ballast | 4,66 | 116,60 | 21 794,57 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 458,10 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 141,46 |
| 40+950 | Déblai | 54,87 | 1 349,65 | 845 634,47 |
| | Remblai | 0,31 | 7,67 | 317 703,49 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 9 333,16 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,28 | 12 958,05 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,66 | 34 964,32 |
| | Ballast | 4,66 | 116,58 | 21 911,16 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 477,01 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 142,23 |
| 40+975 | Déblai | 55,03 | 1 373,81 | 847 008,29 |
| | Remblai | 0,32 | 7,81 | 317 711,30 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 9 383,77 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,28 | 13 028,33 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,66 | 35 153,98 |
| | Ballast | 4,66 | 116,57 | 22 027,72 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 495,91 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 143,01 |
| 41+000 | Déblai | 47,37 | 1 280,06 | 848 288,34 |
| | Remblai | 0,32 | 7,95 | 317 719,25 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 9 434,39 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,28 | 13 098,61 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,66 | 35 343,64 |
| | Ballast | 4,66 | 116,55 | 22 144,27 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 514,82 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 143,78 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 41+025 | Déblai | 39,70 | 1 088,37 | 849 376,72 |
| | Remblai | 0,32 | 8,05 | 317 727,30 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 9 485,00 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,28 | 13 168,89 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,66 | 35 533,30 |
| | Ballast | 4,66 | 116,53 | 22 260,81 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 533,73 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 144,55 |
| 41+050 | Déblai | 19,53 | 740,41 | 850 117,13 |
| | Remblai | 0,33 | 8,21 | 317 735,52 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 9 535,61 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,28 | 13 239,16 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,65 | 35 722,95 |
| | Ballast | 4,66 | 116,52 | 22 377,32 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 552,63 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 145,33 |
| 41+075 | Déblai | 2,78 | 278,92 | 850 396,04 |
| | Remblai | 2,14 | 30,87 | 317 766,39 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 9 586,23 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,28 | 13 309,44 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,65 | 35 912,60 |
| | Ballast | 4,66 | 116,50 | 22 493,82 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 571,54 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 146,10 |
| 41+100 | Déblai | 3,92 | 83,78 | 850 479,82 |
| | Remblai | 1,52 | 45,70 | 317 812,09 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 9 636,84 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,27 | 13 379,71 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,65 | 36 102,25 |
| | Ballast | 4,66 | 116,48 | 22 610,30 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 590,44 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 146,87 |
| 41+125 | Déblai | 5,93 | 123,13 | 850 602,95 |
| | Remblai | 0,54 | 25,77 | 317 837,86 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 9 687,45 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,27 | 13 449,98 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,64 | 36 291,89 |
| | Ballast | 4,66 | 116,46 | 22 726,77 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 609,35 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 147,65 |
| 41+150 | Déblai | 8,04 | 174,56 | 850 777,52 |
| | Remblai | 0,36 | 11,32 | 317 849,18 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 9 738,06 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,27 | 13 520,26 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,64 | 36 481,54 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Ballast | 4,66 | 116,45 | 22 843,22 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 628,25 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 148,42 |
| 41+175 | Déblai | 14,21 | 278,03 | 851 055,55 |
| | Remblai | 0,36 | 9,08 | 317 858,26 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 9 788,67 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,27 | 13 590,53 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,64 | 36 671,18 |
| | Ballast | 4,66 | 116,43 | 22 959,65 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 647,16 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 149,19 |
| 41+200 | Déblai | 21,31 | 443,93 | 851 499,48 |
| | Remblai | 0,37 | 9,16 | 317 867,42 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 9 839,27 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,27 | 13 660,80 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,64 | 36 860,81 |
| | Ballast | 4,66 | 116,41 | 23 076,06 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 666,06 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 149,96 |
| 41+225 | Déblai | 29,09 | 629,97 | 852 129,45 |
| | Remblai | 0,37 | 9,21 | 317 876,63 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 9 889,88 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,27 | 13 731,06 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,63 | 37 050,45 |
| | Ballast | 4,66 | 116,40 | 23 192,46 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 684,97 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 150,74 |
| 41+250 | Déblai | 46,35 | 942,95 | 853 072,40 |
| | Remblai | 0,36 | 9,13 | 317 885,75 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 9 940,49 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,27 | 13 801,33 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,63 | 37 240,08 |
| | Ballast | 4,65 | 116,38 | 23 308,84 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 703,87 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 151,51 |
| 41+275 | Déblai | 67,03 | 1 417,24 | 854 489,64 |
| | Remblai | 0,36 | 9,10 | 317 894,86 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 9 991,09 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,27 | 13 871,60 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,63 | 37 429,71 |
| | Ballast | 4,65 | 116,36 | 23 425,20 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 722,78 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 152,28 |
| 41+300 | Déblai | 94,43 | 2 018,27 | 856 507,90 |
| | Remblai | 0,37 | 9,11 | 317 903,96 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,60 | 10 041,70 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,27 | 13 941,86 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,63 | 37 619,33 |
| | Ballast | 4,65 | 116,35 | 23 541,55 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 741,68 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 153,06 |
| 41+325 | Déblai | 120,11 | 2 681,72 | 859 189,62 |
| | Remblai | 0,36 | 9,11 | 317 913,07 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,60 | 10 092,30 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,26 | 14 012,13 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,62 | 37 808,96 |
| | Ballast | 4,65 | 116,33 | 23 657,88 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 760,59 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 153,83 |
| 41+350 | Déblai | 120,41 | 3 006,46 | 862 196,09 |
| | Remblai | 1,14 | 18,84 | 317 931,91 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,60 | 10 142,90 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,26 | 14 082,39 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,62 | 37 998,58 |
| | Ballast | 4,65 | 116,31 | 23 774,19 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 779,49 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 154,60 |
| 41+375 | Déblai | 124,82 | 3 065,35 | 865 261,43 |
| | Remblai | 1,26 | 30,07 | 317 961,99 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,60 | 10 193,51 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,26 | 14 152,65 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,62 | 38 188,20 |
| | Ballast | 4,65 | 116,29 | 23 890,48 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 798,40 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 155,38 |
| 41+400 | Déblai | 165,72 | 3 631,71 | 868 893,14 |
| | Remblai | 0,37 | 20,34 | 317 982,33 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,60 | 10 244,11 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,26 | 14 222,91 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,62 | 38 377,81 |
| | Ballast | 4,65 | 116,28 | 24 006,76 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 817,30 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 156,15 |
| 41+425 | Déblai | 211,54 | 4 715,70 | 873 608,84 |
| | Remblai | 0,37 | 9,15 | 317 991,48 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,60 | 10 294,71 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,26 | 14 293,17 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,61 | 38 567,42 |
| | Ballast | 4,65 | 116,26 | 24 123,02 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 836,21 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 156,92 |
| 41+450 | Déblai | 253,86 | 5 817,49 | 879 426,33 |
| | Remblai | 0,36 | 9,13 | 318 000,60 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,60 | 10 345,31 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,26 | 14 363,43 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,61 | 38 757,03 |
| | Ballast | 4,65 | 116,24 | 24 239,26 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 855,12 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 157,69 |
| 41+475 | Déblai | 291,50 | 6 817,01 | 886 243,35 |
| | Remblai | 0,36 | 9,00 | 318 009,60 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,60 | 10 395,91 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,26 | 14 433,69 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,61 | 38 946,64 |
| | Ballast | 4,65 | 116,23 | 24 355,49 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 874,02 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 158,47 |
| 41+500 | Déblai | 313,69 | 7 564,93 | 893 808,28 |
| | Remblai | 0,36 | 9,00 | 318 018,60 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,60 | 10 446,50 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,26 | 14 503,95 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,60 | 39 136,25 |
| | Ballast | 4,65 | 116,21 | 24 471,70 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 892,93 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 159,24 |
| 41+525 | Déblai | 342,07 | 8 197,04 | 902 005,32 |
| | Remblai | 0,36 | 9,09 | 318 027,68 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,60 | 10 497,10 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,26 | 14 574,20 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,60 | 39 325,85 |
| | Ballast | 4,65 | 116,19 | 24 587,89 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 911,83 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 160,01 |
| 41+550 | Déblai | 390,31 | 9 154,78 | 911 160,10 |
| | Remblai | 0,96 | 16,61 | 318 044,29 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,60 | 10 547,70 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,25 | 14 644,46 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,60 | 39 515,45 |
| | Ballast | 4,65 | 116,18 | 24 704,07 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 930,74 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 160,79 |
| 41+575 | Déblai | 443,91 | 10 427,83 | 921 587,93 |
| | Remblai | 0,37 | 16,64 | 318 060,93 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,60 | 10 598,29 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,25 | 14 714,71 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de forme | 7,58 | 189,60 | 39 705,04 |
| | Ballast | 4,65 | 116,16 | 24 820,23 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 949,64 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 161,56 |
| 41+600 | Déblai | 486,89 | 11 635,10 | 933 223,02 |
| | Remblai | 0,37 | 9,16 | 318 070,09 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,59 | 10 648,89 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,25 | 14 784,96 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,59 | 39 894,64 |
| | Ballast | 4,65 | 116,14 | 24 936,37 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 968,55 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 162,33 |
| 41+625 | Déblai | 503,92 | 12 385,16 | 945 608,19 |
| | Remblai | 1,31 | 20,97 | 318 091,06 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,59 | 10 699,48 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,25 | 14 855,22 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,59 | 40 084,23 |
| | Ballast | 4,64 | 116,13 | 25 052,50 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 3 987,45 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 163,11 |
| 41+650 | Déblai | 503,61 | 12 594,05 | 958 202,23 |
| | Remblai | 0,38 | 21,10 | 318 112,16 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,59 | 10 750,08 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,25 | 14 925,47 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,59 | 40 273,82 |
| | Ballast | 4,64 | 116,11 | 25 168,60 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 006,36 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 163,88 |
| 41+675 | Déblai | 520,93 | 12 806,71 | 971 008,94 |
| | Remblai | 0,94 | 16,51 | 318 128,68 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,59 | 10 800,67 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,25 | 14 995,71 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,59 | 40 463,40 |
| | Ballast | 4,64 | 116,09 | 25 284,70 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 025,26 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 164,65 |
| 41+700 | Déblai | 570,11 | 13 638,04 | 984 646,98 |
| | Remblai | 0,36 | 16,33 | 318 145,01 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,59 | 10 851,26 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,25 | 15 065,96 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,58 | 40 652,99 |
| | Ballast | 4,64 | 116,07 | 25 400,77 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 044,17 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 165,42 |
| 41+725 | Déblai | 609,90 | 14 750,11 | 999 397,09 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Remblai | 0,37 | 9,19 | 318 154,20 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,59 | 10 901,85 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,25 | 15 136,21 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,58 | 40 842,57 |
| | Ballast | 4,64 | 116,06 | 25 516,83 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 063,08 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 166,20 |
| 41+750 | Déblai | 630,68 | 15 507,14 | 1 014 904,24 |
| | Remblai | 0,37 | 9,33 | 318 163,53 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,59 | 10 952,44 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,24 | 15 206,45 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,57 | 41 032,14 |
| | Ballast | 4,64 | 116,02 | 25 632,84 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 081,98 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 166,97 |
| 41+775 | Déblai | 652,03 | 16 033,77 | 1 030 938,01 |
| | Remblai | 0,38 | 9,41 | 318 172,94 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,59 | 11 003,03 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,24 | 15 276,69 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,56 | 41 221,70 |
| | Ballast | 4,64 | 115,94 | 25 748,79 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 100,89 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 167,74 |
| 41+800 | Déblai | 669,40 | 16 517,88 | 1 047 455,89 |
| | Remblai | 0,38 | 9,51 | 318 182,46 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,58 | 11 053,61 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,23 | 15 346,93 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,55 | 41 411,25 |
| | Ballast | 4,63 | 115,86 | 25 864,65 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 119,79 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 168,52 |
| 41+825 | Déblai | 688,98 | 16 979,83 | 1 064 435,71 |
| | Remblai | 0,38 | 9,56 | 318 192,02 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,58 | 11 104,18 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,23 | 15 417,16 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,54 | 41 600,79 |
| | Ballast | 4,63 | 115,78 | 25 980,43 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 138,70 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 169,29 |
| 41+850 | Déblai | 705,92 | 17 436,22 | 1 081 871,93 |
| | Remblai | 0,38 | 9,58 | 318 201,60 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,57 | 11 154,76 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,22 | 15 487,38 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,52 | 41 790,31 |
| | Ballast | 4,63 | 115,70 | 26 096,13 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 157,60 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 170,06 |
| 41+875 | Déblai | 726,94 | 17 910,68 | 1 099 782,61 |
| | Remblai | 0,38 | 9,56 | 318 211,16 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,57 | 11 205,33 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,22 | 15 557,60 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,51 | 41 979,82 |
| | Ballast | 4,62 | 115,62 | 26 211,74 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 176,51 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 170,84 |
| 41+900 | Déblai | 746,66 | 18 419,97 | 1 118 202,58 |
| | Remblai | 0,38 | 9,49 | 318 220,66 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,57 | 11 255,89 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,21 | 15 627,81 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,50 | 42 169,32 |
| | Ballast | 4,62 | 115,54 | 26 327,28 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 195,41 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 171,61 |
| 41+925 | Déblai | 753,53 | 18 752,37 | 1 136 954,95 |
| | Remblai | 1,26 | 20,46 | 318 241,12 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 11 306,46 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,21 | 15 698,02 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,48 | 42 358,80 |
| | Ballast | 4,62 | 115,45 | 26 442,74 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 214,32 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 172,38 |
| 41+950 | Déblai | 741,86 | 18 692,35 | 1 155 647,30 |
| | Remblai | 1,09 | 29,38 | 318 270,50 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 11 357,02 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,21 | 15 768,23 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,48 | 42 548,28 |
| | Ballast | 4,62 | 115,40 | 26 558,14 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 233,23 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 173,15 |
| 41+975 | Déblai | 699,44 | 18 016,15 | 1 173 663,45 |
| | Remblai | 0,39 | 18,51 | 318 289,01 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 11 407,57 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 15 838,43 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 42 737,75 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 26 673,53 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 252,13 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 173,93 |
| 42+000 | Déblai | 630,85 | 16 628,52 | 1 190 291,97 |
| | Remblai | 0,35 | 9,23 | 318 298,24 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 11 458,13 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 15 908,64 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 42 927,22 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 26 788,92 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 271,04 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 174,70 |
| 42+025 | Déblai | 564,74 | 14 944,80 | 1 205 236,77 |
| | Remblai | 0,34 | 8,60 | 318 306,84 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 11 508,69 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 15 978,84 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 43 116,70 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 26 904,31 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 289,94 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 175,47 |
| 42+050 | Déblai | 402,67 | 12 092,57 | 1 217 329,34 |
| | Remblai | 0,34 | 8,51 | 318 315,35 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 11 559,25 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 16 049,05 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 43 306,17 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 27 019,70 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 308,85 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 176,25 |
| 42+075 | Déblai | 222,82 | 7 818,63 | 1 225 147,97 |
| | Remblai | 0,43 | 9,68 | 318 325,03 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 11 609,81 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 16 119,25 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 43 495,64 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 27 135,10 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 327,75 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 177,02 |
| 42+100 | Déblai | 114,68 | 4 218,75 | 1 229 366,71 |
| | Remblai | 0,38 | 10,16 | 318 335,19 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 11 660,37 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 16 189,45 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 43 685,12 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 27 250,49 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 346,66 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 177,79 |
| 42+125 | Déblai | 34,61 | 1 866,07 | 1 231 232,78 |
| | Remblai | 0,39 | 9,61 | 318 344,81 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 11 710,93 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 16 259,66 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 43 874,59 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 27 365,88 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 365,56 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 178,57 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 42+150 | Déblai | 0,00 | 432,60 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 27,31 | 346,23 | 318 691,04 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 11 761,49 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 16 329,86 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 44 064,06 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 27 481,27 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 384,47 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 179,34 |
| 42+175 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 107,34 | 1 683,13 | 320 374,16 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 11 812,04 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 16 400,07 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 44 253,54 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 27 596,66 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 403,38 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 180,11 |
| 42+200 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 233,43 | 4 259,66 | 324 633,82 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 11 862,60 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 16 470,27 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 44 443,01 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 27 712,06 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 422,28 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 180,88 |
| 42+225 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 374,66 | 7 601,14 | 332 234,96 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 11 913,16 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 16 540,48 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 44 632,48 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 27 827,45 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 441,19 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 181,66 |
| 42+250 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 460,73 | 10 442,36 | 342 677,32 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 11 963,72 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 16 610,68 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 44 821,96 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 27 942,84 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 460,09 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 182,43 |
| 42+275 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 498,92 | 11 995,67 | 354 673,00 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 014,28 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 16 680,88 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 45 011,43 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 28 058,23 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 479,00 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 183,20 |
| 42+300 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 487,35 | 12 328,42 | 367 001,42 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 064,84 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 16 751,09 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 45 200,91 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 28 173,62 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 497,90 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 183,98 |
| 42+325 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 461,92 | 11 865,90 | 378 867,32 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 115,40 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 16 821,29 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 45 390,38 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 28 289,01 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 516,81 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 184,75 |
| 42+350 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 398,43 | 10 754,42 | 389 621,74 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 165,96 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 16 891,50 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 45 579,85 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 28 404,41 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 535,71 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 185,52 |
| 42+375 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 340,37 | 9 235,07 | 398 856,81 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 216,52 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 16 961,70 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 45 769,33 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 28 519,80 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 554,62 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 186,30 |
| 42+400 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 283,59 | 7 799,56 | 406 656,37 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 267,07 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 17 031,91 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 45 958,80 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 28 635,19 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 573,53 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 187,07 |
| 42+425 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 242,42 | 6 575,15 | 413 231,52 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 317,63 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 17 102,11 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 46 148,27 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 28 750,58 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 592,43 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 187,84 |
| 42+450 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 186,10 | 5 356,47 | 418 588,00 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 368,19 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 17 172,31 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 46 337,75 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 28 865,97 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 611,34 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 188,62 |
| 42+475 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 128,14 | 3 927,98 | 422 515,98 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 418,75 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 17 242,52 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 46 527,22 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 28 981,36 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 630,24 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 189,39 |
| 42+500 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 77,70 | 2 572,98 | 425 088,96 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 469,31 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 17 312,72 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 46 716,69 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 29 096,76 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 649,15 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 190,16 |
| 42+525 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 60,91 | 1 732,61 | 426 821,57 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 519,87 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 17 382,93 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 46 906,17 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 29 212,15 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 668,05 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 190,93 |
| 42+550 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 68,70 | 1 620,21 | 428 441,78 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 570,43 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 17 453,13 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 47 095,64 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 29 327,54 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 686,96 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 191,71 |
| 42+575 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 231 665,38 |
| | Remblai | 41,23 | 1 374,15 | 429 815,93 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 620,99 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 17 523,34 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 47 285,12 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 29 442,93 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 705,86 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 192,48 |
| 42+600 | Déblai | 0,15 | 1,89 | 1 231 667,27 |
| | Remblai | 11,24 | 655,88 | 430 471,81 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 671,54 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 17 593,54 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 47 474,59 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 29 558,32 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 724,77 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 193,25 |
| 42+625 | Déblai | 7,67 | 97,77 | 1 231 765,04 |
| | Remblai | 0,37 | 145,15 | 430 616,96 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 722,10 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 17 663,74 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 47 664,06 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 29 673,71 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 743,68 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 194,03 |
| 42+650 | Déblai | 5,63 | 166,22 | 1 231 931,26 |
| | Remblai | 0,63 | 12,47 | 430 629,43 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 772,66 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 17 733,95 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 47 853,54 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 29 789,11 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 762,58 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 194,80 |
| 42+675 | Déblai | 3,04 | 108,33 | 1 232 039,59 |
| | Remblai | 3,31 | 49,28 | 430 678,71 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 823,22 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 17 804,15 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 48 043,01 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 29 904,50 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 781,49 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 195,57 |
| 42+700 | Déblai | 2,16 | 64,95 | 1 232 104,54 |
| | Remblai | 2,00 | 66,42 | 430 745,13 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 873,78 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 17 874,36 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 48 232,48 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 30 019,89 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 800,39 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 196,35 |
| 42+725 | Déblai | 13,75 | 198,89 | 1 232 303,42 |
| | Remblai | 0,37 | 29,62 | 430 774,76 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 924,34 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 17 944,56 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 48 421,96 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 30 135,28 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 819,30 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 197,12 |
| 42+750 | Déblai | 40,12 | 673,48 | 1 232 976,90 |
| | Remblai | 0,37 | 9,21 | 430 783,97 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 12 974,90 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 18 014,77 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 48 611,43 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 30 250,67 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 838,20 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 197,89 |
| 42+775 | Déblai | 58,33 | 1 230,72 | 1 234 207,63 |
| | Remblai | 0,37 | 9,23 | 430 793,20 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 025,46 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 18 084,97 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 48 800,90 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 30 366,06 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 857,11 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 198,66 |
| 42+800 | Déblai | 57,69 | 1 450,23 | 1 235 657,86 |
| | Remblai | 0,37 | 9,29 | 430 802,50 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 076,02 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 18 155,18 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 48 990,38 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 30 481,46 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 876,01 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 199,44 |
| 42+825 | Déblai | 51,63 | 1 366,43 | 1 237 024,29 |
| | Remblai | 0,37 | 9,33 | 430 811,83 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 126,57 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 18 225,38 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 49 179,85 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 30 596,85 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 894,92 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 200,21 |
| 42+850 | Déblai | 43,99 | 1 195,27 | 1 238 219,56 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Remblai | 0,37 | 9,36 | 430 821,18 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 177,13 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 18 295,58 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 49 369,32 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 30 712,24 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 913,83 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 200,98 |
| 42+875 | Déblai | 28,90 | 911,17 | 1 239 130,74 |
| | Remblai | 0,37 | 9,34 | 430 830,53 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 227,69 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 18 365,79 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 49 558,80 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 30 827,63 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 932,73 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 201,76 |
| 42+900 | Déblai | 12,75 | 520,58 | 1 239 651,32 |
| | Remblai | 0,38 | 9,46 | 430 839,99 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 278,25 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 18 435,99 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 49 748,27 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 30 943,02 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 951,64 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 202,53 |
| 42+925 | Déblai | 2,26 | 187,56 | 1 239 838,88 |
| | Remblai | 2,48 | 35,74 | 430 875,73 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 328,81 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 18 506,20 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 49 937,75 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 31 058,41 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 970,54 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 203,30 |
| 42+950 | Déblai | 0,55 | 35,07 | 1 239 873,95 |
| | Remblai | 6,24 | 108,99 | 430 984,72 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 379,37 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 18 576,40 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 50 127,22 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 31 173,81 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 4 989,45 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 204,08 |
| 42+975 | Déblai | 7,74 | 103,61 | 1 239 977,56 |
| | Remblai | 0,38 | 82,78 | 431 067,51 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 429,93 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 18 646,61 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 50 316,69 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 31 289,20 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 008,35 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 204,85 |
| 43+000 | Déblai | 13,88 | 270,31 | 1 240 247,87 |
| | Remblai | 0,37 | 9,42 | 431 076,92 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 480,49 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 18 716,81 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 50 506,17 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 31 404,59 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 027,26 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 205,62 |
| 43+025 | Déblai | 18,33 | 402,70 | 1 240 650,57 |
| | Remblai | 0,37 | 9,35 | 431 086,27 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 531,04 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 18 787,01 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 50 695,64 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 31 519,98 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 046,17 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 206,39 |
| 43+050 | Déblai | 21,24 | 494,62 | 1 241 145,18 |
| | Remblai | 0,38 | 9,47 | 431 095,74 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 581,60 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 18 857,22 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 50 885,11 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 31 635,37 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 065,07 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 207,17 |
| 43+075 | Déblai | 29,90 | 639,20 | 1 241 784,38 |
| | Remblai | 0,38 | 9,55 | 431 105,29 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 632,16 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 18 927,42 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 51 074,59 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 31 750,76 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 083,98 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 207,94 |
| 43+100 | Déblai | 37,07 | 837,15 | 1 242 621,53 |
| | Remblai | 0,39 | 9,64 | 431 114,93 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 682,72 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 18 997,63 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 51 264,06 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 31 866,16 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 102,88 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 208,71 |
| 43+125 | Déblai | 49,71 | 1 084,78 | 1 243 706,32 |
| | Remblai | 0,39 | 9,78 | 431 124,71 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 733,28 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 19 067,83 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 51 453,53 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 31 981,55 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 121,79 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 209,49 |
| 43+150 | Déblai | 70,11 | 1 497,77 | 1 245 204,09 |
| | Remblai | 0,38 | 9,71 | 431 134,43 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 783,84 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 19 138,04 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 51 643,01 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 32 096,94 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 140,69 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 210,26 |
| 43+175 | Déblai | 92,10 | 2 027,61 | 1 247 231,70 |
| | Remblai | 0,40 | 9,75 | 431 144,17 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 834,40 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 19 208,24 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 51 832,48 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 32 212,33 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 159,60 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 211,03 |
| 43+200 | Déblai | 116,43 | 2 606,65 | 1 249 838,35 |
| | Remblai | 0,40 | 9,91 | 431 154,08 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 884,96 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 19 278,44 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 52 021,96 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 32 327,72 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 178,50 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 211,81 |
| 43+225 | Déblai | 138,40 | 3 185,49 | 1 253 023,85 |
| | Remblai | 0,86 | 15,66 | 431 169,74 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 935,52 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 19 348,65 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 52 211,43 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 32 443,11 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 197,41 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 212,58 |
| 43+250 | Déblai | 159,71 | 3 726,39 | 1 256 750,24 |
| | Remblai | 0,66 | 18,94 | 431 188,68 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 13 986,07 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 19 418,85 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 52 400,90 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 32 558,51 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 216,32 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 213,35 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 43+275 | Déblai | 196,54 | 4 453,09 | 1 261 203,33 |
| | Remblai | 0,40 | 13,30 | 431 201,98 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 14 036,63 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 19 489,06 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 52 590,38 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 32 673,90 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 235,22 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 214,12 |
| 43+300 | Déblai | 243,12 | 5 495,76 | 1 266 699,09 |
| | Remblai | 0,41 | 10,19 | 431 212,17 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 14 087,19 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 19 559,26 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 52 779,85 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 32 789,29 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 254,13 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 214,90 |
| 43+325 | Déblai | 286,81 | 6 624,10 | 1 273 323,20 |
| | Remblai | 0,36 | 9,67 | 431 221,84 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 14 137,75 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 19 629,47 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 52 969,32 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 32 904,68 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 273,03 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 215,67 |
| 43+350 | Déblai | 278,18 | 7 062,34 | 1 280 385,53 |
| | Remblai | 0,39 | 9,36 | 431 231,20 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 14 188,31 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 19 699,67 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 53 158,80 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 33 020,07 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 291,94 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 216,44 |
| 43+375 | Déblai | 253,52 | 6 646,19 | 1 287 031,72 |
| | Remblai | 0,30 | 8,61 | 431 239,81 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 14 238,87 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 19 769,87 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 53 348,27 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 33 135,46 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 310,84 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 217,22 |
| 43+400 | Déblai | 247,98 | 6 268,64 | 1 293 300,37 |
| | Remblai | 0,37 | 8,47 | 431 248,27 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 14 289,43 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 19 840,08 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 53 537,74 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 33 250,86 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 329,75 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 217,99 |
| 43+425 | Déblai | 276,11 | 6 551,10 | 1 299 851,47 |
| | Remblai | 0,38 | 9,41 | 431 257,68 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 14 339,99 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 19 910,28 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 53 727,22 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 33 366,25 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 348,65 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 218,76 |
| 43+450 | Déblai | 330,14 | 7 578,11 | 1 307 429,58 |
| | Remblai | 0,39 | 9,54 | 431 267,23 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 14 390,55 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 19 980,49 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 53 916,69 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 33 481,64 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 367,56 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 219,54 |
| 43+475 | Déblai | 389,26 | 8 992,42 | 1 316 422,00 |
| | Remblai | 0,38 | 9,59 | 431 276,82 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 14 441,10 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 20 050,69 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 54 106,16 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 33 597,03 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 386,47 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 220,31 |
| 43+500 | Déblai | 428,37 | 10 220,40 | 1 326 642,40 |
| | Remblai | 0,75 | 14,11 | 431 290,93 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 14 491,66 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 20 120,90 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 54 295,64 |
| | Ballast | 4,62 | 115,40 | 33 712,43 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 405,37 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 221,08 |
| 43+525 | Déblai | 459,91 | 11 103,52 | 1 337 745,92 |
| | Remblai | 0,35 | 13,70 | 431 304,63 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,57 | 14 542,23 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,22 | 20 191,12 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,51 | 54 485,15 |
| | Ballast | 4,63 | 115,64 | 33 828,07 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 424,28 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 221,85 |
| 43+550 | Déblai | 466,87 | 11 584,69 | 1 349 330,60 |
| | Remblai | 0,35 | 8,79 | 431 313,42 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,59 | 14 592,83 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,25 | 20 261,37 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,59 | 54 674,74 |
| | Ballast | 4,65 | 116,10 | 33 944,17 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 443,18 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 222,63 |
| 43+575 | Déblai | 458,59 | 11 568,24 | 1 360 898,84 |
| | Remblai | 0,34 | 8,72 | 431 322,14 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 14 643,44 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,28 | 20 331,64 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,65 | 54 864,39 |
| | Ballast | 4,67 | 116,52 | 34 060,69 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 462,09 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 223,40 |
| 43+600 | Déblai | 444,16 | 11 284,43 | 1 372 183,27 |
| | Remblai | 0,34 | 8,56 | 431 330,70 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 14 694,06 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 20 401,93 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 55 054,08 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 34 177,39 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 480,99 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 224,17 |
| 43+625 | Déblai | 433,74 | 10 973,76 | 1 383 157,03 |
| | Remblai | 0,34 | 8,51 | 431 339,21 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 14 744,68 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 20 472,22 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 55 243,76 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 34 294,10 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 499,90 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 224,95 |
| 43+650 | Déblai | 369,68 | 10 042,74 | 1 393 199,77 |
| | Remblai | 0,34 | 8,54 | 431 347,75 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 14 795,30 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 20 542,51 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 55 433,44 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 34 410,80 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 518,80 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 225,72 |
| 43+675 | Déblai | 319,83 | 8 618,90 | 1 401 818,67 |
| | Remblai | 0,38 | 9,07 | 431 356,82 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 14 845,93 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 20 612,79 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 55 623,12 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 34 527,50 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 537,71 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 226,49 |
| 43+700 | Déblai | 307,88 | 7 846,43 | 1 409 665,10 |
| | Remblai | 0,35 | 9,10 | 431 365,92 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 14 896,55 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 20 683,08 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 55 812,81 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 34 644,21 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 556,61 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 227,27 |
| 43+725 | Déblai | 310,47 | 7 729,39 | 1 417 394,49 |
| | Remblai | 0,35 | 8,65 | 431 374,58 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 14 947,17 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 20 753,37 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 56 002,49 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 34 760,91 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 575,52 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 228,04 |
| 43+750 | Déblai | 268,34 | 7 235,13 | 1 424 629,62 |
| | Remblai | 0,33 | 8,51 | 431 383,09 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 14 997,79 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 20 823,66 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 56 192,17 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 34 877,61 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 594,42 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 228,81 |
| 43+775 | Déblai | 179,18 | 5 593,99 | 1 430 223,60 |
| | Remblai | 0,33 | 8,33 | 431 391,42 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 048,41 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 20 893,95 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 56 381,85 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 34 994,31 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 613,33 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 229,58 |
| 43+800 | Déblai | 62,54 | 3 021,43 | 1 433 245,03 |
| | Remblai | 0,33 | 8,23 | 431 399,65 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 099,03 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 20 964,23 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 56 571,54 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 35 111,02 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 632,23 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 230,36 |
| 43+825 | Déblai | 0,29 | 785,28 | 1 434 030,31 |
| | Remblai | 29,83 | 377,02 | 431 776,66 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 149,65 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 21 034,52 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 56 761,22 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 35 227,72 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 651,14 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 231,13 |
| 43+850 | Déblai | 0,00 | 3,57 | 1 434 033,89 |
| | Remblai | 71,39 | 1 265,37 | 433 042,03 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 200,28 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 21 104,81 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 56 950,90 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 35 344,42 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 670,04 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 231,90 |
| 43+875 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 434 033,89 |
| | Remblai | 53,85 | 1 565,59 | 434 607,62 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 250,90 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 21 175,10 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 57 140,58 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 35 461,13 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 688,95 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 232,68 |
| 43+900 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 434 033,89 |
| | Remblai | 64,47 | 1 479,08 | 436 086,70 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 301,52 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 21 245,39 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 57 330,27 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 35 577,83 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 707,85 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 233,45 |
| 43+925 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 434 033,89 |
| | Remblai | 235,95 | 3 755,25 | 439 841,95 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 352,14 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 21 315,67 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 57 519,95 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 35 694,53 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 726,76 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 234,22 |
| 43+950 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 434 033,89 |
| | Remblai | 160,57 | 4 956,49 | 444 798,44 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 402,76 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 21 385,96 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 57 709,63 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 35 811,23 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 745,66 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 235,00 |
| 43+975 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 434 033,89 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Remblai | 101,21 | 3 272,27 | 448 070,71 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 453,38 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 21 456,25 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 57 899,31 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 35 927,94 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 764,57 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 235,77 |
| 44+000 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 434 033,89 |
| | Remblai | 42,54 | 1 796,83 | 449 867,54 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 504,01 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 21 526,54 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 58 089,00 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 36 044,64 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 783,47 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 236,54 |
| 44+025 | Déblai | 4,16 | 51,98 | 1 434 085,87 |
| | Remblai | 9,22 | 646,94 | 450 514,48 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 554,63 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 21 596,83 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 58 278,68 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 36 161,34 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 802,38 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 237,31 |
| 44+050 | Déblai | 31,80 | 449,49 | 1 434 535,36 |
| | Remblai | 0,41 | 120,31 | 450 634,79 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 605,25 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 21 667,11 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 58 468,36 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 36 278,05 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 821,28 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 238,09 |
| 44+075 | Déblai | 29,34 | 764,22 | 1 435 299,59 |
| | Remblai | 0,36 | 9,61 | 450 644,41 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 655,87 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 21 737,40 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 58 658,04 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 36 394,75 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 840,19 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 238,86 |
| 44+100 | Déblai | 83,58 | 1 411,46 | 1 436 711,05 |
| | Remblai | 0,38 | 9,33 | 450 653,74 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 706,49 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 21 807,69 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 58 847,73 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 36 511,45 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 859,09 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 239,63 |
| 44+125 | Déblai | 115,18 | 2 484,55 | 1 439 195,60 |
| | Remblai | 0,37 | 9,39 | 450 663,12 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 757,11 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 21 877,98 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 59 037,41 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 36 628,16 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 878,00 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 240,41 |
| 44+150 | Déblai | 122,82 | 2 975,10 | 1 442 170,70 |
| | Remblai | 0,39 | 9,42 | 450 672,54 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 807,73 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 21 948,27 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 59 227,09 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 36 744,86 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 896,90 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 241,18 |
| 44+175 | Déblai | 132,69 | 3 193,94 | 1 445 364,63 |
| | Remblai | 0,37 | 9,43 | 450 681,97 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 858,36 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 22 018,55 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 59 416,77 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 36 861,56 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 915,81 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 241,95 |
| 44+200 | Déblai | 186,70 | 3 992,34 | 1 449 356,97 |
| | Remblai | 0,40 | 9,55 | 450 691,52 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 908,98 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 22 088,84 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 59 606,46 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 36 978,26 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 934,72 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 242,73 |
| 44+225 | Déblai | 211,10 | 4 972,49 | 1 454 329,47 |
| | Remblai | 0,40 | 9,93 | 450 701,45 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 15 959,60 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 22 159,13 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 59 796,14 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 37 094,97 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 953,62 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 243,50 |
| 44+250 | Déblai | 247,65 | 5 734,40 | 1 460 063,87 |
| | Remblai | 0,40 | 9,96 | 450 711,40 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 010,22 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 22 229,42 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 59 985,82 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 37 211,67 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 972,53 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 244,27 |
| 44+275 | Déblai | 240,77 | 6 105,17 | 1 466 169,04 |
| | Remblai | 0,37 | 9,60 | 450 721,00 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 060,84 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 22 299,70 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 60 175,50 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 37 328,37 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 5 991,43 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 245,04 |
| 44+300 | Déblai | 272,83 | 6 419,94 | 1 472 588,97 |
| | Remblai | 0,38 | 9,31 | 450 730,31 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 111,46 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 22 369,99 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 60 365,19 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 37 445,08 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 010,34 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 245,82 |
| 44+325 | Déblai | 308,77 | 7 269,97 | 1 479 858,94 |
| | Remblai | 0,38 | 9,46 | 450 739,76 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 162,09 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 22 440,28 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 60 554,87 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 37 561,78 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 029,24 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 246,59 |
| 44+350 | Déblai | 350,96 | 8 246,55 | 1 488 105,49 |
| | Remblai | 0,39 | 9,67 | 450 749,44 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 212,71 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 22 510,57 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 60 744,55 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 37 678,48 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 048,15 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 247,36 |
| 44+375 | Déblai | 418,35 | 9 616,35 | 1 497 721,84 |
| | Remblai | 0,37 | 9,59 | 450 759,02 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 263,33 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 22 580,86 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 60 934,24 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 37 795,18 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 067,05 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 248,14 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| 44+400 | Déblai | 451,95 | 10 878,75 | 1 508 600,58 |
| | Remblai | 0,58 | 11,93 | 450 770,95 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 313,95 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 22 651,14 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 61 123,92 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 37 911,89 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 085,96 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 248,91 |
| 44+425 | Déblai | 476,51 | 11 605,69 | 1 520 206,27 |
| | Remblai | 0,38 | 11,98 | 450 782,93 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 364,57 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 22 721,43 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 61 313,60 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 38 028,59 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 104,86 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 249,68 |
| 44+450 | Déblai | 406,05 | 11 032,01 | 1 531 238,28 |
| | Remblai | 0,34 | 9,04 | 450 791,97 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 415,19 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 22 791,72 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 61 503,28 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 38 145,29 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 123,77 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 250,46 |
| 44+475 | Déblai | 314,65 | 9 008,82 | 1 540 247,10 |
| | Remblai | 0,35 | 8,67 | 450 800,65 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 465,81 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 22 862,01 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 61 692,97 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 38 262,00 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 142,67 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 251,23 |
| 44+500 | Déblai | 251,36 | 7 075,20 | 1 547 322,31 |
| | Remblai | 1,10 | 18,08 | 450 818,72 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 516,44 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 22 932,30 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 61 882,65 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 38 378,70 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 161,58 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 252,00 |
| 44+525 | Déblai | 250,47 | 6 272,90 | 1 553 595,21 |
| | Remblai | 0,32 | 17,73 | 450 836,45 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 567,06 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 23 002,58 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 62 072,33 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 38 495,40 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 180,48 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 252,78 |
| 44+550 | Déblai | 171,25 | 5 271,44 | 1 558 866,65 |
| | Remblai | 0,29 | 7,67 | 450 844,13 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 617,68 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 23 072,87 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 62 262,01 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 38 612,11 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 199,39 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 253,55 |
| 44+575 | Déblai | 73,86 | 3 063,87 | 1 561 930,52 |
| | Remblai | 0,39 | 8,50 | 450 852,62 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 668,30 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 23 143,16 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 62 451,70 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 38 728,81 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 218,29 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 254,32 |
| 44+600 | Déblai | 8,68 | 1 031,81 | 1 562 962,32 |
| | Remblai | 0,39 | 9,69 | 450 862,31 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 718,92 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 23 213,45 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 62 641,38 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 38 845,51 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 237,20 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 255,09 |
| 44+625 | Déblai | 0,00 | 108,54 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 25,26 | 320,56 | 451 182,87 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 769,54 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 23 283,74 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 62 831,06 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 38 962,21 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 256,10 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 255,87 |
| 44+650 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 63,46 | 1 108,96 | 452 291,83 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 820,16 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 23 354,02 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 63 020,74 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 39 078,92 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 275,01 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 256,64 |
| 44+675 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 119,20 | 2 283,24 | 454 575,07 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 870,79 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 23 424,31 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 63 210,43 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 39 195,62 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 293,91 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 257,41 |
| 44+700 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 187,25 | 3 830,66 | 458 405,73 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 921,41 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 23 494,60 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 63 400,11 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 39 312,32 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 312,82 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 258,19 |
| 44+725 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 260,29 | 5 594,30 | 464 000,03 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 16 972,03 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 23 564,89 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 63 589,79 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 39 429,03 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 331,72 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 258,96 |
| 44+750 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 349,28 | 7 619,69 | 471 619,72 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 17 022,65 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 23 635,18 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 63 779,47 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 39 545,73 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 350,63 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 259,73 |
| 44+775 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 438,86 | 9 851,84 | 481 471,56 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 17 073,27 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 23 705,46 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 63 969,16 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 39 662,43 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 369,53 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 260,51 |
| 44+800 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 522,46 | 12 016,52 | 493 488,08 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 17 123,89 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 23 775,75 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 64 158,84 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 39 779,13 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 388,44 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 261,28 |
| 44+825 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 601,80 | 14 053,27 | 507 541,35 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 17 174,52 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 23 846,04 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 64 348,52 |
| | Ballast | 4,67 | 116,70 | 39 895,84 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 407,34 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 262,05 |
| 44+850 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 683,38 | 16 064,82 | 523 606,17 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,62 | 17 225,14 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,29 | 23 916,32 |
| | Couche de forme | 7,59 | 189,68 | 64 538,20 |
| | Ballast | 4,66 | 116,66 | 40 012,50 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 426,25 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 262,82 |
| 44+875 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 757,20 | 18 007,24 | 541 613,41 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,61 | 17 275,74 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,27 | 23 986,59 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,63 | 64 727,83 |
| | Ballast | 4,65 | 116,39 | 40 128,89 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 445,15 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 263,60 |
| 44+900 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 823,58 | 19 759,70 | 561 373,11 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,58 | 17 326,33 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,24 | 24 056,83 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,56 | 64 917,39 |
| | Ballast | 4,63 | 115,92 | 40 244,81 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 464,06 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 264,37 |
| 44+925 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 880,00 | 21 294,69 | 582 667,80 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,57 | 17 376,89 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,21 | 24 127,04 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,50 | 65 106,89 |
| | Ballast | 4,62 | 115,54 | 40 360,35 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 482,96 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 265,14 |
| 44+950 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 927,49 | 22 593,54 | 605 261,34 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 17 427,45 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 24 197,25 |

| Abscisse | Matériau | Surface (m²) | Vol. incrémental (m³) | Vol. cumulé (m³) |
|---|---|---|---|---|
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 65 296,36 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 40 475,74 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 501,87 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 265,92 |
| 44+975 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 966,94 | 23 680,39 | 628 941,73 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 17 478,01 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 24 267,45 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 65 485,83 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 40 591,13 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 520,78 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 266,69 |
| 45+000 | Déblai | 0,00 | 0,00 | 1 563 070,86 |
| | Remblai | 1 003,91 | 24 635,72 | 653 577,45 |
| | Sous-ballast | 2,02 | 50,56 | 17 528,57 |
| | Couche de fondation | 2,81 | 70,20 | 24 337,66 |
| | Couche de forme | 7,58 | 189,47 | 65 675,31 |
| | Ballast | 4,62 | 115,39 | 40 706,52 |
| | Traverses | 0,76 | 18,91 | 6 539,68 |
| | Rail | 0,03 | 0,77 | 267,46 |

# Annexe H — Résultats Détaillés des Essais Géotechniques — Sondage F-57-B-OK

Planches détaillées des essais géotechniques réalisés sur le sondage carotté F-57-B-OK (PK 41+615) : coupe lithologique, courbes granulométriques, diagrammes des limites d'Atterberg, abaque de Casagrande, courbes triaxiales (essai consolidé-drainé) et courbe œdométrique. Ces planches complètent l'analyse présentée au chapitre VII.

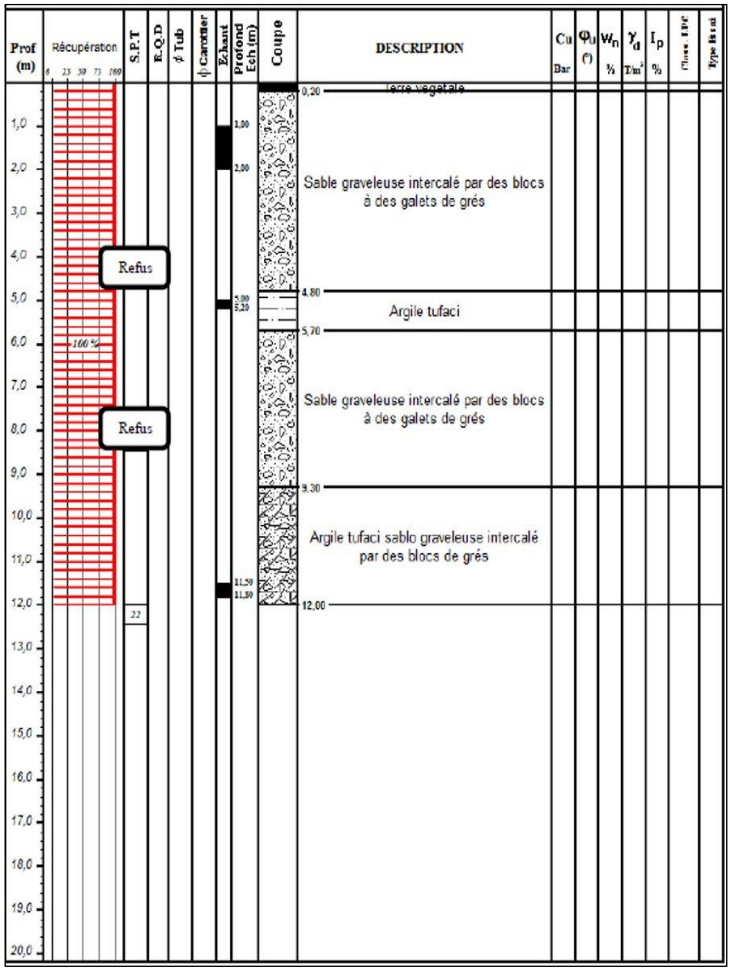
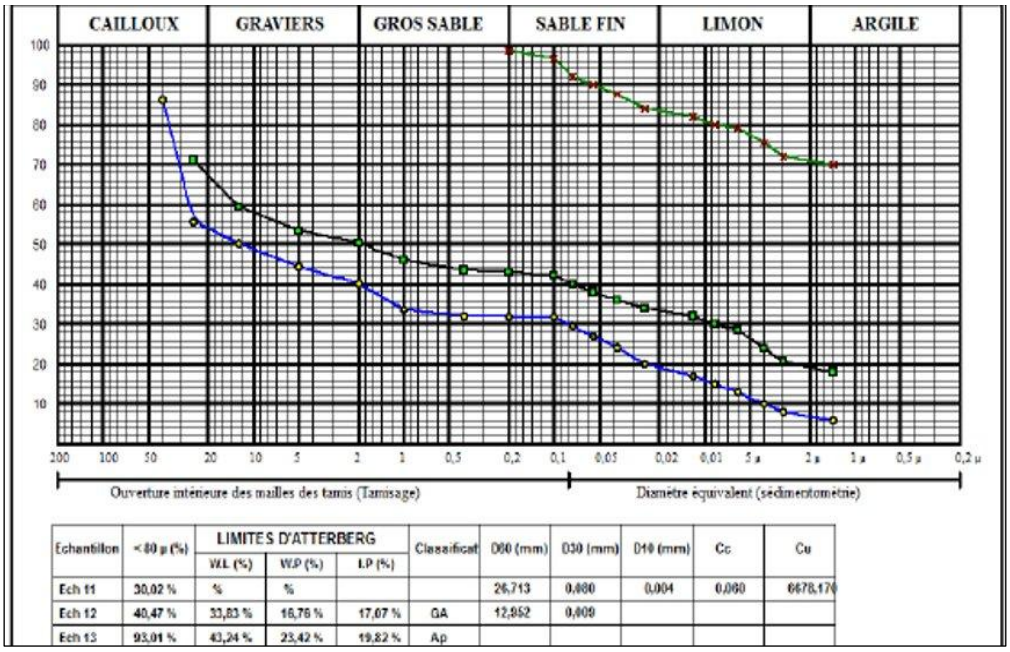



***Figure H.1 — Coupe géotechnique du sondage F-57-B-OK***




| Echantillon | < 80 µ (%) | LIMITES D'ATTERBERG | | | Classificat | D60 (mm) | D30 (mm) | D10 (mm) | Cc | Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | WL (%) | WP (%) | IP (%) | | | | | | |
| Ech 11 | 30,02 % | % | % | | | 26,713 | 0,080 | 0,004 | 0,060 | 6678,170 |
| Ech 12 | 40,47 % | 33,83 % | 16,76 % | 17,07 % | GA | 12,952 | 0,009 | | | |
| Ech 13 | 93,01 % | 43,24 % | 23,42 % | 19,82 % | Ap | | | | | |

*Figure H.2 — Courbes granulométriques et limites d'Atterberg — Sondage F-57-B-OK*

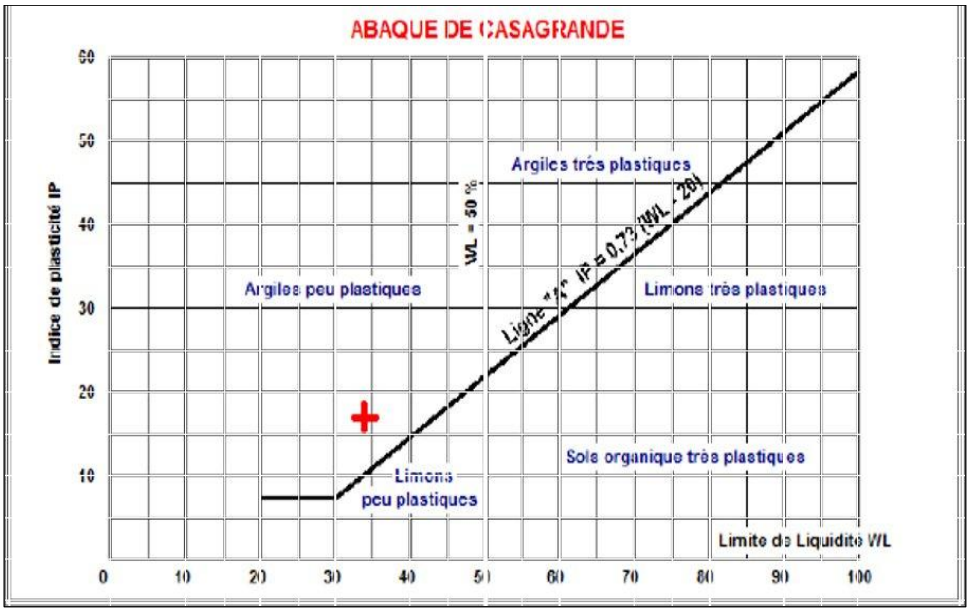



*Figure H.4 — Abaque de Casagrande — Sondage F-57-B-OK*

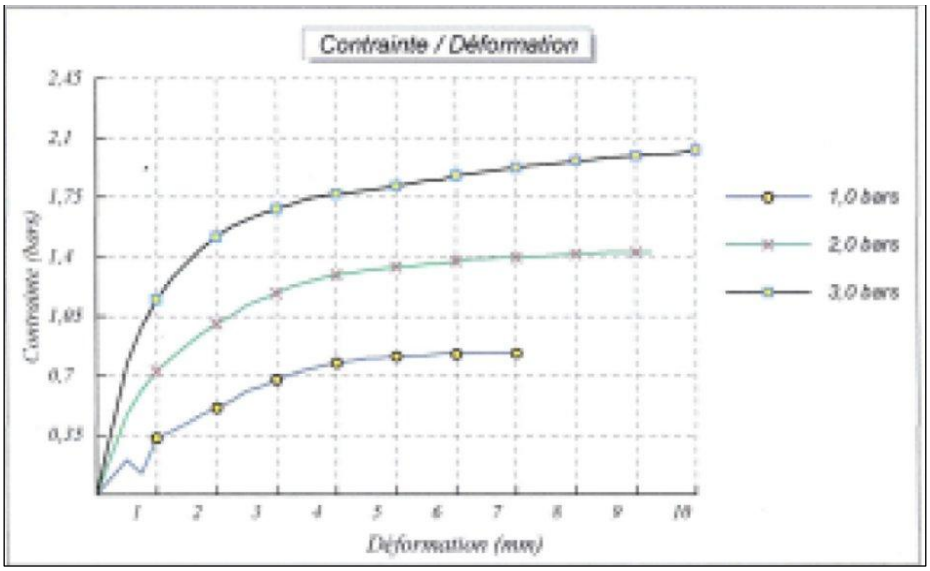



***Figure H.5 — Courbes contrainte / déformation — Essai triaxial CD — Sondage F-57-B-OK***

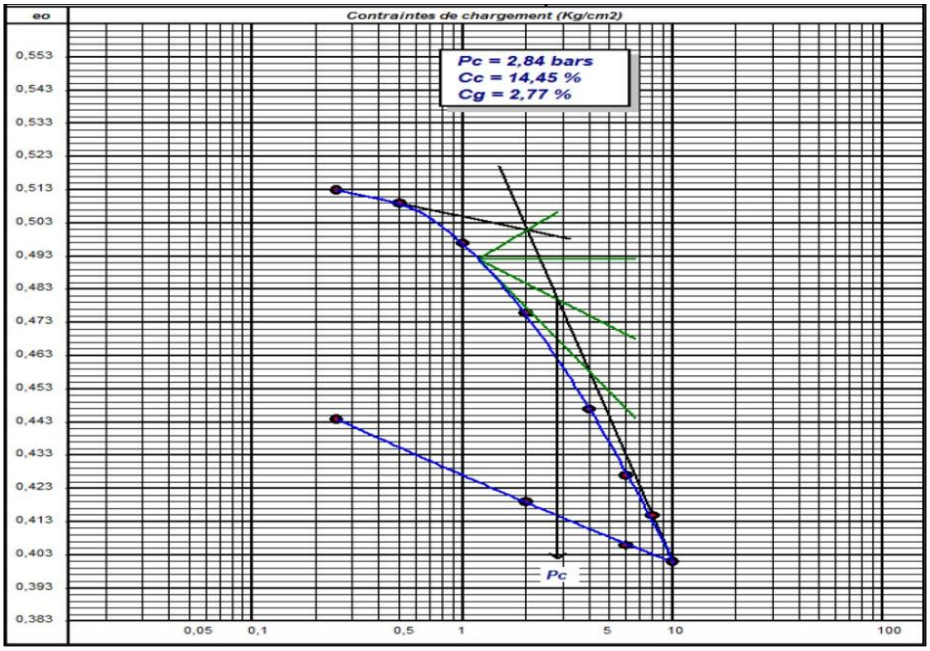



***Figure H.7 — Courbe œdométrique (e – log σ) — Sondage F-57-B-OK***

# Annexe I — Notes de Calcul de Stabilité des Talus (GEO5 — Méthode de Bishop)

Cette annexe reproduit l'intégralité des notes de calcul produites par le logiciel GEO5 (module Slope Stability, méthode de Bishop) pour les cinq profils en travers courants analysés — PK 35+000, PK 36+600, PK 37+775, PK 41+875 et PK 45+000 — en situation permanente et en situation sismique. Pour chaque profil sont reportées les données d'entrée (géométrie, paramètres des sols, surcharge ferroviaire, coefficients sismiques) ainsi que les résultats de la vérification de stabilité (surface de glissement critique, moments moteur et résistant, coefficient de sécurité).

## PK 35+000

## Slope stability analysis

## Input data

### Project

Date : 15/06/2026

### Settings

Standard - safety factors

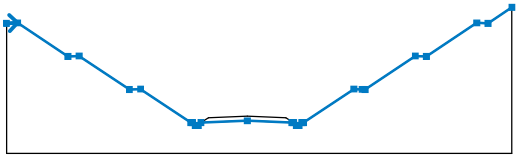
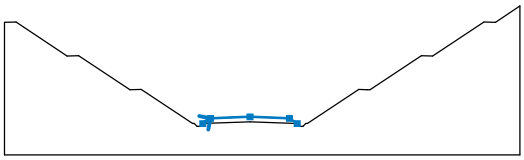
### Stability analysis

Earthquake analysis : Standard
Verification methodology : Safety factors (ASD)

| Safety factors | | | |
|---|---|---|---|
| Permanent design situation | | | |
| Safety factor : | $SF_s$ = | 1,50 | [–] |

| Safety factors | | | |
|---|---|---|---|
| Seismic design situation | | | |
| Safety factor : | $SF_s$ = | 1,00 | [–] |

### Interface

| No. | Interface location | Coordinates of interface points [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 0,00 | 18,27 | 2,00 | 18,35 | 11,00 | 12,35 |
| | | 13,00 | 12,43 | 22,00 | 6,43 | 24,00 | 6,51 |
| | | 33,00 | 0,51 | 33,30 | 0,50 | 33,80 | 0,00 |
| | | 34,30 | 0,00 | 34,80 | 0,50 | 43,08 | 0,83 |
| | | 51,06 | 0,51 | 51,36 | 0,50 | 51,86 | 0,00 |
| | | 52,36 | 0,00 | 52,86 | 0,50 | 53,16 | 0,51 |
| | | 62,16 | 6,51 | 63,66 | 6,45 | 64,16 | 6,43 |
| | | 73,16 | 12,43 | 75,16 | 12,35 | 84,16 | 18,35 |
| | | 86,16 | 18,27 | 90,45 | 21,14 | | |
| 2 |  | 34,80 | 0,50 | 36,15 | 1,40 | 43,08 | 1,68 |
| | | 50,01 | 1,40 | 51,36 | 0,50 | | |

## Soil parameters - effective stress state

| No. | Name | Pattern | $\varphi_{ef}$ [°] | $c_{ef}$ [kPa] | $\gamma$ [kN/m³] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PLATEFORME | | 35,00 | 15,00 | 20,00 |
| 2 | Sable argileux intercalé de blocs | | 30,90 | 20,00 | 17,70 |

## Soil parameters - uplift

| No. | Name | Pattern | $\gamma_{sat}$ [kN/m³] | $\gamma_s$ [kN/m³] | n [–] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PLATEFORME | | 20,00 | | |
| 2 | Sable argileux intercalé de blocs | | 17,70 | | |

## Soil parameters

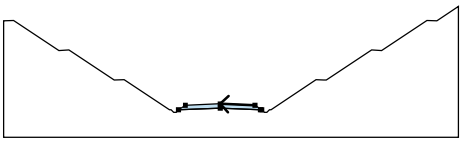
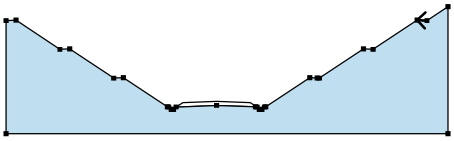
**PLATEFORME**

Unit weight : $\gamma$ = 20,00 kN/m$^3$
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 35,00 °
Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 15,00 kPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 20,00 kN/m$^3$

**Sable argileux intercalé de blocs**

Unit weight : $\gamma$ = 17,70 kN/m$^3$
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 30,90 °
Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 20,00 kPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 17,70 kN/m$^3$

## Assigning and surfaces

| No. | Surface position | Coordinates of surface points [m] | | | | Assigned soil |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 |  | 50,01 | 1,40 | 43,08 | 1,68 | PLATEFORME |
| | | 36,15 | 1,40 | 34,80 | 0,50 | |
| | | 43,08 | 0,83 | 51,06 | 0,51 |  |
| | | 51,36 | 0,50 | | | |
| 2 |  | 86,16 | 18,27 | 84,16 | 18,35 | Sable argileux intercalé de blocs |
| | | 75,16 | 12,35 | 73,16 | 12,43 | |
| | | 64,16 | 6,43 | 63,66 | 6,45 |  |
| | | 62,16 | 6,51 | 53,16 | 0,51 | |
| | | 52,86 | 0,50 | 52,36 | 0,00 | |
| | | 51,86 | 0,00 | 51,36 | 0,50 | |
| | | 51,06 | 0,51 | 43,08 | 0,83 | |
| | | 34,80 | 0,50 | 34,30 | 0,00 | |
| | | 33,80 | 0,00 | 33,30 | 0,50 | |
| | | 33,00 | 0,51 | 24,00 | 6,51 | |
| | | 22,00 | 6,43 | 13,00 | 12,43 | |
| | | 11,00 | 12,35 | 2,00 | 18,35 | |
| | | 0,00 | 18,27 | 0,00 | -5,00 | |
| | | 90,45 | -5,00 | 90,45 | 21,14 | |

## Surcharge

| No. | Type | Type of action | Location z [m] | Origin x [m] | Length l [m] | Width b [m] | Slope α [°] | Magnitude q, $q_1$, f, F | $q_2$ | unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | strip | permanent | on terrain | x = 35,00 | l = 16,00 | | 0,00 | 15,00 | | kN/m² |

### Surcharges

| No. | Name |
|---|---|
| 1 | Charge ferroviaire |

### Water

Water type : No water

### Tensile crack

Tensile crack not input.

### Earthquake

Horizontal seismic coefficient : $K_h$ = 0,1250
Vertical seismic coefficient : $K_v$ = 0,0625

### Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

## Results (Stage of construction 1)

### Analysis 1 (stage 1)

**Circular slip surface**

| Slip surface parameters | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Center : | x = | 55,29 | [m] | Angles : | $\alpha_1$ = | -4,28 | [°] |
| | z = | 39,38 | [m] | | $\alpha_2$ = | 62,26 | [°] |
| Radius : | R = | 39,49 | [m] | | | | |
| The slip surface after optimization. | | | | | | | |

**Slope stability verification (Bishop)**

Sum of active forces : $F_a$ = 1776,38 kN/m
Sum of passive forces : $F_p$ = 2671,05 kN/m

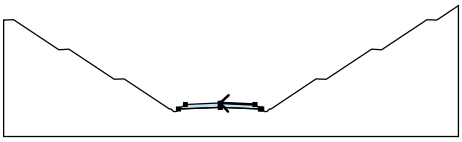
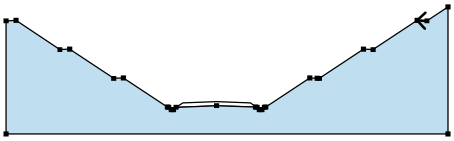
| | | | |
|---|---|---|---|
| Sliding moment : | $M_a$ = | 70149,09 | kNm/m |
| Resisting moment : | $M_p$ = | 105479,71 | kNm/m |

Factor of safety = 1,50 > 1,50

**Slope stability ACCEPTABLE**

## Input data (Stage of construction 2)

### Assigning and surfaces

| No. | Surface position | Coordinates of surface points [m] | | | | Assigned |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | soil |
| 1 |  | 50,01 | 1,40 | 43,08 | 1,68 | PLATEFORME |
| | | 36,15 | 1,40 | 34,80 | 0,50 | |
| | | 43,08 | 0,83 | 51,06 | 0,51 |  |
| | | 51,36 | 0,50 | | | |
| 2 |  | 86,16 | 18,27 | 84,16 | 18,35 | Sable argileux intercalé de blocs |
| | | 75,16 | 12,35 | 73,16 | 12,43 | |
| | | 64,16 | 6,43 | 63,66 | 6,45 |  |
| | | 62,16 | 6,51 | 53,16 | 0,51 | |
| | | 52,86 | 0,50 | 52,36 | 0,00 | |
| | | 51,86 | 0,00 | 51,36 | 0,50 | |
| | | 51,06 | 0,51 | 43,08 | 0,83 | |
| | | 34,80 | 0,50 | 34,30 | 0,00 | |
| | | 33,80 | 0,00 | 33,30 | 0,50 | |
| | | 33,00 | 0,51 | 24,00 | 6,51 | |
| | | 22,00 | 6,43 | 13,00 | 12,43 | |
| | | 11,00 | 12,35 | 2,00 | 18,35 | |
| | | 0,00 | 18,27 | 0,00 | -5,00 | |
| | | 90,45 | -5,00 | 90,45 | 21,14 | |

### Surcharge

| No. | Surcharge | | Type | Type of action | Location | Origin | Length | Width | Slope | Magnitude | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | new | change | | | z [m] | x [m] | l [m] | b [m] | α [°] | q, $q_1$, f, F | $q_2$ | unit |
| 1 | No | No | strip | permanent | on terrain | x = 35,00 | l = 16,00 | | 0,00 | 15,00 | | kN/m² |

### Surcharges

| No. | Name |
|---|---|
| 1 | Charge ferroviaire |

### Water

Water type : No water

### Tensile crack

Tensile crack not input.

### Earthquake

Horizontal seismic coefficient : $K_h$ = 0,1250
Vertical seismic coefficient : $K_v$ = 0,0625

### Settings of the stage of construction

Design situation : seismic

## Results (Stage of construction 2)

### Analysis 1 (stage 2)

**Circular slip surface**

| Slip surface parameters | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Center : | x = | 55,42 | [m] | Angles : | $\alpha_1$ = | -4,48 | [°] |
| | z = | 39,15 | [m] | | $\alpha_2$ = | 62,48 | [°] |
| Radius : | R = | 39,27 | [m] | | | | |
| The slip surface after optimization. | | | | | | | |

**Slope stability verification (Bishop)**

Sum of active forces : $F_a$ = 1785,75 kN/m
Sum of passive forces : $F_p$ = 2685,07 kN/m

Sliding moment : $M_a$ = 70126,38 kNm/m
Resisting moment : $M_p$ = 105442,53 kNm/m

Factor of safety = 1,50 > 1,00
**Slope stability ACCEPTABLE**

## PK 36+ 600

# Slope stability analysis

## Input data

### Project

Date : 15/06/2026

### Settings

Standard - safety factors

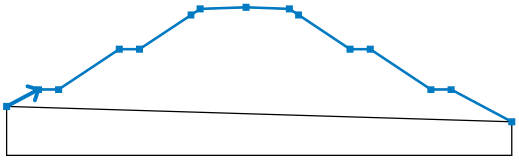
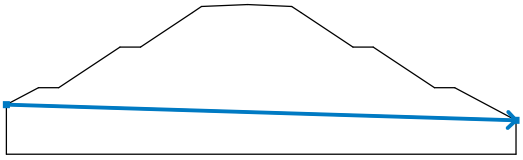
### Stability analysis

Earthquake analysis : Standard
Verification methodology : Safety factors (ASD)

| Safety factors | | | |
|---|---|---|---|
| **Permanent design situation** | | | |
| Safety factor : | $SF_s$ = | 1,50 | [–] |

| Safety factors | | | |
|---|---|---|---|
| **Seismic design situation** | | | |
| Safety factor : | $SF_s$ = | 1,00 | [–] |

### Interface

| No. | Interface location | Coordinates of interface points [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 0,00 | 2,28 | 4,72 | 4,79 | 7,72 | 4,79 |
| | | 16,72 | 10,79 | 19,72 | 10,79 | 27,37 | 15,89 |
| | | 28,72 | 16,79 | 35,52 | 17,05 | 41,97 | 16,79 |
| | | 43,32 | 15,89 | 50,97 | 10,79 | 53,97 | 10,79 |
| | | 62,97 | 4,79 | 65,97 | 4,79 | 74,97 | 0,00 |
| 2 |  | 0,00 | 2,28 | 74,97 | 0,00 | | |

## Soil parameters - effective stress state

| No. | Name | Pattern | $\varphi_{ef}$ [°] | $c_{ef}$ [kPa] | $\gamma$ [kN/m³] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PLATEFORME | | 35,00 | 15,00 | 20,00 |
| 2 | REMBLAI TECHNIQUE | | 35,00 | 5,00 | 20,00 |
| 3 | Sable argileux intercalés de blocs | | 24,00 | 5,00 | 19,80 |

## Soil parameters - uplift

| No. | Name | Pattern | $\gamma_{sat}$ [kN/m³] | $\gamma_s$ [kN/m³] | n [–] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PLATEFORME | | 20,00 | | |
| 2 | REMBLAI TECHNIQUE | | 20,00 | | |
| 3 | Sable argileux intercalés de blocs | | 19,80 | | |

## Soil parameters

**PLATEFORME**

Unit weight : $\gamma$ = 20,00 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 35,00 °
Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 15,00 kPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 20,00 kN/m³

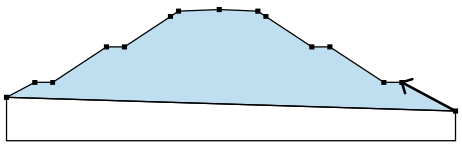
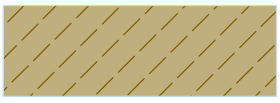
**REMBLAI TECHNIQUE**

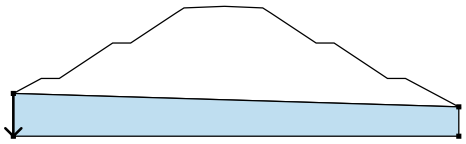
Unit weight : $\gamma$ = 20,00 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 35,00 °
Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 5,00 kPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 20,00 kN/m³

**Sable argileux intercalés de blocs**

Unit weight : $\gamma$ = 19,80 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 24,00 °
Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 5,00 kPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 19,80 kN/m³

## Assigning and surfaces

| No. | Surface position | Coordinates of surface points [m] | | | | Assigned soil |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 |  | 74,97 | 0,00 | 65,97 | 4,79 | REMBLAI TECHNIQUE |
| | | 62,97 | 4,79 | 53,97 | 10,79 | |
| | | 50,97 | 10,79 | 43,32 | 15,89 |  |
| | | 41,97 | 16,79 | 35,52 | 17,05 | |
| | | 28,72 | 16,79 | 27,37 | 15,89 | |
| | | 19,72 | 10,79 | 16,72 | 10,79 | |
| | | 7,72 | 4,79 | 4,72 | 4,79 | |
| | | 0,00 | 2,28 | | | |

| No. | Surface position | Coordinates of surface points [m] | | | | Assigned soil |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 2 |  | 0,00 | 2,28 | 0,00 | -5,00 | Sable argileux intercalés de blocs |
| | | 74,97 | -5,00 | 74,97 | 0,00 |  |

## Surcharge

| No. | Type | Type of action | Location z [m] | Origin x [m] | Length l [m] | Width b [m] | Slope α [°] | Magnitude q, $q_1$, f, F | Magnitude $q_2$ | Magnitude unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | strip | permanent | on terrain | x = 29,00 | l = 13,00 | | 0,00 | 15,00 | | kN/m$^2$ |

## Surcharges

| No. | Name |
|---|---|
| 1 | Surcharge ferroviaire |

## Water

Water type : No water

## Tensile crack

Tensile crack not input.

## Earthquake

Earthquake not included.

## Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

# Results (Stage of construction 1)

## Analysis 1 (stage 1)

**Circular slip surface**

| Slip surface parameters | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Center : | x = | 68,70 | [m] | Angles : | $\alpha_1$ = | -45,82 | [°] |
| | z = | 45,66 | [m] | | $\alpha_2$ = | -8,01 | [°] |
| Radius : | R = | 41,26 | [m] | | | | |
| The slip surface after optimization. | | | | | | | |

**Slope stability verification (Bishop)**

Sum of active forces : $F_a$ = 519,97 kN/m

Sum of passive forces : $F_p$ = 872,46 kN/m

Sliding moment : $M_a$ = 21453,90 kNm/m

Resisting moment : $M_p$ = 35997,56 kNm/m

Factor of safety = 1,68 > 1,50

**Slope stability ACCEPTABLE**

## PK37+775

### Slope stability analysis

### Input data

### Project

Date : 15/06/2026

### Settings

Standard - safety factors

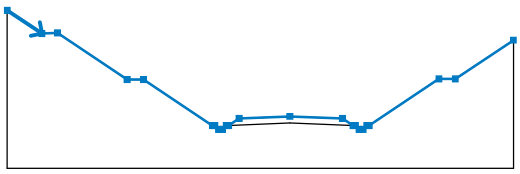
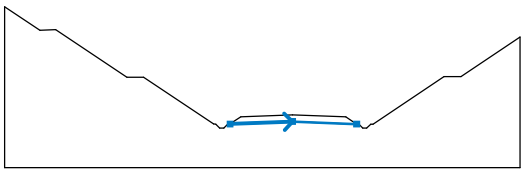
### Stability analysis

Earthquake analysis : Standard
Verification methodology : Safety factors (ASD)

| Safety factors | | | |
|---|---|---|---|
| **Permanent design situation** | | | |
| Safety factor : | $SF_s$ = | 1,50 | [–] |

| Safety factors | | | |
|---|---|---|---|
| **Seismic design situation** | | | |
| Safety factor : | $SF_s$ = | 1,00 | [–] |

### Interface

| No. | Interface location | Coordinates of interface points [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 0,00 | 15,35 | 4,48 | 12,36 | 6,48 | 12,44 |
| | | 15,48 | 6,44 | 17,60 | 6,44 | 26,48 | 0,52 |
| | | 26,78 | 0,51 | 27,28 | 0,01 | 27,78 | 0,01 |
| | | 28,28 | 0,51 | 28,58 | 0,52 | 29,94 | 1,43 |
| | | 36,49 | 1,69 | 43,27 | 1,42 | 44,63 | 0,51 |
| | | 44,93 | 0,50 | 45,43 | 0,00 | 45,92 | 0,00 |
| | | 46,43 | 0,50 | 46,73 | 0,51 | 55,73 | 6,51 |
| | | 57,85 | 6,51 | 65,35 | 11,51 | | |
| 2 |  | 28,58 | 0,52 | 36,49 | 0,84 | 44,63 | 0,51 |

## Soil parameters - effective stress state

| No. | Name | Pattern | $\varphi_{ef}$ [°] | $c_{ef}$ [kPa] | $\gamma$ [kN/m³] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PLATEFORME | | 35,00 | 15,00 | 20,00 |
| 2 | Sable argileux | | 30,90 | 20,00 | 19,80 |

## Soil parameters - uplift

| No. | Name | Pattern | $\gamma_{sat}$ [kN/m³] | $\gamma_s$ [kN/m³] | n [–] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PLATEFORME | | 20,00 | | |
| 2 | Sable argileux | | 19,80 | | |

## Soil parameters

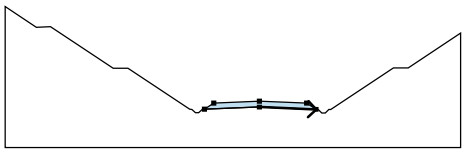
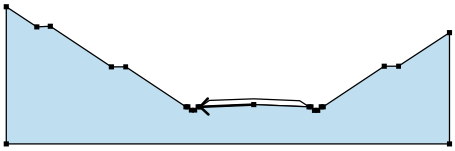
**PLATEFORME**

Unit weight : $\gamma$ = 20,00 kN/m³

Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 35,00 °
Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 15,00 kPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 20,00 kN/m³

**Sable argileux**
Unit weight : $\gamma$ = 19,80 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 30,90 °
Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 20,00 kPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 19,80 kN/m³

## Assigning and surfaces

| No. | Surface position | Coordinates of surface points [m] | | | | Assigned soil |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 |  | 36,49 | 0,84 | 44,63 | 0,51 | PLATEFORME |
| | | 43,27 | 1,42 | 36,49 | 1,69 | |
| | | 29,94 | 1,43 | 28,58 | 0,52 |  |
| 2 |  | 36,49 | 0,84 | 28,58 | 0,52 | Sable argileux |
| | | 28,28 | 0,51 | 27,78 | 0,01 | |
| | | 27,28 | 0,01 | 26,78 | 0,51 |  |
| | | 26,48 | 0,52 | 17,60 | 6,44 | |
| | | 15,48 | 6,44 | 6,48 | 12,44 | |
| | | 4,48 | 12,36 | 0,00 | 15,35 | |
| | | 0,00 | -5,00 | 65,35 | -5,00 | |
| | | 65,35 | 11,51 | 57,85 | 6,51 | |
| | | 55,73 | 6,51 | 46,73 | 0,51 | |
| | | 46,43 | 0,50 | 45,92 | 0,00 | |
| | | 45,43 | 0,00 | 44,93 | 0,50 | |
| | | 44,63 | 0,51 | | | |

## Surcharge

| No. | Type | Type of action | Location z [m] | Origin x [m] | Length l [m] | Width b [m] | Slope α [°] | Magnitude q, $q_1$, f, F | $q_2$ | unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | strip | permanent | on terrain | x = 29,00 | l = 15,00 | | 0,00 | 30,00 | | kN/m$^2$ |

## Surcharges

| No. | Name |
|---|---|
| 1 | Surcharge ferroviaire |

## Water

Water type : No water

## Tensile crack

Tensile crack not input.

## Earthquake

Earthquake not included.

## Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

## Results (Stage of construction 1)

## Analysis 1 (stage 1)

**Circular slip surface**

| Slip surface parameters | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Center : | x = | 25,13 | [m] | Angles : | $\alpha_1$ = | -63,03 | [°] |
| | z = | 27,91 | [m] | | $\alpha_2$ = | 4,40 | [°] |
| Radius : | R = | 27,98 | [m] | | | | |
| The slip surface after optimization. | | | | | | | |

**Slope stability verification (Bishop)**

Sum of active forces : $F_a$ = 898,89 kN/m

Sum of passive forces : $F_p$ = 1831,51 kN/m

Sliding moment : $M_a$ = 25150,88 kNm/m

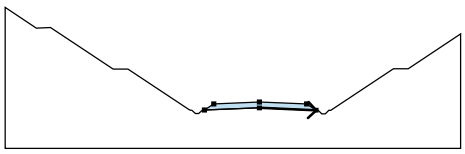
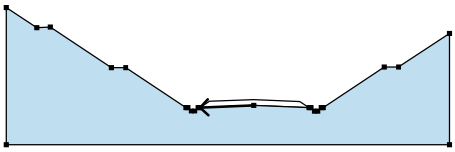
Resisting moment : $M_p$ = 51245,76 kNm/m

Factor of safety = 2,04 > 1,50

**Slope stability ACCEPTABLE**

## Input data (Stage of construction 2)

### Assigning and surfaces

| No. | Surface position | Coordinates of surface points [m] | | | | Assigned soil |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 |  | 36,49 | 0,84 | 44,63 | 0,51 | PLATEFORME |
| | | 43,27 | 1,42 | 36,49 | 1,69 | |
| | | 29,94 | 1,43 | 28,58 | 0,52 |  |
| 2 |  | 36,49 | 0,84 | 28,58 | 0,52 | Sable argileux |
| | | 28,28 | 0,51 | 27,78 | 0,01 | |
| | | 27,28 | 0,01 | 26,78 | 0,51 |  |
| | | 26,48 | 0,52 | 17,60 | 6,44 | |
| | | 15,48 | 6,44 | 6,48 | 12,44 | |
| | | 4,48 | 12,36 | 0,00 | 15,35 | |
| | | 0,00 | -5,00 | 65,35 | -5,00 | |
| | | 65,35 | 11,51 | 57,85 | 6,51 | |
| | | 55,73 | 6,51 | 46,73 | 0,51 | |
| | | 46,43 | 0,50 | 45,92 | 0,00 | |
| | | 45,43 | 0,00 | 44,93 | 0,50 | |
| | | 44,63 | 0,51 | | | |

### Surcharge

| No. | Surcharge new | Surcharge change | Type | Type of action | Location z [m] | Origin x [m] | Length l [m] | Width b [m] | Slope α [°] | Magnitude q, $q_1$, f, F | Magnitude $q_2$ | Magnitude unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | No | No | strip | permanent | on terrain | x = 29,00 | l = 15,00 | | 0,00 | 30,00 | | kN/m² |

### Surcharges

| No. | Name |
|---|---|
| 1 | Surcharge ferroviaire |

### Water

Water type : No water

### Tensile crack

Tensile crack not input.

### Earthquake

Horizontal seismic coefficient : $K_h$ = 0,1250
Vertical seismic coefficient : $K_v$ = 0,0625

### Settings of the stage of construction

Design situation : seismic

### Results (Stage of construction 2)

### Analysis 1 (stage 2)

**Circular slip surface**

| Slip surface parameters | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Center : | x = | 24,63 | [m] | Angles : | $\alpha_1$ = | -64,24 | [°] |
| | z = | 27,00 | [m] | | $\alpha_2$ = | 5,61 | [°] |
| Radius : | R = | 27,12 | [m] | | | | |
| The slip surface after optimization. | | | | | | | |

**Slope stability verification (Bishop)**

Sum of active forces : $F_a$ = 1078,41 kN/m
Sum of passive forces : $F_p$ = 1738,40 kN/m

Sliding moment : $M_a$ = 29246,59 kNm/m
Resisting moment : $M_p$ = 47145,30 kNm/m

Factor of safety = 1,61 > 1,00
**Slope stability ACCEPTABLE**

## PK41+875

### Slope stability analysis

### Input data

### Project

Date : 15/06/2026

### Settings

Standard - safety factors

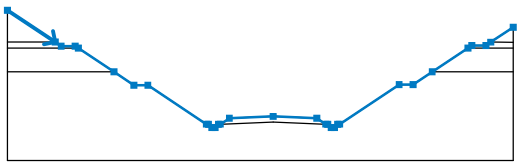
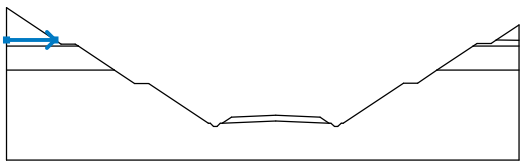
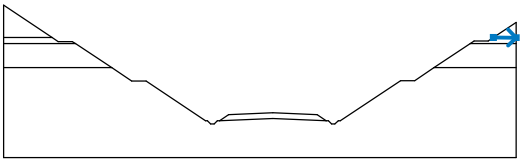
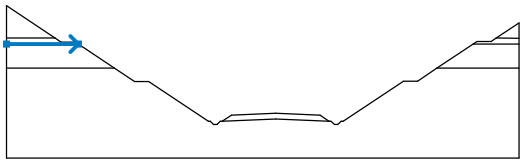
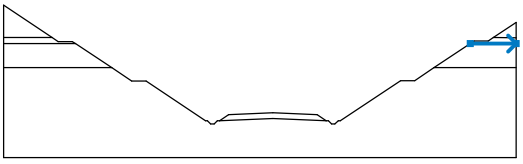
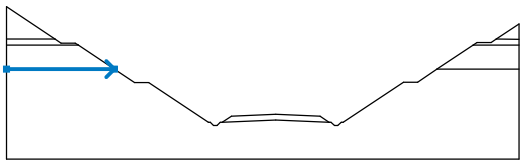
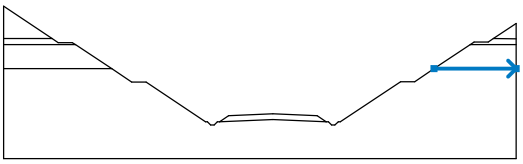
### Stability analysis

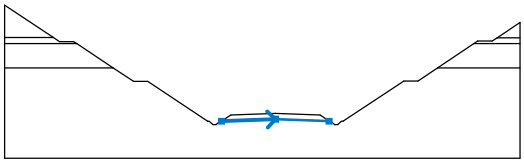
Earthquake analysis : Standard
Verification methodology : Safety factors (ASD)

| Safety factors | | | |
|---|---|---|---|
| **Permanent design situation** | | | |
| Safety factor : | $SF_s$ = | 1,50 | [–] |

| Safety factors | | | |
|---|---|---|---|
| **Seismic design situation** | | | |
| Safety factor : | $SF_s$ = | 1,00 | [–] |

### Interface

| No. | Interface location | Coordinates of interface points [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 0,00 | 17,79 | 7,25 | 12,96 | 8,15 | 12,35 |
| | | 10,27 | 12,35 | 10,74 | 12,05 | 16,14 | 8,45 |
| | | 19,15 | 6,43 | 21,27 | 6,43 | 30,15 | 0,51 |
| | | 30,45 | 0,50 | 30,95 | 0,00 | 31,45 | 0,00 |
| | | 31,95 | 0,50 | 32,25 | 0,51 | 33,61 | 1,42 |
| | | 40,24 | 1,68 | 46,86 | 1,42 | 48,21 | 0,51 |
| | | 48,51 | 0,50 | 49,01 | 0,00 | 49,51 | 0,00 |
| | | 50,01 | 0,50 | 50,31 | 0,51 | 59,31 | 6,51 |
| | | 61,43 | 6,51 | 64,31 | 8,44 | 69,73 | 12,05 |
| | | 70,31 | 12,43 | 72,43 | 12,43 | 73,19 | 12,95 |
| | | 76,59 | 15,21 | | | | |
| 2 |  | 0,00 | 12,97 | 7,25 | 12,96 | | |
| 3 |  | 73,19 | 12,95 | 76,59 | 12,94 | | |
| 4 |  | 0,00 | 12,06 | 10,74 | 12,05 | | |
| 5 |  | 69,73 | 12,05 | 76,59 | 12,05 | | |
| 6 |  | 0,00 | 8,44 | 16,14 | 8,45 | | |
| 7 |  | 64,31 | 8,44 | 76,59 | 8,45 | | |

| No. | Interface location | Coordinates of interface points [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 8 |  | 32,25 | 0,51 | 40,24 | 0,83 | 48,21 | 0,51 |

## Soil parameters - effective stress state

| No. | Name | Pattern | $\varphi_{ef}$ [°] | $c_{ef}$ [kPa] | $\gamma$ [kN/m³] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PLATEFORME | | 35,00 | 15,00 | 20,00 |
| 2 | Sable argileux | | 30,90 | 20,00 | 19,80 |
| 3 | Argile tufacée | | 32,00 | 31,53 | 19,60 |
| 4 | Sable graveleux | | 26,43 | 37,00 | 20,10 |

## Soil parameters - uplift

| No. | Name | Pattern | $\gamma_{sat}$ [kN/m³] | $\gamma_s$ [kN/m³] | n [–] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PLATEFORME | | 20,00 | | |
| 2 | Sable argileux | | 19,80 | | |
| 3 | Argile tufacée | | 19,60 | | |
| 4 | Sable graveleux | | 20,10 | | |

## Soil parameters

**PLATEFORME**

Unit weight : $\gamma$ = 20,00 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 35,00 °
Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 15,00 kPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 20,00 kN/m³

**Sable argileux**

Unit weight : $\gamma$ = 19,80 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 30,90 °
Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 20,00 kPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 19,80 kN/m³

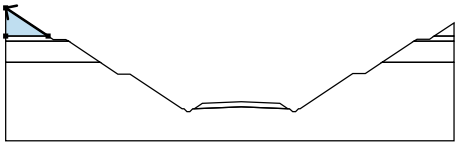
**Argile tufacée**

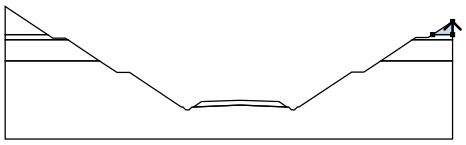
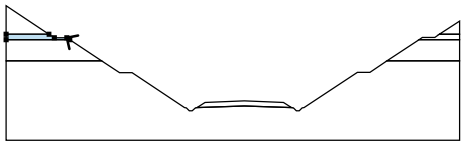
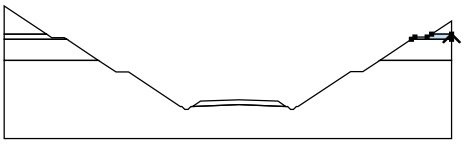
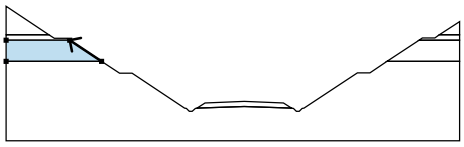
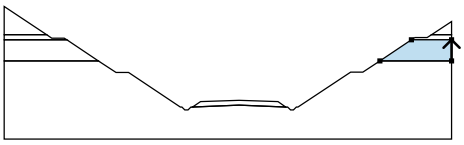
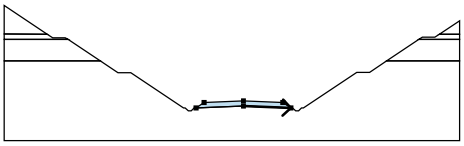
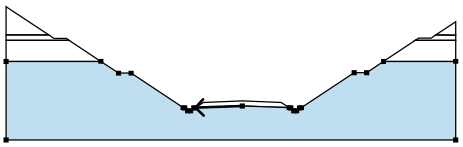
Unit weight : $\gamma$ = 19,60 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 32,00 °
Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 31,53 kPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 19,60 kN/m³

**Sable graveleux**

Unit weight : $\gamma$ = 20,10 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 26,43 °
Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 37,00 kPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 20,10 kN/m³

## Assigning and surfaces

| No. | Surface position | Coordinates of surface points [m] | | | | Assigned soil |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 |  | 7,25 | 12,96 | 0,00 | 17,79 | Sable argileux |
| | | 0,00 | 12,97 | | |  |

| No. | Surface position | Coordinates of surface points [m] | | | | Assigned soil |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 2 |  | 76,59 | 12,94 | 76,59 | 15,21 | Sable argileux |
| | | 73,19 | 12,95 | | | |
| 3 |  | 10,74 | 12,05 | 10,27 | 12,35 | Argile tufacée |
| | | 8,15 | 12,35 | 7,25 | 12,96 | |
| | | 0,00 | 12,97 | 0,00 | 12,06 | |
| 4 |  | 76,59 | 12,05 | 76,59 | 12,94 | Argile tufacée |
| | | 73,19 | 12,95 | 72,43 | 12,43 | |
| | | 70,31 | 12,43 | 69,73 | 12,05 | |
| 5 |  | 16,14 | 8,45 | 10,74 | 12,05 | Sable graveleux |
| | | 0,00 | 12,06 | 0,00 | 8,44 | |
| 6 |  | 76,59 | 8,45 | 76,59 | 12,05 | Sable graveleux |
| | | 69,73 | 12,05 | 64,31 | 8,44 | |
| 7 |  | 40,24 | 0,83 | 48,21 | 0,51 | PLATEFORME |
| | | 46,86 | 1,42 | 40,24 | 1,68 | |
| | | 33,61 | 1,42 | 32,25 | 0,51 | |
| 8 |  | 40,24 | 0,83 | 32,25 | 0,51 | Argile tufacée |
| | | 31,95 | 0,50 | 31,45 | 0,00 | |
| | | 30,95 | 0,00 | 30,45 | 0,50 | |
| | | 30,15 | 0,51 | 21,27 | 6,43 | |
| | | 19,15 | 6,43 | 16,14 | 8,45 | |
| | | 0,00 | 8,44 | 0,00 | -5,00 | |
| | | 76,59 | -5,00 | 76,59 | 8,45 | |
| | | 64,31 | 8,44 | 61,43 | 6,51 | |
| | | 59,31 | 6,51 | 50,31 | 0,51 | |

| No. | Surface position | Coordinates of surface points [m] | | | | Assigned |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | soil |
| | | 50,01 | 0,50 | 49,51 | 0,00 | |
| | | 49,01 | 0,00 | 48,51 | 0,50 | |
| | | 48,21 | 0,51 | | | |

## Surcharge

| No. | Type | Type of action | Location z [m] | Origin x [m] | Length l [m] | Width b [m] | Slope α [°] | Magnitude q, $q_1$, f, F | $q_2$ | unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | strip | permanent | on terrain | x = 33,00 | l = 15,00 | | 0,00 | 30,00 | | kN/m² |

## Surcharges

| No. | Name |
|---|---|
| 1 | Surcharge ferroviaire |

## Water

Water type : No water

## Tensile crack

Tensile crack not input.

## Earthquake

Earthquake not included.

## Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

## Results (Stage of construction 1)

## Analysis 1 (stage 1)

**Circular slip surface**

| Slip surface parameters | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Center : | x = | 27,38 | [m] | Angles : | $\alpha_1$ = | -66,67 | [°] |
| | z = | 29,39 | [m] | | $\alpha_2$ = | 6,99 | [°] |
| Radius : | R = | 29,61 | [m] | | | | |
| The slip surface after optimization. | | | | | | | |

**Slope stability verification (Bishop)**

Sum of active forces : $F_a$ = 1205,12 kN/m

Sum of passive forces : $F_p$ = 2806,83 kN/m

Sliding moment : $M_a$ = 35683,55 kNm/m

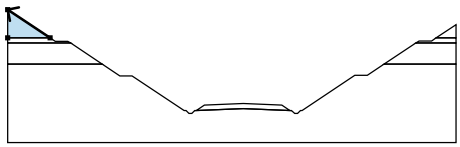
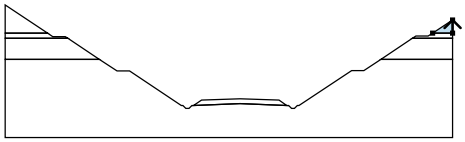
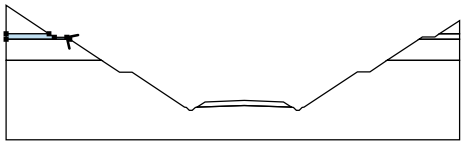
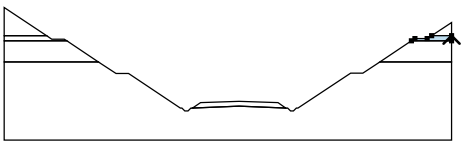
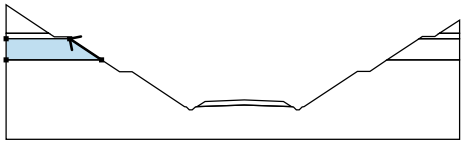
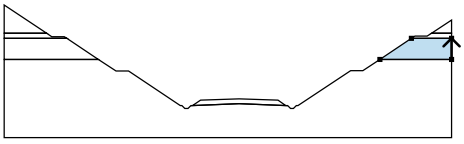
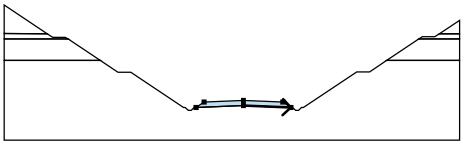
Resisting moment : $M_p$ = 83110,09 kNm/m

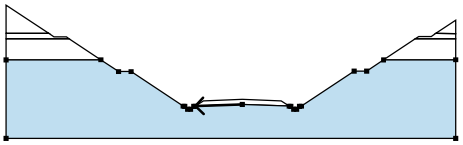
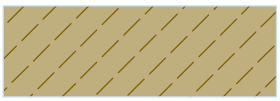
Factor of safety = 2,33 > 1,50

**Slope stability ACCEPTABLE**

## Input data (Stage of construction 2)

### Assigning and surfaces

| No. | Surface position | Coordinates of surface points [m] | | | | Assigned soil |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 |  | 7,25 | 12,96 | 0,00 | 17,79 | Sable argileux |
| | | 0,00 | 12,97 | | | |
| 2 |  | 76,59 | 12,94 | 76,59 | 15,21 | Sable argileux |
| | | 73,19 | 12,95 | | | |
| 3 |  | 10,74 | 12,05 | 10,27 | 12,35 | Argile tufacée |
| | | 8,15 | 12,35 | 7,25 | 12,96 | |
| | | 0,00 | 12,97 | 0,00 | 12,06 | |
| 4 |  | 76,59 | 12,05 | 76,59 | 12,94 | Argile tufacée |
| | | 73,19 | 12,95 | 72,43 | 12,43 | |
| | | 70,31 | 12,43 | 69,73 | 12,05 | |
| 5 |  | 16,14 | 8,45 | 10,74 | 12,05 | Sable graveleux |
| | | 0,00 | 12,06 | 0,00 | 8,44 | |
| 6 |  | 76,59 | 8,45 | 76,59 | 12,05 | Sable graveleux |
| | | 69,73 | 12,05 | 64,31 | 8,44 | |
| 7 |  | 40,24 | 0,83 | 48,21 | 0,51 | PLATEFORME |
| | | 46,86 | 1,42 | 40,24 | 1,68 | |
| | | 33,61 | 1,42 | 32,25 | 0,51 | |

| No. | Surface position | Coordinates of surface points [m] | | | | Assigned soil |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 8 |  | 40,24 | 0,83 | 32,25 | 0,51 | Argile tufacée  |
| | | 31,95 | 0,50 | 31,45 | 0,00 | |
| | | 30,95 | 0,00 | 30,45 | 0,50 | |
| | | 30,15 | 0,51 | 21,27 | 6,43 | |
| | | 19,15 | 6,43 | 16,14 | 8,45 | |
| | | 0,00 | 8,44 | 0,00 | -5,00 | |
| | | 76,59 | -5,00 | 76,59 | 8,45 | |
| | | 64,31 | 8,44 | 61,43 | 6,51 | |
| | | 59,31 | 6,51 | 50,31 | 0,51 | |
| | | 50,01 | 0,50 | 49,51 | 0,00 | |
| | | 49,01 | 0,00 | 48,51 | 0,50 | |
| | | 48,21 | 0,51 | | | |

## Surcharge

| No. | Surcharge | | Type | Type of action | Location | Origin | Length | Width | Slope | Magnitude | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | new | change | | | z [m] | x [m] | l [m] | b [m] | α [°] | $q, q_1, f, F$ | $q_2$ | unit |
| 1 | No | No | strip | permanent | on terrain | x = 33,00 | l = 15,00 | | 0,00 | 30,00 | | kN/m² |

## Surcharges

| No. | Name |
|---|---|
| 1 | Surcharge ferroviaire |

## Water

Water type : No water

## Tensile crack

Tensile crack not input.

## Earthquake

Earthquake not included.

## Settings of the stage of construction

Design situation : seismic

## Results (Stage of construction 2)

### Analysis 1 (stage 2)

**Circular slip surface**

| Slip surface parameters | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Center : | x = | 27,38 | [m] | Angles : | $\alpha_1$ = | -66,67 | [°] |
| | z = | 29,39 | [m] | | $\alpha_2$ = | 6,99 | [°] |
| Radius : | R = | 29,61 | [m] | | | | |
| The slip surface after optimization. | | | | | | | |

**Slope stability verification (Bishop)**

Sum of active forces : $F_a$ = 1205,12 kN/m

Sum of passive forces : $F_p$ = 2806,83 kN/m

Sliding moment : $M_a$ = 35683,55 kNm/m

Resisting moment : $M_p$ = 83110,09 kNm/m

Factor of safety = 2,33 > 1,00

**Slope stability ACCEPTABLE**

**PK45+000**

## Slope stability analysis

### Input data

### Project

Date : 15/06/2026

### Settings

Standard - safety factors

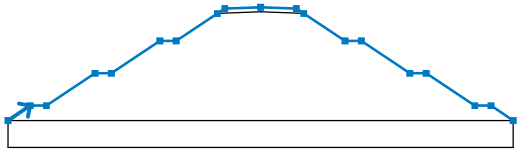
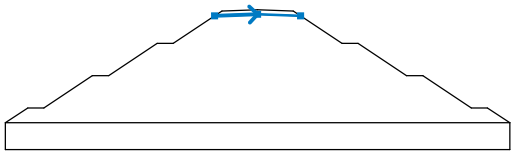
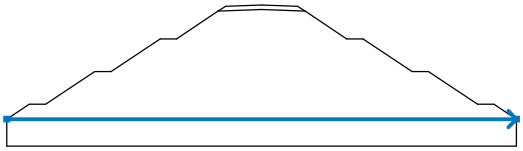
### Stability analysis

Earthquake analysis : Standard
Verification methodology : Safety factors (ASD)

| Safety factors | | | |
|---|---|---|---|
| **Permanent design situation** | | | |
| Safety factor : | $SF_s$ = | 1,50 | [–] |

| Safety factors | | | |
|---|---|---|---|
| **Seismic design situation** | | | |
| Safety factor : | $SF_s$ = | 1,00 | [–] |

### Interface

| No. | Interface location | Coordinates of interface points [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 0,00 | 0,00 | 4,12 | 2,75 | 7,12 | 2,75 |
| | | 16,12 | 8,75 | 19,12 | 8,75 | 28,12 | 14,75 |
| | | 31,12 | 14,75 | 38,76 | 19,85 | 40,12 | 20,75 |
| | | 46,74 | 21,01 | 53,36 | 20,75 | 54,72 | 19,85 |
| | | 62,36 | 14,75 | 65,36 | 14,75 | 74,36 | 8,75 |
| | | 77,36 | 8,75 | 86,36 | 2,75 | 89,36 | 2,75 |
| | | 93,48 | 0,00 | | | | |
| 2 |  | 38,76 | 19,85 | 46,74 | 20,16 | 54,72 | 19,85 |
| 3 |  | 0,00 | 0,00 | 93,48 | 0,00 | | |

## Soil parameters - effective stress state

| No. | Name | Pattern | $\varphi_{ef}$ [°] | $c_{ef}$ [kPa] | $\gamma$ [kN/m³] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PLATEFORME | | 35,00 | 15,00 | 20,00 |
| 2 | Remblai technique | | 35,00 | 5,00 | 20,00 |
| 3 | Argile sableuse | | 23,00 | 10,00 | 20,10 |

## Soil parameters - uplift

| No. | Name | Pattern | $\gamma_{sat}$ [kN/m³] | $\gamma_s$ [kN/m³] | n [–] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PLATEFORME | | 20,00 | | |

| No. | Name | Pattern | $\gamma_{sat}$ [kN/m³] | $\gamma_s$ [kN/m³] | n [–] |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Remblai technique | | 20,00 | | |
| 3 | Argile sableuse | | 20,10 | | |

## Soil parameters

**PLATEFORME**

Unit weight : $\gamma$ = 20,00 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 35,00 °
Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 15,00 kPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 20,00 kN/m³

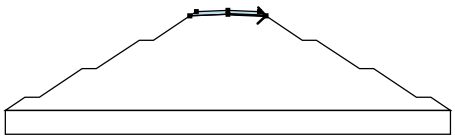
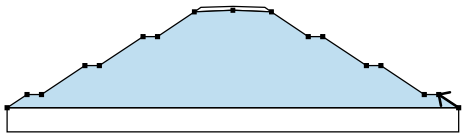
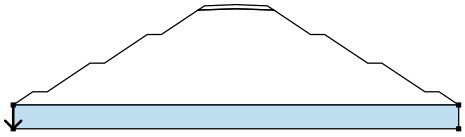
**Remblai technique**

Unit weight : $\gamma$ = 20,00 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 35,00 °
Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 5,00 kPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 20,00 kN/m³

**Argile sableuse**

Unit weight : $\gamma$ = 20,10 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef}$ = 23,00 °
Cohesion of soil : $c_{ef}$ = 10,00 kPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat}$ = 20,10 kN/m³

## Assigning and surfaces

| No. | Surface position | Coordinates of surface points [m] | | | | Assigned soil |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 |  | 46,74 | 20,16 | 54,72 | 19,85 | PLATEFORME |
| | | 53,36 | 20,75 | 46,74 | 21,01 | |
| | | 40,12 | 20,75 | 38,76 | 19,85 | |
| 2 |  | 93,48 | 0,00 | 89,36 | 2,75 | Remblai technique |
| | | 86,36 | 2,75 | 77,36 | 8,75 | |
| | | 74,36 | 8,75 | 65,36 | 14,75 | |
| | | 62,36 | 14,75 | 54,72 | 19,85 | |
| | | 46,74 | 20,16 | 38,76 | 19,85 | |
| | | 31,12 | 14,75 | 28,12 | 14,75 | |
| | | 19,12 | 8,75 | 16,12 | 8,75 | |
| | | 7,12 | 2,75 | 4,12 | 2,75 | |
| | | 0,00 | 0,00 | | | |
| 3 |  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -5,00 | Argile sableuse |
| | | 93,48 | -5,00 | 93,48 | 0,00 | |

## Surcharge

| No. | Type | Type of action | Location z [m] | Origin x [m] | Length l [m] | Width b [m] | Slope α [°] | Magnitude q, $q_1$, f, F | $q_2$ | unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | strip | permanent | on terrain | x = 39,90 | l = 14,00 | | 0,00 | 30,00 | | kN/m² |

## Surcharges

| No. | Name |
|---|---|
| 1 | Surcharge ferroviaire |

## Water

Water type : No water

## Tensile crack

Tensile crack not input.

### Earthquake

Earthquake not included.

### Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

### Results (Stage of construction 1)

### Analysis 1 (stage 1)

**Circular slip surface**

| Slip surface parameters | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Center : | x = | -3,57 | [m] | Angles : | $\alpha_1$ = | 9,02 | [°] |
| | z = | 70,25 | [m] | | $\alpha_2$ = | 43,75 | [°] |
| Radius : | R = | 68,33 | [m] | | | | |
| The slip surface after optimization. | | | | | | | |

**Slope stability verification (Bishop)**

Sum of active forces : $F_a$ = 1033,74 kN/m

Sum of passive forces : $F_p$ = 1713,80 kN/m

Sliding moment : $M_a$ = 70635,50 kNm/m

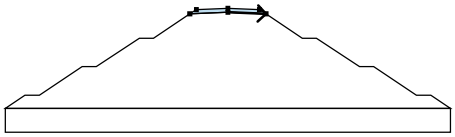
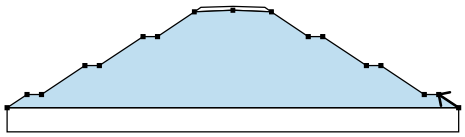
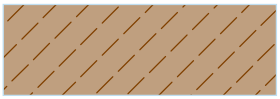
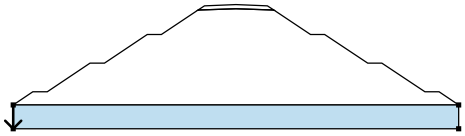
Resisting moment : $M_p$ = 117104,02 kNm/m

Factor of safety = 1,66 > 1,50

**Slope stability ACCEPTABLE**

## Input data (Stage of construction 2)

### Assigning and surfaces

| No. | Surface position | Coordinates of surface points [m] | | | | Assigned soil |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 |  | 46,74 | 20,16 | 54,72 | 19,85 | PLATEFORME |
| | | 53,36 | 20,75 | 46,74 | 21,01 | |
| | | 40,12 | 20,75 | 38,76 | 19,85 |  |
| 2 |  | 93,48 | 0,00 | 89,36 | 2,75 | Remblai technique |
| | | 86,36 | 2,75 | 77,36 | 8,75 | |
| | | 74,36 | 8,75 | 65,36 | 14,75 |  |
| | | 62,36 | 14,75 | 54,72 | 19,85 | |
| | | 46,74 | 20,16 | 38,76 | 19,85 | |
| | | 31,12 | 14,75 | 28,12 | 14,75 | |
| | | 19,12 | 8,75 | 16,12 | 8,75 | |
| | | 7,12 | 2,75 | 4,12 | 2,75 | |
| | | 0,00 | 0,00 | | | |
| 3 |  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -5,00 | Argile sableuse |
| | | 93,48 | -5,00 | 93,48 | 0,00 | |
| | | | | | |  |

### Surcharge

| No. | Surcharge new | Surcharge change | Type | Type of action | Location z [m] | Origin x [m] | Length l [m] | Width b [m] | Slope α [°] | Magnitude q, $q_1$, f, F | Magnitude $q_2$ | Magnitude unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | No | No | strip | permanent | on terrain | x = 39,90 | l = 14,00 | | 0,00 | 30,00 | | kN/m² |

### Surcharges

| No. | Name |
|---|---|
| 1 | Surcharge ferroviaire |

### Water

Water type : No water

### Tensile crack

Tensile crack not input.

### Earthquake

Horizontal seismic coefficient : $K_h$ = 0,1250
Vertical seismic coefficient : $K_v$ = 0,0625

### Settings of the stage of construction

Design situation : seismic

### Results (Stage of construction 2)

### Analysis 1 (stage 2)

**Circular slip surface**

| Slip surface parameters | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Center : | x = | -2,17 | [m] | Angles : | $\alpha_1$ = | 8,02 | [°] |
| | z = | 68,95 | [m] | | $\alpha_2$ = | 44,05 | [°] |
| Radius : | R = | 66,83 | [m] | | | | |
| The slip surface after optimization. | | | | | | | |

**Slope stability verification (Bishop)**

Sum of active forces : $F_a$ = 1327,28 kN/m
Sum of passive forces : $F_p$ = 1666,49 kN/m

Sliding moment : $M_a$ = 88702,44 kNm/m
Resisting moment : $M_p$ = 111371,66 kNm/m

Factor of safety = 1,26 > 1,00
**Slope stability ACCEPTABLE**