



# **Restauration du mur du Moulin des Malades et confortement des berges en rives droite et gauche du bief 61/62 du canal du Rhône au Rhin sur la commune de Ranchot (39)**

Mission de maîtrise d'oeuvre

## **RAPPORT DE PROJET**

Voies navigables de France



**Restauration du mur du Moulin des Malades et confortement des berges en rives droite et gauche du bief 61/62 du canal du Rhône au Rhin sur la commune de Ranchot (39)**  
Voies navigables de France  
**Rapport de phase Projet**

| VERSION                                                                                                 | DESCRIPTION      | ÉTABLI(E) PAR | APPROUVÉ(E) PAR | DATE       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|-----------------|------------|
| A                                                                                                       | Version initiale | KSI           | MML             | 06/08/2025 |
|                                                                                                         |                  |               |                 |            |
|                                                                                                         |                  |               |                 |            |
| ARTELIA – AGENCE BOURGOGNE FRANCHE-COMTE<br>21 Avenue Albert CAMUS – 21000 DIJON – TEL : 03 80 78 95 50 |                  |               |                 |            |

**ARTELIA - 16 Rue Simone Veil - 93400 SAINT-OUEN-SUR-SEINE**  
SAS au capital de 13 262 150 € - 444 523 526 RCS BOBIGNY  
SIRET 444 523 526 00804 – APE 7112B – N° TVA : FR 40 444 523 526  
[www.arteliagroup.com](http://www.arteliagroup.com)

# SOMMAIRE

|                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| <b>PRÉAMBULE .....</b>                                | <b>12</b> |
| <b>A. RAPPEL DU CONTEXTE .....</b>                    | <b>13</b> |
| <b>1. LOCALISATION GÉNÉRALE .....</b>                 | <b>14</b> |
| <b>2. DESCRIPTION DES OUVRAGES .....</b>              | <b>15</b> |
| 2.1. Mur du moulin des malades .....                  | 15        |
| 2.2. Berge en rive droite du bief 61/62 .....         | 17        |
| 2.3. Berge en amont rive gauche de l'écluse n°62..... | 18        |
| <b>3. ETAT GÉNÉRAL DES OUVRAGES .....</b>             | <b>20</b> |
| 3.1. Mur du moulin des Malades .....                  | 20        |
| 3.1.1. Parties émergées.....                          | 20        |
| 3.1.2. Parties immergées.....                         | 22        |
| 3.1.2.1. Parement du mur côté canal .....             | 22        |
| 3.1.2.2. Parement du mur côté Doubs .....             | 23        |
| 3.2. Berge en rive droite du bief 61/62 .....         | 24        |
| 3.2.1. Berge en section courante .....                | 24        |
| 3.2.2. Perrés maçonnés (hors ouvrage d'art) .....     | 25        |
| 3.2.3. Palplanches .....                              | 25        |
| 3.2.4. Enrochements .....                             | 26        |
| 3.2.5. Béton cyclopéen.....                           | 26        |
| 3.2.6. Ouvrage d'art .....                            | 27        |
| 3.2.7. Aqueducs .....                                 | 28        |
| 3.2.8. Zones immergées .....                          | 28        |
| 3.2.9. Equipements .....                              | 29        |
| 3.3. Berge en amont rive gauche du bief 61/62 .....   | 29        |
| <b>4. CONTEXTE HYDROLOGIQUE.....</b>                  | <b>30</b> |
| <b>5. CONTEXTE HYDRAULIQUE .....</b>                  | <b>32</b> |
| <b>6. CONTEXTE GÉOTECHNIQUE .....</b>                 | <b>33</b> |
| 6.1. Mur du moulin des Malades .....                  | 33        |

|          |                                                              |           |
|----------|--------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.2.     | Berge rive droite du bief 61/62.....                         | 33        |
| 6.3.     | Berge rive gauche du bief 61/62 .....                        | 33        |
| 7.       | <b>CONTEXTE ÉCOLOGIQUE .....</b>                             | <b>34</b> |
| 7.1.     | Mur du moulin des malades (zone 1).....                      | 34        |
| 7.1.1.   | Mammifères.....                                              | 34        |
| 7.1.2.   | Herpétofaune.....                                            | 34        |
| 7.2.     | Berges du Doubs et du canal (zone 2) .....                   | 35        |
| 7.2.1.   | Habitats et flore .....                                      | 35        |
| 7.2.2.   | Oiseaux .....                                                | 36        |
| 7.2.3.   | Mammifères.....                                              | 37        |
| 7.2.4.   | Herpétofaune.....                                            | 37        |
| 7.3.     | Zones à enjeux pour la réalisation des travaux .....         | 38        |
| 8.       | <b>AUTRES ENJEUX .....</b>                                   | <b>39</b> |
| B.       | <b>DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS.....</b>                     | <b>40</b> |
| 1.       | <b>OBJECTIFS ET PRINCIPE D'INTERVENTION .....</b>            | <b>41</b> |
| 2.       | <b>RESTAURATION DU MUR DU MOULIN DES MALADES .....</b>       | <b>42</b> |
| 2.1.     | Reconnaissance subaquatique préalable .....                  | 42        |
| 2.2.     | Mise en œuvre d'une longrine en pied de mur côté canal ..... | 42        |
| 2.2.1.   | Principe d'intervention.....                                 | 42        |
| 2.2.2.   | Dispositions techniques.....                                 | 43        |
| 2.2.2.1. | Préparation de l'assise.....                                 | 43        |
| 2.2.2.2. | Ancrage dans le mur existant .....                           | 43        |
| 2.2.2.3. | Coffrage de la longrine.....                                 | 44        |
| 2.2.2.4. | Bétonnage de la longrine .....                               | 45        |
| 2.3.     | Injection des fissures .....                                 | 46        |
| 2.3.1.   | Principe d'intervention.....                                 | 46        |
| 2.3.2.   | Dispositions techniques.....                                 | 46        |
| 2.4.     | Réfection de l'arase du mur.....                             | 47        |
| 2.4.1.   | Principe d'intervention.....                                 | 47        |
| 2.4.2.   | Dispositions techniques.....                                 | 49        |
| 2.4.2.1. | Enrobage.....                                                | 49        |



|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4.2.2. Ferrailage longitudinal minimal .....                                  | 49        |
| 2.4.2.3. Ferrailage transversal minimal .....                                   | 49        |
| 2.4.2.4. Barres d'ancrage.....                                                  | 50        |
| 2.4.2.5. Ancrage dans la maçonnerie .....                                       | 51        |
| 2.4.2.6. Préparation de la surface .....                                        | 51        |
| 2.4.2.7. Coffrage de l'arase.....                                               | 52        |
| 2.4.2.8. Prise en compte de la Renouée du Japon.....                            | 53        |
| 2.5. Confortement du déversoir de décharge .....                                | 53        |
| <b>3. RESTAURATION DE LA BERGE EN RIVE DROITE DU BIEF 61/62</b>                 | <b>54</b> |
| 3.1. Confortement de la berge par une protection en enrochements .....          | 54        |
| 3.1.1. Confortement en section courante .....                                   | 54        |
| 3.1.1.1. Principe d'intervention .....                                          | 54        |
| 3.1.1.2. Hypothèses de dimensionnement .....                                    | 55        |
| 3.1.1.3. Modalités d'exécution .....                                            | 56        |
| 3.1.2. Confortement spécifique au niveau de la jonction avec le perré (PM698) . | 59        |
| 3.2. Refection du perré maçonné de l'écluse 61 de Ranchot (PM0 à PM24) .....    | 60        |
| 3.2.1. Pathologies .....                                                        | 60        |
| 3.2.2. Programme de travaux .....                                               | 60        |
| 3.3. Reconstruction des quarts de cône de l'ouvrage d'art (PM386 à PM395).....  | 61        |
| 3.4. Reconstruction des quarts de cône de l'aqueduc (PM566).....                | 62        |
| 3.5. Restauration du béton cyclopéen (PM725 à PM740) .....                      | 62        |
| 3.6. Equipements connexes.....                                                  | 63        |
| 3.6.1. Garde-corps (PM644 à PM698) .....                                        | 63        |
| 3.6.2. Escalier d'accès au canal (PM226) .....                                  | 63        |
| <b>4. RESTAURATION DE LA BERGE EN RIVE GAUCHE DU BIEF 61/62</b>                 | <b>63</b> |
| <b>5. MODALITÉS D'ACCÈS AUX ZONES DE TRAVAUX .....</b>                          | <b>64</b> |
| <b>6. PLANNING PRÉVISIONNEL DE L'OPÉRATION .....</b>                            | <b>66</b> |

|           |                                                   |           |
|-----------|---------------------------------------------------|-----------|
| <b>7.</b> | <b>ESTIMATION FINANCIÈRE .....</b>                | <b>68</b> |
| <b>8.</b> | <b>INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES.....</b>        | <b>69</b> |
| <b>C.</b> | <b>DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET MODALITES</b>    |           |
|           | <b>D'EXECUTION.....</b>                           | <b>70</b> |
| <b>1.</b> | <b>DÉFINITION DES CONTRAINTES.....</b>            | <b>71</b> |
| 1.1.      | Contraintes hydrauliques .....                    | 71        |
| 1.1.1.    | Station de référence.....                         | 71        |
| 1.1.2.    | Contrôle des niveaux d'eau au droit du site ..... | 71        |
| 1.1.3.    | Travaux en rivière.....                           | 71        |
| 1.1.4.    | Rappels des débits de crue .....                  | 71        |
| 1.1.5.    | Gestion des eaux .....                            | 71        |
| 1.1.5.1.  | Travaux par voie terrestre.....                   | 71        |
| 1.1.5.2.  | Travaux par voie d'eau.....                       | 72        |
| 1.1.6.    | Isolement et mise à sec du chantier .....         | 72        |
| 1.1.7.    | Dispositif de contrôle du niveau d'eau .....      | 73        |
| 1.2.      | Contraintes de navigation .....                   | 74        |
| 1.2.1.    | Généralités.....                                  | 74        |
| 1.2.2.    | Spécificités du bief 61/62 .....                  | 75        |
| 1.3.      | Contraintes environnementales .....               | 77        |
| 1.3.1.    | Risques de pollution .....                        | 77        |
| 1.3.2.    | Nuisances sonores.....                            | 78        |
| 1.3.3.    | Mesure de protection des milieux naturels .....   | 78        |
| 1.3.4.    | Espèces végétales invasives .....                 | 79        |
| 1.3.5.    | Espèces protégées .....                           | 80        |
| 1.3.6.    | Gestion des déchets .....                         | 82        |
| 1.4.      | Contraintes des ouvrages existants .....          | 82        |
| 1.5.      | Contraintes d'accès au site .....                 | 83        |
| 1.5.1.    | Installation de chantier.....                     | 83        |
| 1.5.2.    | Livraison .....                                   | 83        |
| 1.5.3.    | Accès au chantier .....                           | 83        |
| 1.6.      | Contraintes réglementaires .....                  | 84        |

|           |                                                                |           |
|-----------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2.</b> | <b>DISPOSITIONS GÉNÉRALES .....</b>                            | <b>85</b> |
| 2.1.      | Plan d'assurance qualité et respect de l'environnement.....    | 85        |
| 2.2.      | Réseaux concessionnaires .....                                 | 85        |
| 2.3.      | Préparation du chantier .....                                  | 85        |
| 2.4.      | Etudes d'exécution .....                                       | 85        |
| 2.4.1.    | Opération à la charge du Maître d'Ouvrage .....                | 85        |
| 2.4.2.    | Opération à la charge de l'entreprise .....                    | 85        |
| 2.4.2.1.  | Opérations à exécuter pendant la période de préparation .....  | 85        |
| 2.4.2.2.  | Opérations à exécuter pendant le déroulement des travaux ..... | 86        |
| 2.4.2.3.  | Opérations à exécuter après le déroulement des travaux .....   | 87        |
| <b>3.</b> | <b>PROVENANCE, QUALITÉ ET MISE EN ŒUVRE DES MATÉRIAUX</b>      |           |
|           | <b>88</b>                                                      |           |
| 3.1.      | Prescriptions générales .....                                  | 88        |
| 3.1.1.    | Matériaux et produits normalisés .....                         | 88        |
| 3.1.2.    | Matériaux et produits non normalisés .....                     | 88        |
| 3.1.3.    | Lieu de stockage provisoire des matériaux.....                 | 88        |
| 3.1.4.    | Chargement – Transport – Stockage .....                        | 88        |
| 3.1.4.1.  | Chargement.....                                                | 88        |
| 3.1.4.2.  | Transport .....                                                | 89        |
| 3.1.4.3.  | Stockage.....                                                  | 89        |
| 3.1.5.    | Essais de contrôle des livraisons .....                        | 89        |
| 3.2.      | Terrassement .....                                             | 89        |
| 3.2.1.    | Généralités relatives aux terrassements .....                  | 89        |
| 3.2.1.1.  | Piquetage de l'occupation des sols et sous-sols .....          | 89        |
| 3.2.1.2.  | Etendue des travaux .....                                      | 89        |
| 3.2.1.3.  | Règlements et normes .....                                     | 90        |
| 3.2.1.4.  | Ouvrages et sujétions inclus dans les prix .....               | 90        |
| 3.2.2.    | Déblais .....                                                  | 90        |
| 3.2.2.1.  | Généralités.....                                               | 90        |
| 3.2.2.2.  | Reprofilage des berges.....                                    | 91        |
| 3.2.3.    | Remblais .....                                                 | 92        |
| 3.2.3.1.  | Généralités.....                                               | 92        |
| 3.2.3.2.  | Remblais d'apport de qualité .....                             | 93        |

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.3.3. Remblais d'apport 10/31.5 mm .....            | 93        |
| 3.2.3.4. Remblais d'apport 20/80 mm.....               | 93        |
| 3.2.3.5. Terre végétale d'apport .....                 | 93        |
| <b>3.3. Enrochements .....</b>                         | <b>94</b> |
| 3.3.1. Blocométrie .....                               | 94        |
| 3.3.1.1. Description .....                             | 94        |
| 3.3.1.2. Partie inférieure de la protection .....      | 94        |
| 3.3.1.3. Partie supérieure de la protection .....      | 94        |
| 3.3.2. Qualité .....                                   | 95        |
| 3.3.3. Morphologie : définition des tolérances.....    | 95        |
| 3.3.4. Mise en dépôt d'agrément .....                  | 95        |
| 3.3.5. Essais de contrôle des livraisons .....         | 95        |
| 3.3.6. Mise en œuvre .....                             | 96        |
| 3.3.6.1. Confortement de berge.....                    | 96        |
| 3.3.6.2. Confortement du déversoir .....               | 96        |
| <b>3.4. Béton et mortier.....</b>                      | <b>96</b> |
| 3.4.1. Utilisation .....                               | 97        |
| 3.4.2. Mise en œuvre des bétons.....                   | 97        |
| 3.4.3. Qualité du béton et du mortier .....            | 98        |
| 3.4.3.1. Béton pour longrine.....                      | 98        |
| 3.4.3.2. Béton de structure pour l'arase du mur .....  | 98        |
| 3.4.3.3. Béton de liaisonnement des enrochements ..... | 99        |
| 3.4.3.4. Mortier .....                                 | 100       |
| 3.4.4. Contrôle de la qualité des livraisons .....     | 100       |
| 3.4.5. Granulats .....                                 | 100       |
| 3.4.6. Adjuvants.....                                  | 101       |
| 3.4.7. Armatures pour béton armé .....                 | 101       |
| 3.4.7.1. Normes et règlements .....                    | 101       |
| 3.4.7.2. Qualité des aciers .....                      | 102       |
| 3.4.7.3. Enrobages .....                               | 102       |
| 3.4.8. Coffrages pour béton armé.....                  | 102       |
| 3.4.8.1. Normes et règlements .....                    | 102       |
| 3.4.8.2. Coffrages.....                                | 102       |
| 3.4.9. Coffrages pour béton en site immergé .....      | 102       |

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.4.10. Eléments préfabriqués .....                                               | 103        |
| <b>3.5. Coulis d'injection .....</b>                                              | <b>103</b> |
| 3.5.1. Nature des coulis.....                                                     | 103        |
| 3.5.2. Ciment .....                                                               | 103        |
| 3.5.3. Agent de dispersion.....                                                   | 104        |
| 3.5.4. Eau.....                                                                   | 104        |
| 3.5.5. Accélérateur de prise.....                                                 | 104        |
| 3.5.6. Tube à manchettes .....                                                    | 104        |
| <b>3.6. Pont d'adhérence .....</b>                                                | <b>105</b> |
| <b>3.7. Produit de scellement des barres d'ancrage .....</b>                      | <b>105</b> |
| <b>3.8. Mortier de rejointoiement .....</b>                                       | <b>105</b> |
| 3.8.1. Principes .....                                                            | 105        |
| 3.8.2. Ciments.....                                                               | 106        |
| 3.8.3. Sables .....                                                               | 106        |
| 3.8.4. Eau de gâchage.....                                                        | 106        |
| <b>3.9. Mortiers de ragréage.....</b>                                             | <b>106</b> |
| <b>3.10. Produits de cure .....</b>                                               | <b>106</b> |
| <b>3.11. Signalisation .....</b>                                                  | <b>106</b> |
| 3.11.1. Signalisation fluviale.....                                               | 106        |
| 3.11.2. Signalisation verticale.....                                              | 107        |
| 3.11.3. Signalisation temporaire et gestion de la déviation de l'Eurovéloroute .. | 107        |
| <b>3.12. Traitement de la végétation .....</b>                                    | <b>107</b> |
| 3.12.1. Généralités.....                                                          | 107        |
| 3.12.2. Débroussaillage et élagage .....                                          | 107        |
| 3.12.3. Abattage d'arbres.....                                                    | 108        |
| 3.12.4. Enherbement .....                                                         | 108        |
| 3.12.4.1. Généralités .....                                                       | 108        |
| 3.12.4.2. Prescriptions .....                                                     | 108        |
| 3.12.4.3. Mélange grainier pour surface à enherber .....                          | 109        |
| 3.12.4.4. Provenance des mélanges grainiers .....                                 | 109        |
| 3.12.4.5. Travaux après semis .....                                               | 110        |
| <b>3.12.5. Garantie et entretien de la végétation .....</b>                       | <b>110</b> |
| 3.12.5.1. Durée et nature de la garantie .....                                    | 110        |

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 3.12.5.2. Espèces exotiques envahissantes ..... | 110 |
|-------------------------------------------------|-----|

## ANNEXES .....112

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 1- Plans des aménagements projetés ..... | 112 |
| 2- Rapport géotechnique G2-PRO.....      | 112 |

## TABLEAUX

|                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tableau 1. Débits caractéristiques du Doubs au droit du mur du Moulin des Malades.....  | 30  |
| Tableau 2. Rappels des débits de crue du Doubs (en m3/s) .....                          | 71  |
| Tableau 4. Opérations à la charge du Maître d'ouvrage.....                              | 85  |
| Tableau 5. Opérations à exécuter pendant la période de préparation.....                 | 86  |
| Tableau 6. Opérations à exécuter pendant le déroulement des travaux.....                | 86  |
| Tableau 7. Opérations à exécuter à la fin des travaux.....                              | 87  |
| Tableau 8. Caractéristiques des bétons de structure pour la longrine .....              | 98  |
| Tableau 9. Caractéristiques des bétons de structure pour la poutre de couronnement..... | 99  |
| Tableau 10. Niveau de prévention de l'alcali-réaction .....                             | 99  |
| Tableau 11. Caractéristiques des bétons de liaisonnement.....                           | 99  |
| Tableau 12. Caractéristiques du mortier .....                                           | 100 |
| Tableau 13. Détail du mélange grainier pour l'ensemencement des talus ou berges .....   | 109 |

## FIGURES

|                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1. Localisation générale du mur du Moulin des Malades sur le bief 61/62 du CRR.....                                                                      | 14 |
| Figure 2. Présentation du secteur d'étude .....                                                                                                                 | 15 |
| Figure 3. Vue générale du moulin des Malades .....                                                                                                              | 16 |
| Figure 4. Coupe transversale type du mur du moulin des Malades (vue aval).....                                                                                  | 16 |
| Figure 5. Déversoir de décharge du mur du moulin des Malades .....                                                                                              | 17 |
| Figure 6. Section courante de la berge en rive droite du bief 61/62 (à gauche) et ouvrage d'art (à droite) .....                                                | 18 |
| Figure 7. Coupe transversale de la berge en rive droite du bief 61/62 .....                                                                                     | 18 |
| Figure 8. Morphologie de la berge en amont rive gauche de l'écluse n°62.....                                                                                    | 19 |
| Figure 9. Coupe transversale type de la berge rive gauche correspondant à la zone de quai en amont de l'écluse n°62.....                                        | 19 |
| Figure 10. Exemples de désordres de gravité 1 - Ecaillage (à gauche) et épaufrures/fracture (à droite) du béton de surface .....                                | 20 |
| Figure 11. Exemples de désordres de gravité 2 - Altération du béton et Infiltrations d'eau ponctuelles (à gauche) et fers apparents en surface (à droite) ..... | 21 |
| Figure 12. Exemples de désordres de gravité 3 - Eclatements prononcés du béton de surface avec surverse.....                                                    | 21 |
| Figure 13. Etat général du déversoir de décharge .....                                                                                                          | 22 |
| Figure 14. Coupe transversale de l'ouvrage au droit de l'abscisse 190.5 m caractérisée par un affouillement en pied de mur de profondeur 0.70 m .....           | 23 |
| Figure 15. Coupe transversale de l'ouvrage au droit de l'abscisse 220 m caractérisée par un renard hydraulique en pied de mur .....                             | 23 |
| Figure 16. Résurgence (à gauche) et affouillement (à droite) en pied de mur .....                                                                               | 24 |



|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 17. Coupe transversale de l'ouvrage au droit de l'abscisse 495.5 m caractérisée par une résurgence en pied de mur .....   | 24 |
| Figure 18. Pathologies affectant la berge en section courante .....                                                              | 25 |
| Figure 19. Etat général des perrés maçonnés .....                                                                                | 25 |
| Figure 20. Etat général du rideau de palplanches .....                                                                           | 26 |
| Figure 21. Etat général des enrochements de faibles dimensions (à gauche) et de grosses dimensions (à droite) .....              | 26 |
| Figure 22. Etat général du béton cyclopéen.....                                                                                  | 27 |
| Figure 23. Etat général de l'ouvrage d'art.....                                                                                  | 27 |
| Figure 24. Etat général des aqueducs au PM69 (à gauche) et au PM566 (à droite).....                                              | 28 |
| Figure 25. Etat général du garde-corps (PM644 au PM698) et de l'escalier d'accès au canal (PM226) .....                          | 29 |
| Figure 26. Coupes de principe de la berge (source : NAUTILIA) .....                                                              | 30 |
| Figure 27. Vue de principe de la constitution de la berge rive gauche (source : NAUTILIA) .....                                  | 30 |
| Figure 28. Courbe des débits classés du Doubs au droit du mur du Moulin des Malades.....                                         | 31 |
| Figure 29. Débits moyens mensuels du Doubs au droit du mur du Moulin des Malades .....                                           | 31 |
| Figure 30. Loi hauteur/débit estimée au droit du mur du Moulin des Malades.....                                                  | 32 |
| Figure 31. Localisation des zones à enjeux vis-à-vis de l'herpétofaune (source : DOLE ENVIRONNEMENT).....                        | 35 |
| Figure 32. Localisation des foyers d'espèces exotiques envahissantes (source : DOLE ENVIRONNEMENT).....                          | 36 |
| Figure 33. Localisation des arbres supports de dendromicrohabitats (source : DOLE ENVIRONNEMENT).....                            | 37 |
| Figure 34. Localisation des zones à enjeux majeurs de conservation pour la Couleuvre vipérine (source : DOLE ENVIRONNEMENT)..... | 38 |
| Figure 35. Localisation des zones à enjeux et zones inertes aux abords du site de travaux (source : DOLE ENVIRONNEMENT).....     | 39 |
| Figure 36. Coupe type de l'ancrage de la longrine en pied du mur .....                                                           | 43 |
| Figure 37. Acheminement du béton par la voie d'eau.....                                                                          | 45 |
| Figure 38. Bétonnage de la longrine depuis le chemin de halage .....                                                             | 46 |
| Figure 39. Coupe transversale de l'injection des fissures .....                                                                  | 47 |
| Figure 40. Coupe transversale de la réfection de l'arase du mur .....                                                            | 48 |
| Figure 41. Principe de ferrailage de la poutre de couronnement du mur .....                                                      | 51 |
| Figure 42. Reprise des murs en retour du déversoir de crue .....                                                                 | 54 |
| Figure 43. Coupe transversale du confortement de berge en section courante.....                                                  | 55 |
| Figure 44. Modalités de pose des blocs d'enrochements (source : Mission G2-PRO, GEOTEC 2025) .....                               | 58 |
| Figure 45. Exemple de protection de berge en enrochements tabulaires .....                                                       | 58 |
| Figure 46. Cavité actuelle au niveau de la jonction enrochements/perré maçonné (source : TMI, 2023).....                         | 59 |
| Figure 47. Accès en zone de travaux .....                                                                                        | 64 |
| Figure 48. Itinéraire de déviation de l'Eurovéloroute 6 .....                                                                    | 64 |
| Figure 49. Plateforme de stockage.....                                                                                           | 65 |
| Figure 50. Etat général du chemin de halage .....                                                                                | 65 |
| Figure 51. Accès vers le déversoir de décharge du bief 61/62 .....                                                               | 66 |
| Figure 52. Planning prévisionnel de l'opération .....                                                                            | 67 |
| Figure 53. Loi hauteur/débit au droit du mur du Moulin des Malades.....                                                          | 73 |
| Figure 54. Contraintes de navigation en phase travaux .....                                                                      | 76 |
| Figure 55. Localisation des zones à enjeux et zones inertes aux abords du site de travaux.....                                   | 79 |
| Figure 56. Localisation des foyers d'espèces exotiques envahissantes .....                                                       | 80 |

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 57. Localisation des zones à enjeux vis-à-vis de l'herpétofaune .....                                                        | 81 |
| Figure 58. Localisation des zones à enjeux majeurs de conservation pour la Couleuvre vipérine<br>(source : DOLE ENVIRONNEMENT)..... | 81 |
| Figure 59. Localisation des accès chantier .....                                                                                    | 83 |

## PREAMBULE

Le mur du Moulin des Malades, localisé sur la commune de Ranchot (39), a été aménagé entre les écluses 61 et 62 du canal du Rhône au Rhin (CRR) afin de permettre une meilleure lisibilité de la voie de navigation, par séparation physique du Doubs et du canal sur un tronçon d'environ 704 ml.

Aujourd'hui, ce mur présente un état dégradé et de récents témoignages des exploitants du secteur font état de plusieurs désordres pouvant nuire à terme à la stabilité de l'ouvrage. Il s'agit notamment :

- De **désordres majeurs**, menaçant la stabilité de l'ouvrage et qu'il sera nécessaire de traiter à court terme. Il s'agit principalement des passages d'eau depuis le canal vers le Doubs, des affouillements les plus prononcés en pied d'ouvrage côté canal, des fissures verticales sur toute la hauteur du mur, ou encore de l'arase du mur très dégradée, voire absente, sur plusieurs tronçons, induisant une surverse sur l'ouvrage.
- De **désordres mineurs**, de moindre ampleur mais nécessitant néanmoins une surveillance régulière. Il s'agit principalement de débuts de fissures ou d'affouillements, ainsi que de désordres ponctuels impactant le béton (éclatements, épaufrures, ...).

A proximité de ce mur, d'autres infrastructures affichent également un état de dégradation prononcé :

- La berge en rive droite du CRR, pour laquelle ce constat fait suite aux témoignages de l'exploitant local, ainsi qu'à un diagnostic généralisé de la berge (TMI, 2023) ;
- Le quai à bateaux situé à l'aval du bief, au niveau de l'écluse 62, pour lesquels des effondrements ont été observés.

Ainsi, les ouvrages et infrastructures associées au bief 61-62 sont soumis à plusieurs désordres notables. A terme, ces points de faiblesses peuvent menacer la stabilité des ouvrages, en particulier celle du mur immergé dont la rupture serait à l'origine d'importants dégâts et pertes économiques sur le secteur (arrêt de la navigation, atteintes à l'environnement, ...).

Dans ce contexte, VNF a engagé une étude de maîtrise d'œuvre pour la restauration du mur du moulin des Malades, et le confortement de la berge. La présente opération aura ainsi pour objectifs de :

- **Valider et définir le programme de travaux**, sur la base des conclusions des diagnostics déjà effectués et des éventuelles investigations complémentaires à réaliser ;
- **Intégrer les nombreuses contraintes du projet**, en lien avec la diversité des usages (navigation, circulation cycliste à proximité, ...) et la multiplicité des contraintes d'intervention (période de navigation, risque de crue, enjeux faunistiques patrimoniaux, ...) ;
- Assurer la **planification, l'organisation générale** et le **suivi des travaux**.

Le présent document formalise la deuxième phase de la mission, constituant les études de Projet (PRO).



## A. RAPPEL DU CONTEXTE



# 1. LOCALISATION GENERALE

Le mur du Moulin des Malades se situe sur le territoire de la commune de Ranchot, dans le département du Jura (39), en région Bourgogne-Franche-Comté.

Le mur du Moulin des Malades a été aménagé sur le bief 61/62 du canal du Rhône au Rhin afin de permettre une meilleure lisibilité de la voie de navigation, par séparation physique du Doubs et du canal sur un tronçon de 708 m.

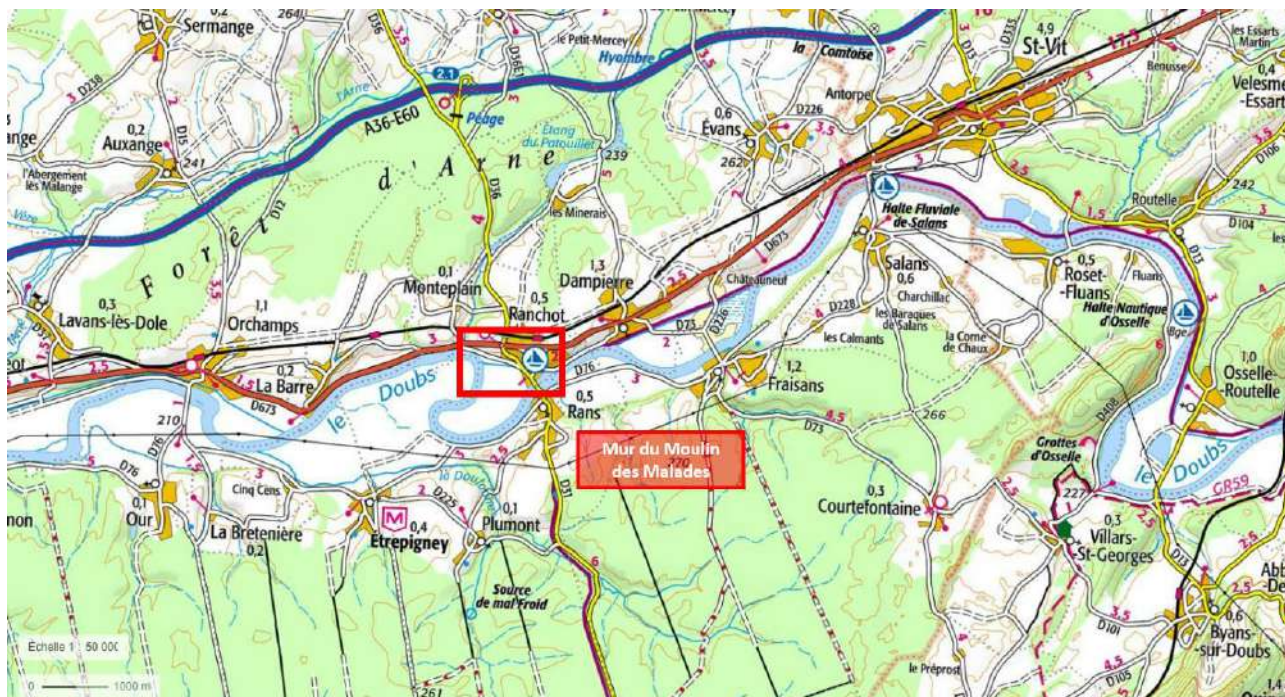


Figure 1. Localisation générale du mur du Moulin des Malades sur le bief 61/62 du CRR

Les berges faisant également l'objet de la présente opération se situent :

- En rive droite du bief 61/62, le long du mur du Moulin des Malades ;
- En rive gauche en amont de l'écluse n°62 du Moulin des Malades, sur un linéaire d'environ 70 m.

La berge en rive droite est surmontée par l'Eurovéloroute EV6, qui constitue une voie très fréquentée par les cyclistes, notamment en période estivale.

A noter également que le barrage de Ranchot, aménagé sur le Doubs et permettant le maintien de la cote de retenue pour l'alimentation du bief 61/62, se situe à proximité immédiate du mur à l'étude. En effet, ce barrage est localisé à seulement 25m en rive gauche du mur, et longe l'ouvrage sur près de 400 m à son extrémité aval.

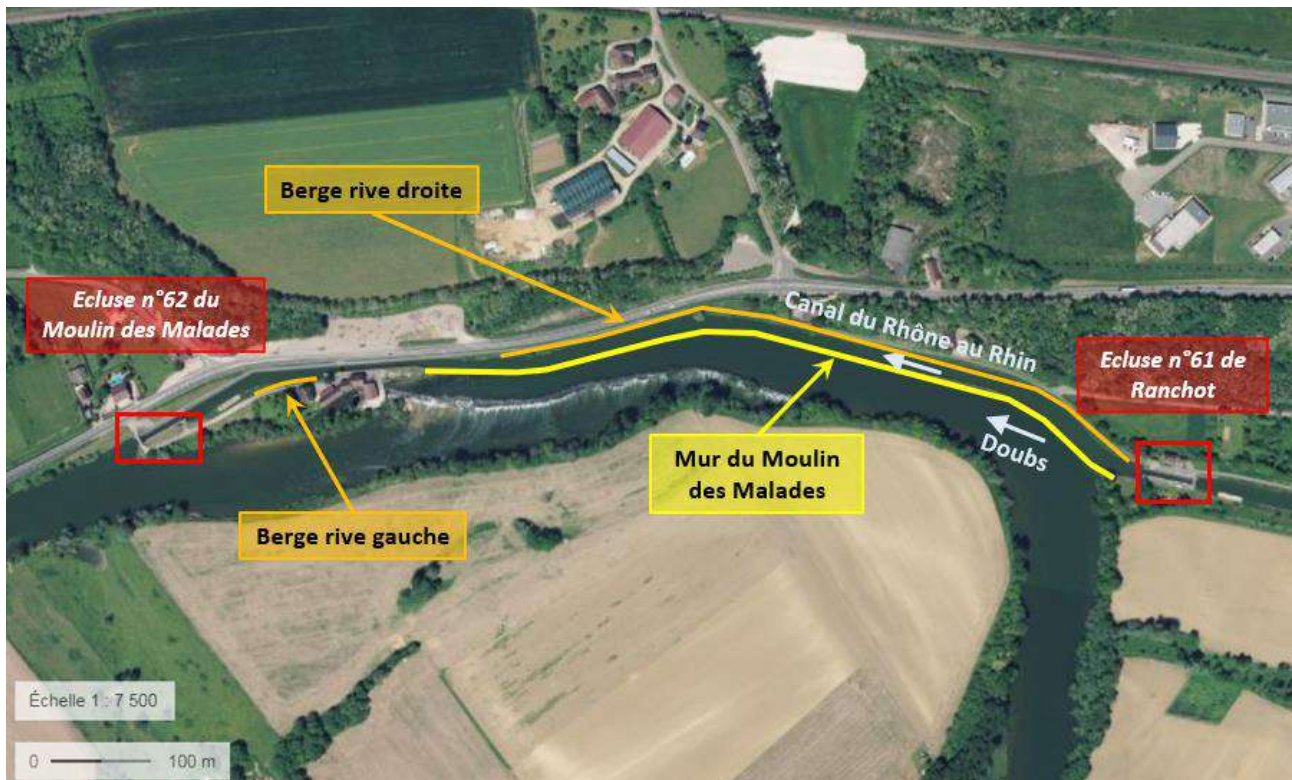


Figure 2. Présentation du secteur d'étude

## 2. DESCRIPTION DES OUVRAGES

### 2.1. MUR DU MOULIN DES MALADES

Le mur du moulin des Malades s'étend sur un linéaire de 708 m entre les écluses n°61 de Ranchot et n°62 du Moulin des Malades. En partie émergée et visible, cet ouvrage en béton est constitué de deux niveaux distincts :

- Une partie inférieure, immergée ou enterrée selon les parties d'ouvrage, arasée à la cote moyenne 210.05 m NGF et de largeur 2.00 m en tête (sur les parties observables a minima, potentiellement plus large au niveau des fondations) ;
- Une partie supérieure, émergée côté canal, arasée à la cote moyenne 211.19 m NGF, de largeur 1.00 m et ayant fait l'objet d'un récent confortement de surface, par reprise de la crête au béton.

Le mur dispose à sa base d'une bêche côté canal, et d'un mur poids côté Doubs. Ces informations sont issues de VNF mais les caractéristiques géométriques précises ne peuvent être vérifiées, s'agissant de la partie enterrée de l'ouvrage.

Le mur, d'une hauteur variant entre 3.50 m et 4.40 m d'après les reconnaissances géotechniques réalisées, est fondé directement sur le substratum calcaire plus ou moins fracturé. Une couche de graviers et cailloux calcaires à matrice argileuse, voire d'argiles graveleuses, est parfois observée de manière résiduelle à l'interface entre le mur et sa fondation.





Figure 3. Vue générale du moulin des Malades

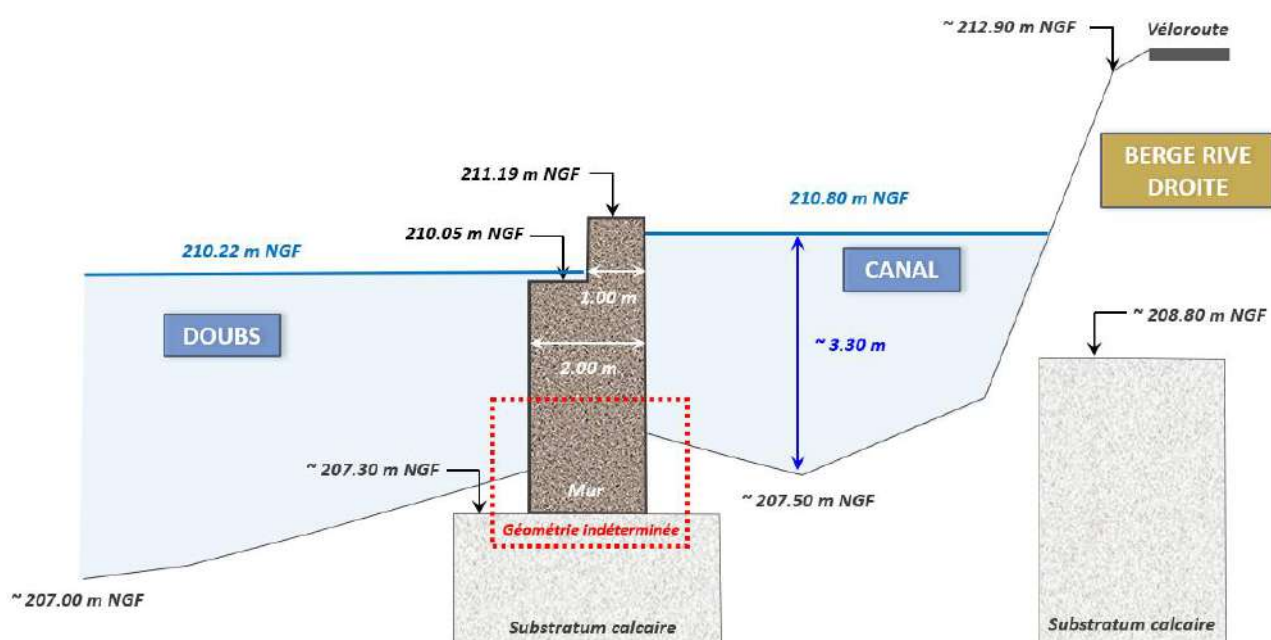


Figure 4. Coupe transversale type du mur du moulin des Malades (vue aval)

A son extrémité amont (côté écluse 61), le mur du moulin des Malades est muni d'un déversoir de décharge, permettant de réguler le niveau d'eau dans le bief. Celui-ci est constitué de madriers en bois, insérés dans le mur à l'étude via des réservations du béton. Cet ouvrage correspond également à une ancienne porte permettant aux bateaux d'accéder au Doubs pour effectuer le curage de la retenue en amont du barrage.

A son extrémité aval (côté écluse 62), le mur du moulin des Malades se raccorde sur le mur en pierres de taille assurant le soutènement de la berge accueillant le centre d'exploitation VNF. Une échelle est fixée à ce mur, unique point d'accès à l'ouvrage (hors accès fluvial).

Sur ce bief, les cotes de régulation normale varient entre 210.75 et 210.81 m NGF.



Figure 5. Déversoir de décharge du mur du moulin des Malades

## 2.2. BERGE EN RIVE DROITE DU BIEF 61/62

La berge en rive droite du bief 61/62, qui s'étend sur un linéaire de 740 m, est constituée d'une couche dominante de limons plus ou moins sablo-argileux, revêtue en majeure partie du linéaire par des enrochements de dimensions variables. Elle est occupée ponctuellement par les infrastructures suivantes (d'amont en aval, à compter de l'écluse 61 considérée comme PM0) :

- PM0 à PM24 : perré maçonné de l'écluse 61 ;
- PM38 à PM50 : perré maçonné ;
- PM66 à PM71 : aqueduc avec perré maçonné ;
- PM87 à PM94 : palplanches ;
- PM386 à PM395 : ouvrage d'art avec quart de cône maçonné ;
- PM644 à PM698 : carapace en enrochements récente ;
- PM725 à PM740 : béton cyclopéen.

La berge possède une hauteur variant entre 3.50 m et 4.50 m en moyenne, pour une pente de l'ordre de 3H/2V. Elle est globalement recouverte de végétation herbacée, avec quelques arbres et souches présents ponctuellement. D'après les sondages manuels réalisés dans le cadre du diagnostic de la berge (TMI, 2023), la nature de la berge est composée d'un enchevêtrement de pierres maçonnées, de type enrochements de faibles dimensions, recouvert d'un mélange de terre et de cailloux de l'ordre de 30 cm d'épaisseur.

Le haut de berge est occupé par l'Eurovéloroute 6 (EV6), constituée d'un revêtement en enrobé, et accueille un réseau fibre optique déployé par VNF début 2024.





Figure 6. Section courante de la berge en rive droite du bief 61/62 (à gauche) et ouvrage d'art (à droite)

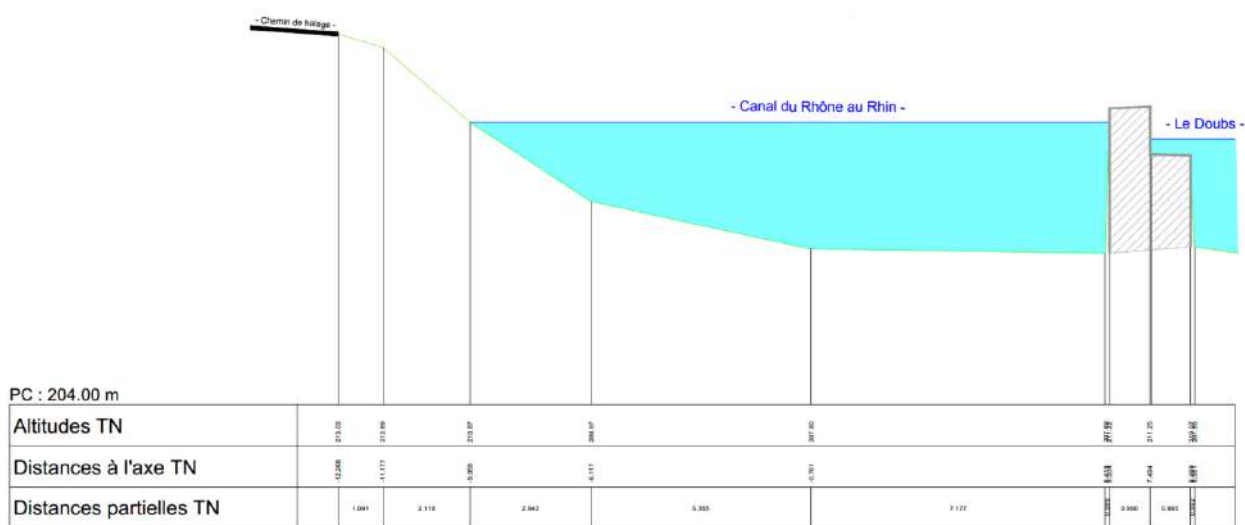


Figure 7. Coupe transversale de la berge en rive droite du bief 61/62

## 2.3. BERGE EN AMONT RIVE GAUCHE DE L'ECLUSE N°62

La berge en amont rive gauche de l'écluse n°62 du Moulin des Malades s'étend sur un linéaire de l'ordre de 130 m entre les deux perrés. Elle est constituée de limons plus ou moins sablo-argileux, revêtue d'une carapace en enrochements.

La berge possède une hauteur variant entre 4.50 m et 5.50 m en moyenne, pour une pente relativement raide de l'ordre de 1H/1V.

Le haut de berge est occupé par un chemin en enrobé menant au centre d'exploitation VNF, muni de trois bollards en bordure du canal et d'un portail.



Figure 8. Morphologie de la berge en amont rive gauche de l'écluse n°62

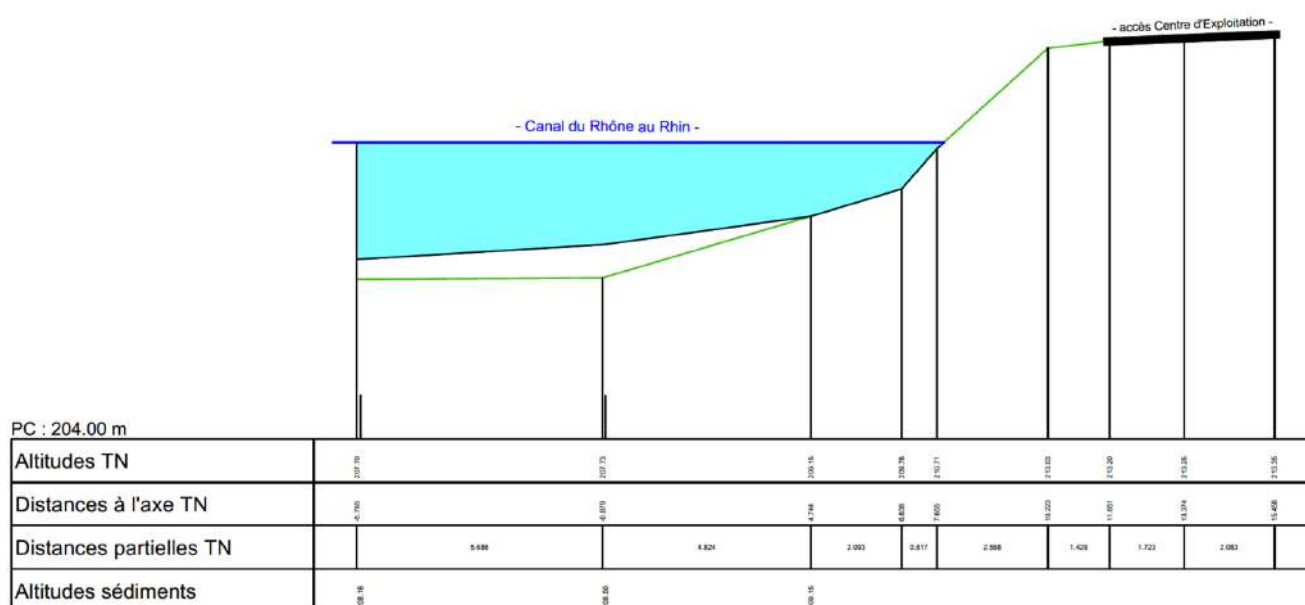


Figure 9. Coupe transversale type de la berge rive gauche correspondant à la zone de quai en amont de l'écluse n°62

### 3. ETAT GENERAL DES OUVRAGES

Les éléments présentés ci-après sont issus des derniers diagnostics réalisés sur les ouvrages en présence :

- Diagnostic du mur du Moulin des Malades sur le canal du Rhône au Rhin à Ranchot (ARTELIA, 2019) ;
- Diagnostic technique de la berge rive droite du bief 61/62 du canal du Rhône au Rhin à Ranchot (TMI, 2023).

#### 3.1. MUR DU MOULIN DES MALADES

##### 3.1.1. Parties émergées

La partie émergée du mur du moulin des Malades est concernée par de nombreux désordres mineurs, d'impact faible à modéré sur la stabilité d'ouvrage, ainsi que par quelques zones potentiellement plus sensibles pour la pérennité de l'ouvrage.

Au total, le diagnostic visuel des parties émergées de l'ouvrage a permis d'identifier une cinquantaine de désordres répartis sur l'ensemble du linéaire inspecté.

Les principaux points à retenir suite à l'inspection visuelle des parties émergées de l'ouvrage sont les suivants :

- Près de la moitié des désordres (44%) sont de gravité 1, sans impact significatif sur l'ouvrage. Il s'agit principalement de :
  - Epaufrures du béton de surface ;
  - Eclatement localisé du béton de surface, sur des linéaires réduits ;
  - Fractures ponctuelles ou début de fracture du béton ;
  - Ecaillage ponctuel du béton de surface.



Figure 10. Exemples de désordres de gravité 1 - Ecaillage (à gauche) et épaufrures/fracture (à droite) du béton de surface

- 34% des désordres sont de gravité 2, nécessitant une surveillance spécifique afin de s'assurer de leur non dégradation. Il s'agit principalement de :
  - Infiltrations d'eau ponctuelles à travers le mur, depuis le canal vers le Doubs ;
  - Fracturation marquée du béton de surface ;
  - Eclatements prononcés du béton de surface, sur des linéaires significatifs ou avec mise à nu des fers à béton ;
  - Désordres accentués par le développement de la végétation sur l'ouvrage.



*Figure 11. Exemples de désordres de gravité 2 - Altération du béton et Infiltrations d'eau ponctuelles (à gauche) et fers apparents en surface (à droite)*

- 22% des désordres sont de gravité 3, nécessitant une intervention pour limiter toute dégradation évolutive de l'ouvrage. Il s'agit essentiellement des éclatements très prononcés du béton de surface, induisant une surverse permanente ou ponctuelle des écoulements du canal vers le Doubs. Le phénomène de lessivage du béton pourra se poursuivre à terme si aucune opération n'est entreprise pour consolider la crête de l'ouvrage.



*Figure 12. Exemples de désordres de gravité 3 - Eclatements prononcés du béton de surface avec surverse*

- Le déversoir de décharge présente un état dégradé, avec :
  - Fissuration du béton ;
  - Soulèvement du béton support à son extrémité, par le développement du système racinaire d'une part, mais également par les écoulements du Doubs en cas de crue (sous-pressions et turbulences locales) ;



- Dégradation avancée du béton sur une hauteur d'au moins 60 cm.



Figure 13. Etat général du déversoir de décharge

### 3.1.2. Parties immergées

Les principaux points à retenir suite à l'inspection visuelle des parties immergées de l'ouvrage sont les suivants :

#### 3.1.2.1. Parement du mur côté canal

Il s'agit de la partie d'ouvrage la plus dégradée, avec plusieurs secteurs particulièrement impactés par des affouillements en pied de mur ou zones d'aspiration d'eau (renards hydrauliques). Les principaux linéaires concernés sont les suivants :

- **Environ 70 ml entre les abscisses 150 et 220 m** : ce linéaire est notamment impacté par :
  - Deux fissures verticales aspirantes (passages d'eau dans le sens canal => Doubs) ;
  - Trois renards hydrauliques ponctuels et de faibles dimensions localisés en pied de mur (diamètre 0.10 à 0.25 m) ;
  - Trois affouillements prononcés en pied de mur, de profondeur supérieure à 0.50 m ou de longueur supérieure à 2.00 m.
- **Deux zones ponctuelles aux abscisses 493 et 566 m**, impactées par deux renards hydrauliques ;
- **Deux zones ponctuelles aux abscisses 41, 330 et 400 m**, impactées par des fissures verticales du béton sur toute la hauteur du mur, sans aspiration d'eau.

Au-delà, plusieurs désordres plus localisés et de moindre ampleur ont également été identifiés. Il s'agit principalement de début d'affouillement en pied de mur, d'éclatement localisé du béton ou encore de cavité ponctuelle dans le parement, sans infiltration d'eau.



## Coupe PM 190.5 m

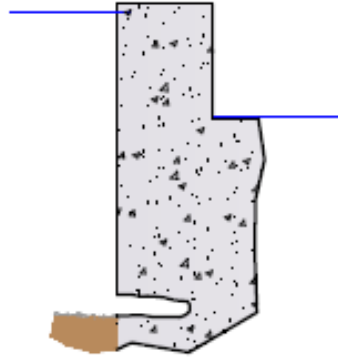


Figure 14. Coupe transversale de l'ouvrage au droit de l'abscisse 190.5 m caractérisée par un affouillement en pied de mur de profondeur 0.70 m

## Coupe PM 220 m

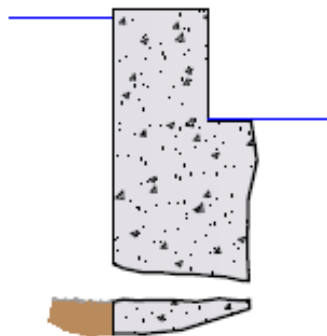


Figure 15. Coupe transversale de l'ouvrage au droit de l'abscisse 220 m caractérisée par un renard hydraulique en pied de mur

### 3.1.2.2. Parement du mur côté Doubs

Cette partie de l'ouvrage présente un état moins dégradé, avec seulement 11 désordres rencontrés dont 3 sont de gravité 3. Il s'agit uniquement de renards hydrauliques, avec la présence de résurgence en pied de mur des eaux en provenance du canal.

Pour le reste, la partie immergée de l'ouvrage côté Doubs présente quelques désordres mineurs uniquement :

- Affouillements ponctuels en pied de mur ;
- Eclatement localisé du béton ;
- Cavité ponctuelle dans le béton.

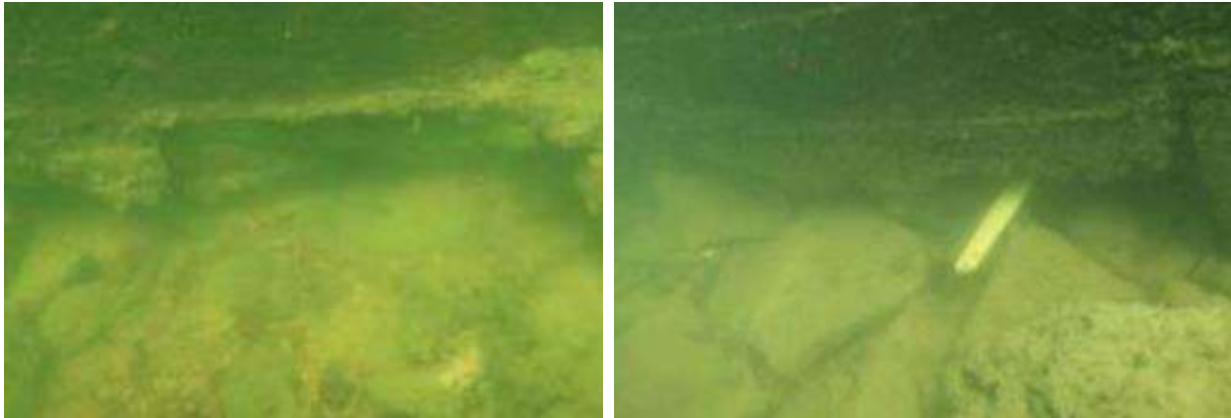


Figure 16. Résurgence (à gauche) et affouillement (à droite) en pied de mur

## Coupe PM 495.5 m

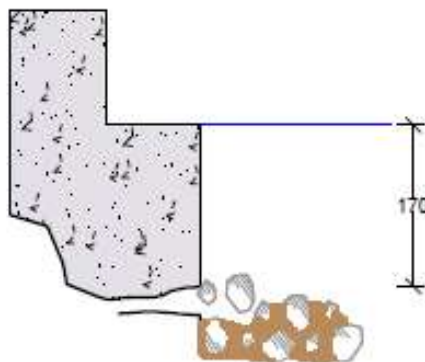


Figure 17. Coupe transversale de l'ouvrage au droit de l'abscisse 495.5 m caractérisée par une résurgence en pied de mur

Le parement du mur côté Doubs est davantage dégradé en tête, sur ses parties émergées, en raison des aléas météorologiques et hydrologiques, ainsi que du développement de la végétation.

### 3.2. BERGE EN RIVE DROITE DU BIEF 61/62

#### 3.2.1. Berge en section courante

Les principales pathologies affectant la section courante de la berge sont les suivantes :

- Effondrement du talus à de nombreuses reprises, sur des linéaires variables ;
- Zone d'érosion de l'argile à blocs, absence de terre en pied de berge ;
- Présence de souches ;
- Affaissement de la partie supérieure de la berge.



Figure 18. Pathologies affectant la berge en section courante

### 3.2.2. Perrés maçonnés (hors ouvrage d'art)

Le perré maçonné de l'écluse 61 (PM0 à PM24) présente :

- Une zone d'effondrement sur environ 2 m (PM4 à PM6), avec développement de la végétation ;
- Un bombement important sur un linéaire de 9 m (PM9 à PM18), délimité par une zone de fracture avec décalage des maçonneries et développement de la végétation.

Le perré du PM38 à PM50 présente quant à lui une zone d'effondrement à la base.



Figure 19. Etat général des perrés maçonnés

### 3.2.3. Palplanches

Des palplanches sont présentes sur un linéaire d'environ 7 m, du PM87 au PM94.

Elles sont globalement oxydées et altérées en tête. La jonction entre les éléments n'est plus assurée.

De la végétation recouvre intégralement la structure et des ravinements sont relevés de part et d'autre du soutènement.



*Figure 20. Etat général du rideau de palplanches*

### 3.2.4. Enrochements

Les enrochements de faibles dimensions sont généralement peu organisés, présentent des cavités et sont recouverts de végétation. Sur ces structures, il est constaté des zones d'affaissement. L'épaisseur de terre sur ces derniers est de l'ordre de 30 cm.

Les enrochements de grosses dimensions sont dans un bon état général et présentent des cavités importantes entre les éléments.

Les enrochements mis en œuvre récemment (PM644 à 698) sont en bon état, excepté une cavité profonde de l'ordre de 2.00 m présente côté aval à la jonction entre l'enrochement et le perré.



*Figure 21. Etat général des enrochements de faibles dimensions (à gauche) et de grosses dimensions (à droite)*

### 3.2.5. Béton cyclopéen

Le béton cyclopéen s'étend du PM725 au PM740.

La partie émergée est composée d'un béton cyclopéen. Ce dernier est altéré en partie supérieure, créant une ligne d'altération sous la tablette.



La partie inférieure est réalisée en maçonnerie dont les joints sont altérés et des lacunes sont présentes. De la végétation est en place, avec présence de souches et roseaux.



*Figure 22. Etat général du béton cyclopéen*

### 3.2.6. Ouvrage d'art

L'ouvrage d'art (PM386 à PM395) est dans un état passable, avec les pathologies suivantes :

- Bombements sur les murs en retour ;
- Disjointements avec décalage des maçonneries sur les murs en retour ;
- Présence d'humidité à l'arrière du bandeau côté canal ;
- Quart de cône amont altéré avec développement de la végétation ;
- Quart de cône aval effondré avec présence de végétation.



*Figure 23. Etat général de l'ouvrage d'art*



### 3.2.7. Aqueducs

Les aqueducs sont localisés au PM69 et au PM566.

L'aqueduc au PM69 est en bon état. Une pierre est fissurée sur la corniche côté amont.

L'aqueduc au PM566 est obturé par une souche. Les maçonneries ne semblent pas être en bon état. La berge située de part et d'autre de l'aqueduc est désorganisée et présente des lacunes.



Figure 24. Etat général des aqueducs au PM69 (à gauche) et au PM566 (à droite)

### 3.2.8. Zones immergées

Les principales pathologies affectant la berge en zone immergée sont les suivantes :

- PM 3,40 à 10 : éclatement du perré avec éboulement
- PM 226 : présence d'un escalier, la berge en amont et en aval présente une érosion importante. La marche située au niveau de l'eau est absente et crée un affouillement au droit de l'escalier
- PM241 : retrait important de la berge, presque inexistante, quasiment mur vertical
- PM 243,10 à 248,10 : creusement de la berge, terrain instable
- PM 250 à 275 : affouillement généralisé en zone de batillage, berge instable, pierres qui bougent, terrain retenu par des troncs d'arbre
- : PM 279 à 289,80 : affaissement de la berge avec des mouvements importants de blocs. Ces derniers sont maintenus entre eux mais présence de nombreux manques de pierres laissant apparaître des vides
- PM 327 à 338,80 : absence d'enrochement au-dessus du niveau d'eau, végétation
- PM 379 à 383,60 : affaissement de la berge avec retrait important proche de la piste cyclable
- PM 449 à 452 : terrain instable aux abords de la piste cyclable, potentiel lavement du terrain
- PM 460,80 : instabilité des enrochements
- PM 562,70 : manque de pierres avec cavité au niveau d'eau, le terrain semble instable et maintenu par une souche
- PM 574 à 583 : manque de pierres de façon anarchique créant des cavités
- PM 609,40 à 632,90 : creusement de la berge en zone de batillage, creusement de la berge au droit des souches
- PM 698,50 : cavité de 2,00 m

### 3.2.9. Equipements

La chaussée de la piste cyclable est en bon état. Localement, des zones de tassement sont observées entre la piste et la bande enherbée. Au voisinage du PM250, la bande enherbée est de l'ordre de 30 cm environ.

Un garde-corps est présent entre les PM678 et PM740.

Au droit des enrochements récents (PM644 à PM698), les garde-corps étaient déversés et des éléments altérés (lisse haute déformée, montant dessoudé, ...) lors de la réalisation du diagnostic en 2023. Depuis, VNF a procédé à la réparation du garde-corps. Sur le reste du linéaire, le garde-corps est dans un état correct, avec des zones d'altérations localisées comme des manchons dessoudés.

L'escalier d'accès au canal (PM226) présente de nombreuses altérations telles que des éclats de béton, des lacunes de maçonneries, ainsi qu'une souche présente côté aval.



Figure 25. Etat général du garde-corps (PM644 au PM698) et de l'escalier d'accès au canal (PM226)

## 3.3. BERGE EN AMONT RIVE GAUCHE DU BIEF 61/62

La berge rive gauche en amont de l'écluse n°62 a fait l'objet d'une inspection subaquatique, réalisée par la société NAUTILIA les 30 et 31 mai 2024. L'inspection a porté sur un linéaire de berge de 130 m, localisé entre les deux perrés.

Le diagnostic réalisé a mis en évidence les éléments suivants :

- La berge est revêtue dans sa globalité d'enrochements de taille variable, avec :
  - Des gros blocs de diamètre moyen 100 à 140 cm, en partie centrale du linéaire inspecté ;
  - De plus petits blocs, de diamètre moyen 60 à 80 cm, sur le reste du linéaire.
- Une souche est présente dans la berge à environ 8 m en amont du perré de l'écluse n°62 ;
- Les deux perrés situés aux extrémités amont et aval sont sujets à des disjointements de maçonneries en partie inférieure, au niveau de la zone de batillage. Ces disjointements ne font pas l'objet du présent programme de travaux mais restent à signaler auprès de l'exploitant.

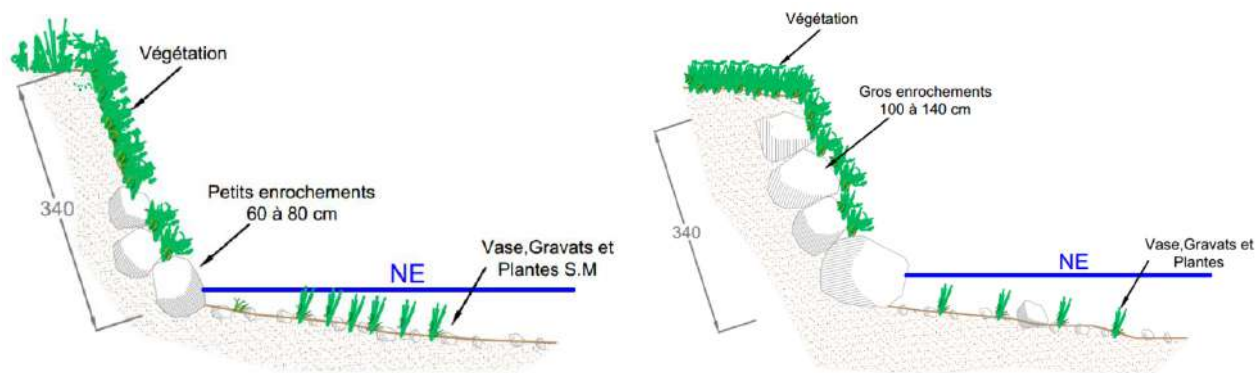


Figure 26. Coupes de principe de la berge (source : NAUTILIA)

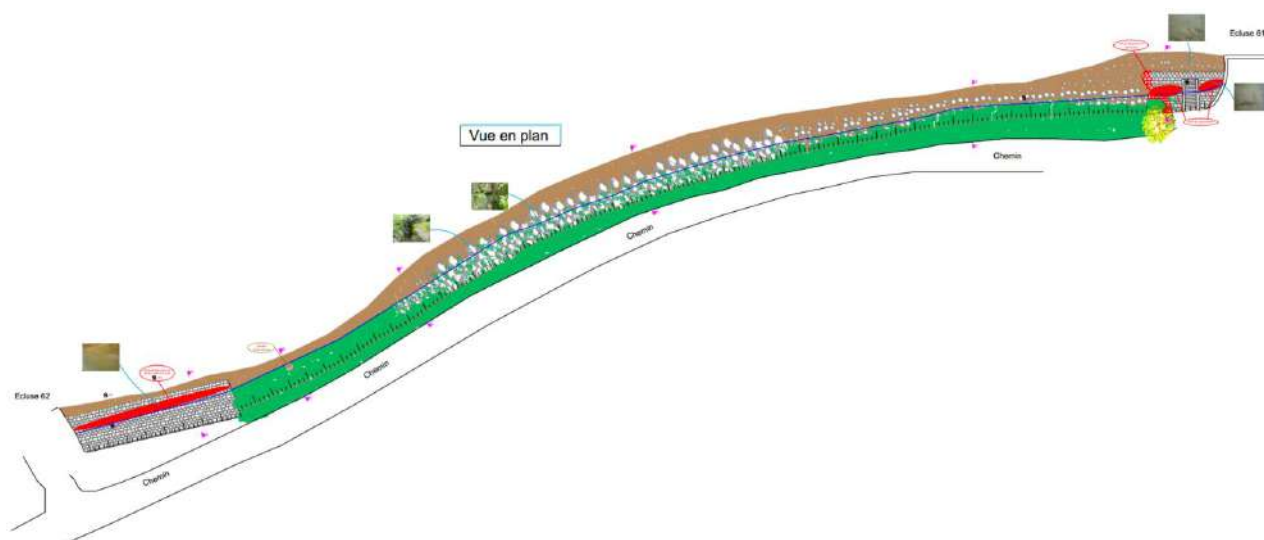


Figure 27. Vue de principe de la constitution de la berge rive gauche (source : NAUTILIA)

## 4. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

Les débits caractéristiques du Doubs au droit du Moulin des Malades sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tableau 1. Débits caractéristiques du Doubs au droit du mur du Moulin des Malades

| Station            | Surface BV (km <sup>2</sup> ) | Débits caractéristiques (m <sup>3</sup> /s) |        | Débits caractéristiques QIX (m <sup>3</sup> /s) |       |        |        |        |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------|-------|--------|--------|--------|
|                    |                               | Etiage et module                            |        | Crues et périodes de retour                     |       |        |        |        |
|                    |                               | QMNA5                                       | Module | 2 ans                                           | 5 ans | 10 ans | 20 ans | 50 ans |
| Le Doubs à Ranchot | 5 020                         | 13.2                                        | 105    | 721                                             | 917   | 1 043  | 1 167  | 1 334  |

En vue de l'organisation des travaux de restauration du mur du Moulin des Malades et de la berge en rive droite du bief 61/62, les débits classés et moyens mensuels du Doubs au droit du secteur d'étude sont rappelés au sein des graphiques suivants.

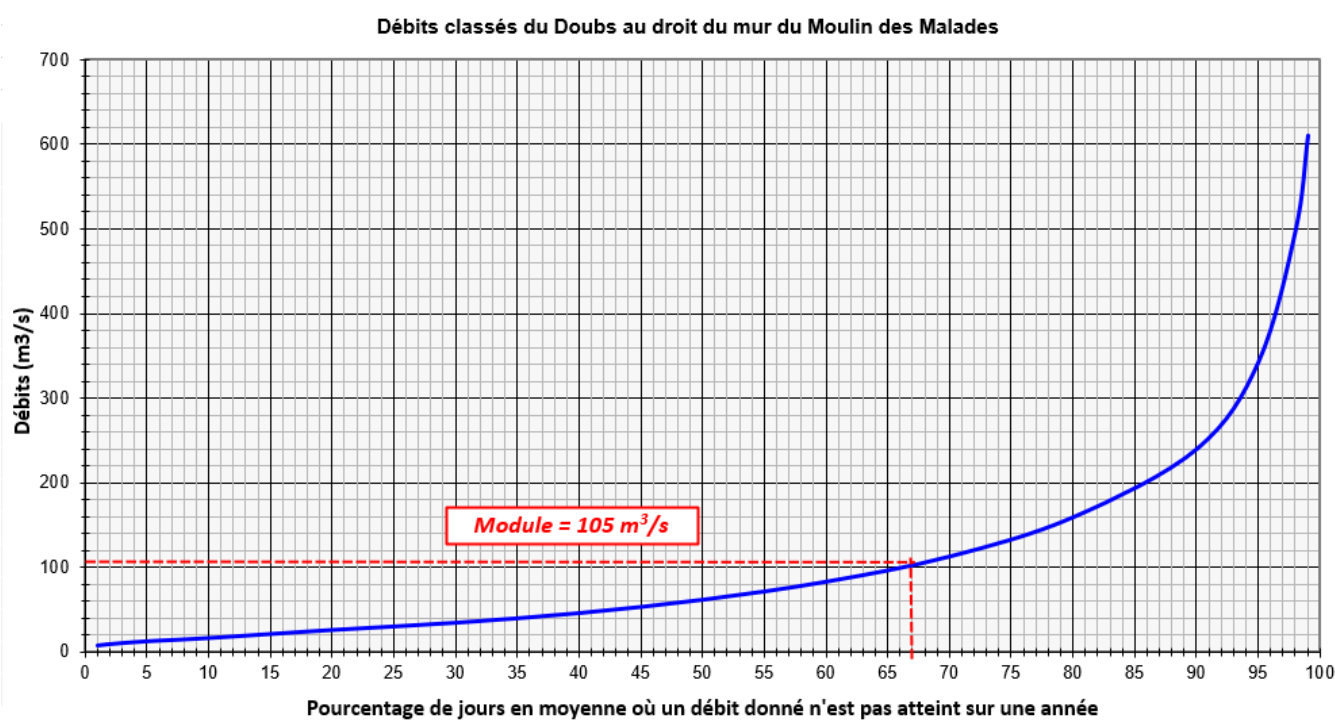


Figure 28. Courbe des débits classés du Doubs au droit du mur du Moulin des Malades

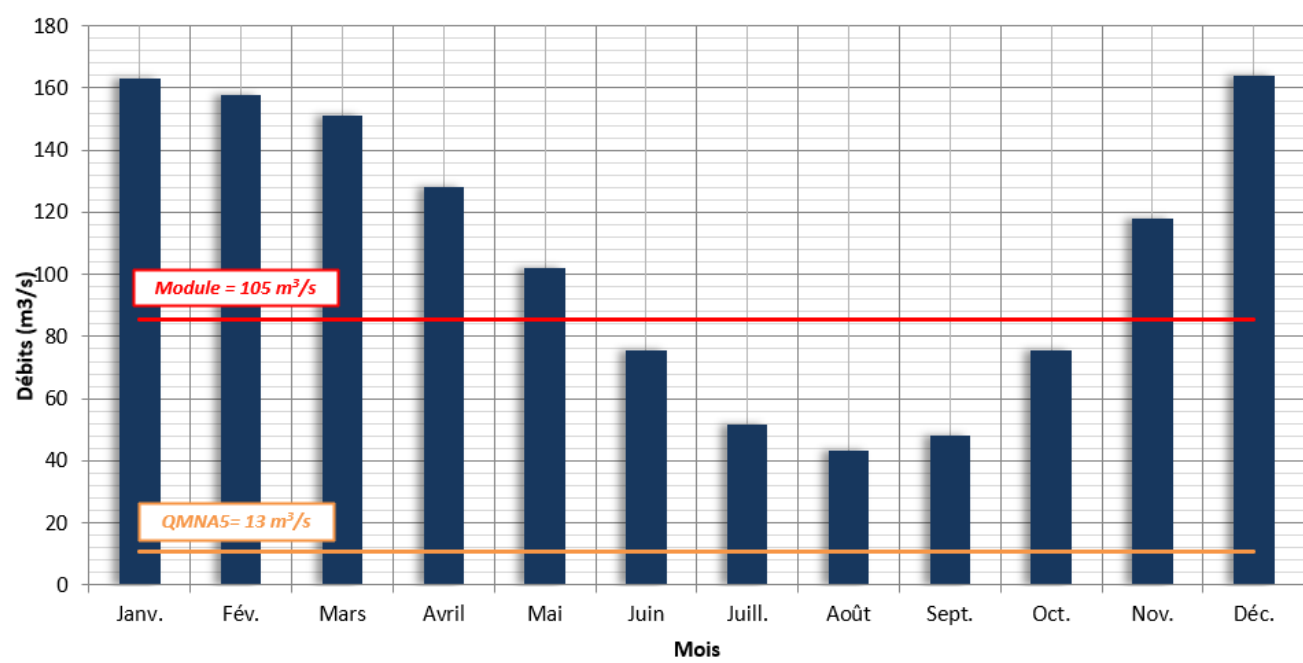


Figure 29. Débits moyens mensuels du Doubs au droit du mur du Moulin des Malades



## 5. CONTEXTE HYDRAULIQUE

Aucune modélisation hydraulique ne sera réalisée pour les besoins de la présente étude.

Néanmoins, la connaissance des niveaux d'eau du Doubs aux abords du mur du Moulin des Malades reste un élément important pour l'organisation du chantier, en particulier pour le choix des accès aux différentes zones de travaux et pour le phasage général du chantier.

Les niveaux d'eau disponibles correspondent à ceux mesurés lors des relevés topographiques et bathymétriques effectués sur le Doubs, en amont du barrage de Ranchot. Ils sont synthétisés dans le tableau suivant :

| Débits du Doubs |                      | Niveaux d'eau | Date du levé | Source   |
|-----------------|----------------------|---------------|--------------|----------|
| Q40%            | 45 m <sup>3</sup> /s | 210.22 m NGF  | 20/06/2019   | GEOPLANS |
| Q54%            | 70 m <sup>3</sup> /s | 210.36 m NGF  | 18/06/2024   | INGEO    |

En complément de ces données, VNF a transmis une série de mesures du niveau d'eau du bief 61/62 sur les cinq dernières années, issues de la base de données AGHYRE. Ainsi, considérant que :

- Le Doubs surverse par-dessus le mur à partir de la cote 211.20 m NGF ;
- Les pics de hauteur d'eau mesurés au-dessus de la cote 211.20 m NGF correspondent à des pics de crue enregistrés sur la station hydrométrique du Doubs à Rochefort-sur-Nenon, avec un temps de propagation de quelques heures ;

Une analyse des niveaux d'eau enregistrés par VNF a pu être réalisée et a permis d'estimer une loi hauteur/débit au droit de l'ouvrage à l'étude. Cette courbe sera utilisée pour définir les périodes actives de chantier au regard des conditions hydrologiques du Doubs, ainsi que les moyens d'isolement hydraulique à mettre en œuvre.

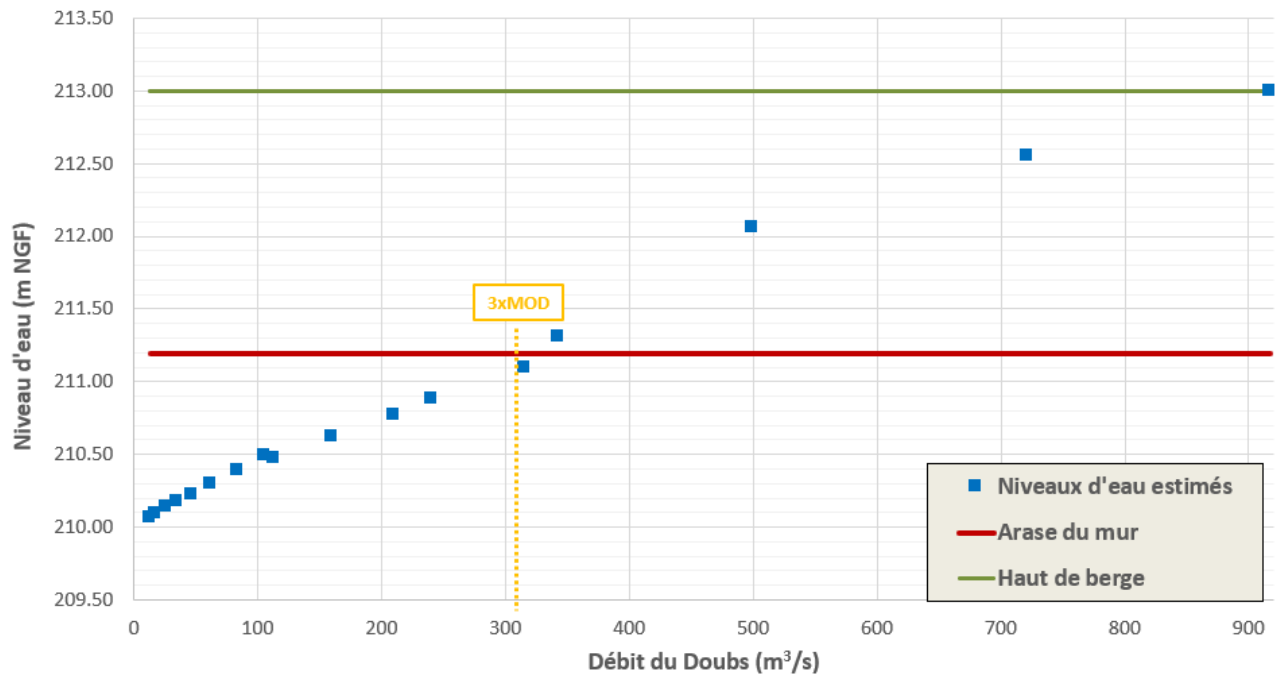


Figure 30. Loi hauteur/débit estimée au droit du mur du Moulin des Malades



## 6. CONTEXTE GEOTECHNIQUE

### 6.1. MUR DU MOULIN DES MALADES

L'analyse des différents sondages et essais permet de définir la constitution du mur du Moulin des Malades. De manière générale, les investigations réalisées font état de :

- Un **mur constitué de maçonneries en béton gris**, rencontré jusqu'à une profondeur de 3.50 m à 4.40 m par rapport au sommet du mur. Le béton constitutif de l'ouvrage, au droit des essais réalisés, affiche une résistance à la compression de l'ordre de 20.71 à 28.55 MPa.
- Un **mur fondé directement sur le substratum calcaire** plus ou moins fracturé. Une couche de graviers et cailloux calcaires à matrice argileuse, voire d'argiles graveleuses, est parfois observée de manière résiduelle et ponctuelle à l'interface entre le mur et sa fondation.

### 6.2. BERGE RIVE DROITE DU BIEF 61/62

L'analyse des différents sondages et essais permet de définir les couches de sol en place au droit de la berge en rive droite du bief 61/62. De manière générale, les investigations réalisées font état de :

- Une **formation d'enrobé sur une épaisseur de 5 cm**, constitutive de la Véloroute ;
- Une **formation de remblai composé de graves sablo-argileuses**, rencontrée jusqu'à une profondeur de 0.70 m à 0.90 m par rapport à la base du sondage et constituant la couche d'assise de la véloroute ;
- Une **formation de limons plus ou moins sablo-argileux à quelques graviers**, rencontrée jusqu'à une profondeur de 3.00 m à 3.80 m par rapport à la base du sondage ;
- Une **formation de calcaire plus ou moins fracturé**, rencontrée à une profondeur variant entre 3.00 m et 3.80 m, excepté sur la partie amont de la berge (SC9) où le substratum est atteint à une profondeur de 6.20 m et surmonté d'une couche de sables et graviers d'épaisseur 2.40 m.

### 6.3. BERGE RIVE GAUCHE DU BIEF 61/62

L'analyse des différents sondages et essais permet de définir les couches de sol en place au droit de la berge rive gauche en amont de l'écluse 62. De manière générale, les investigations réalisées font état de :

- Une **formation d'enrobé sur une épaisseur de 5 cm**, constitutive du chemin d'accès au centre d'exploitation VNF ;
- Une **formation de remblai sablo-graveleux**, rencontrée jusqu'à une profondeur de 0.50 m à 0.75 m par rapport à la base du sondage et constituant la couche d'assise de la route ;
- Une **formation de limons plus ou moins sablo-argileux à quelques graviers**, rencontrée jusqu'à une profondeur de 4.50 m à 5.85 m par rapport à la base du sondage ;
- Une **formation de sables et graviers**, rencontrée jusqu'à une profondeur de 6.45 m à 6.70 m par rapport à la base du sondage ;
- Une **formation de calcaire plus ou moins fracturé**, rencontrée à une profondeur variant entre 6.45 m et 6.70 m.

## 7. CONTEXTE ECOLOGIQUE

### 7.1. MUR DU MOULIN DES MALADES (ZONE 1)

Les inventaires réalisés sur le mur du Moulin des Malades révèlent des impacts faibles sur la biodiversité en cas d'intervention, à l'exception de la Couleuvre vipérine (*Natrix Maura*). Les préconisations en cas de travaux devront donc principalement porter sur la préservation de l'habitat et des individus de cette espèce.

#### 7.1.1. Mammifères

Bien qu'il représente un obstacle physique, le mur du Moulin des Malades n'a pas d'intérêt majeur pour les mammifères. Les points de traversée à l'amont et à l'aval du mur suffisent à garantir une continuité écologique pour des mammifères semi-aquatiques ou des mammifères terrestres passant d'une rive à l'autre.

Une famille de Castor est présente sur l'aire d'étude. Néanmoins, le mur et le bief 61/62 ne sont pas intéressants pour l'espèce.

Toutefois, si la phase de travaux devait avoir lieu en période de reproduction (soit de janvier à juin), le travail nocturne est à proscrire.

#### 7.1.2. Herpétofaune

Même si les résultats du diagnostic écologique ne mettent pas en lumière une fréquentation importante du mur et de l'ensemble de ses fissures par l'herpétofaune, ce dernier reste un habitat potentiel de chasse, de thermorégulation, voire de pontes en particulier pour la Couleuvre vipérine.

Ainsi, pour limiter l'impact des travaux sur l'herpétofaune pouvant être associée au mur, les mesures suivantes sont proposées par DOLE ENVIRONNEMENT :

##### ■ Période d'intervention :

Idéalement, les travaux ne devront pas avoir lieu durant la période de ponte de l'herpétofaune, qui s'étend de mi-juin jusqu'à mi-août.

Si les travaux devaient avoir lieu après la mi-juin, deux modes d'intervention seraient envisageables :

- Suppression de tous les microhabitats avant mi-juin pour rendre le mur inintéressant pour l'herpétofaune ;
- Passage d'un écologue sur chaque microhabitat avant destruction/altération pour éviter la destruction directe d'individu ou de ponte.

##### ■ Suivi écologique en phase travaux :

Il conviendra de prévoir le passage d'un écologue en phase chantier afin de vérifier la présence éventuelle d'individus, leur capture et leur déplacement hors emprise de travaux (dans des habitats favorables proches ou en captivité ex-situ).

### ■ Bouchardage du béton et augmentation de la densité en réservations du mur poids :

Le bouchardage du béton limitera l'aspect lisse du mur restauré, augmentant ainsi la probabilité de son utilisation par l'herpétofaune. De plus, des barbacanes et réservations en fréquence et en densité maximales pourront être conservées pour offrir de nouveaux microhabitats à la petite faune au sein du mur, sans remettre en question sa robustesse.

La fréquence et la localisation des réservations sont à adapter en fonction des zones à enjeux prioritaires pour les reptiles, localisées sur la carte suivante. Les réservations devront être prévues dans la partie émergée du mur poids le plus longtemps possible au cours de l'année (juste sous l'arase du mur poids).

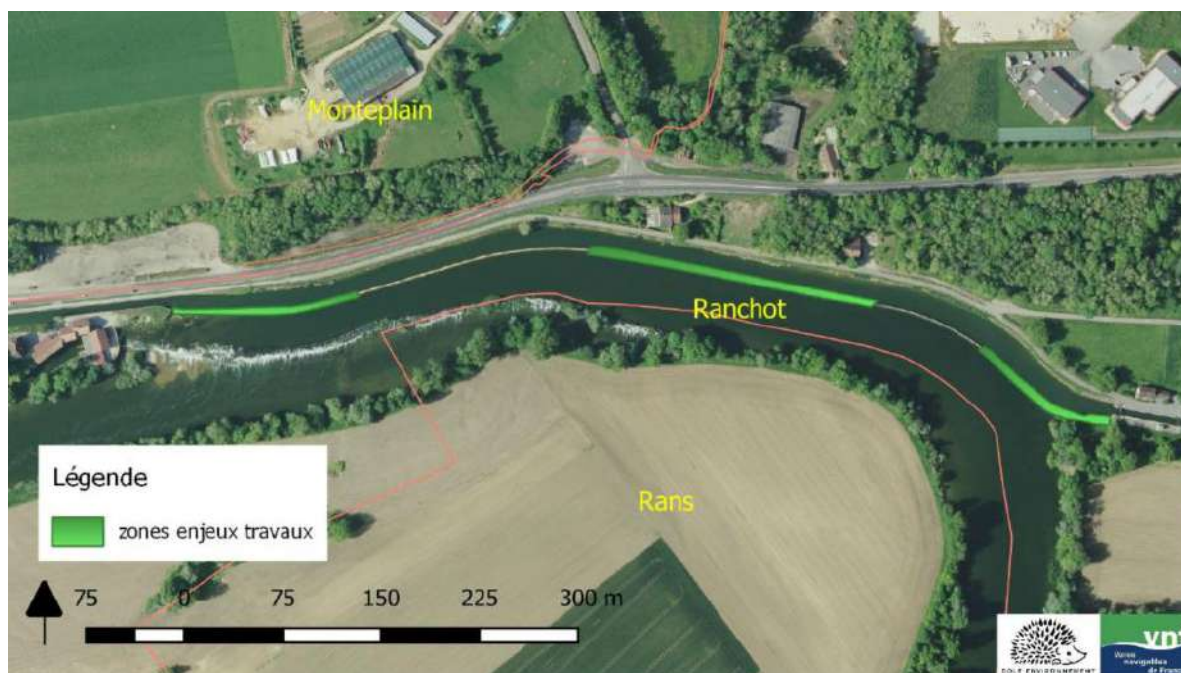


Figure 31. Localisation des zones à enjeux vis-à-vis de l'herpétofaune (source : DOLE ENVIRONNEMENT)

## 7.2. BERGES DU DOUBS ET DU CANAL (ZONE 2)

Les inventaires réalisés sur les berges du Doubs et du bief 61/62 révèlent plusieurs enjeux environnementaux à considérer dans le cadre de travaux modifiant la nature des habitats, naturels ou anthropiques, présents dans la zone d'étude.

### 7.2.1. Habitats et flore

La zone 2 regroupe principalement des habitats de lisières (écotones). Au total, 12 grands ensembles ont été identifiés et sont localisés sur la carte suivante.

Ces habitats supportent des enjeux de conservation en faveur de la faune puisqu'ils participent en tant que corridor écologique des espèces, mais aussi de refuge, d'habitats nourriciers et de sites de reproduction. Au sein de ces habitats :

- Aucune espèce floristique menacée n'a été observée ;
- Deux espèces intéressantes, l'Orchis bouc et la Nivéole du printemps, sont observées sur la pelouse située à l'arrière du bâtiment abandonné sur l'îlot des Malades ;

■ Deux espèces exotiques envahissantes ont été observées ;

- La Renouée du Japon, ponctuellement sur la berge rive droite du bief 61/62 et sur la partie amont du mur du moulin des Malades ;
- L'Érable négundo, de manière généralisée sur la berge en rive gauche du Doubs (non concernée par les travaux).

Une attention particulière devra également être portée en phase chantier sur la non introduction de la Myriophylle hétérophylle, plante aquatique hautement invasive. Actuellement présente sur le canal du Rhône au Rhin entre Dole et Saint-Vit, elle est pour l'instant absente du bief 61/62.

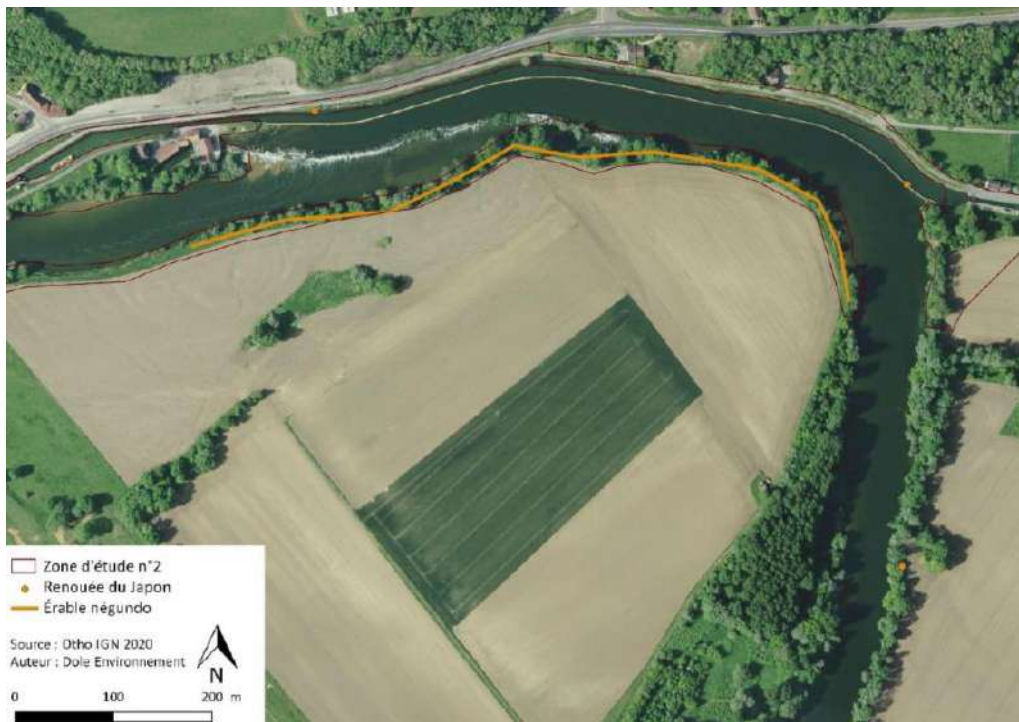


Figure 32. Localisation des foyers d'espèces exotiques envahissantes (source : DOLE ENVIRONNEMENT)

### 7.2.2. Oiseaux

Les enjeux oiseaux sont principalement concentrés sur la berge abrupte située en rive gauche du Doubs, à l'aval du barrage de Ranchot.

Plus largement, la disponibilité en cavités arboricoles représente également un enjeu fort au sein de la ripisylve. Il conviendra ainsi d'anticiper les interventions potentielles sur ces arbres afin d'éviter toute destruction directe d'individus occupant une cavité.

Enfin, la présence d'une colonie d'Hirondelle de fenêtres et d'une colonie d'Hirondelle rustique, respectivement sur les façades et à l'intérieur des bâtiments d'exploitation VNF, nécessiteront des mesures adaptées dans le cas d'intervention pouvant porter atteinte à l'intégrité des nids ou des accès aux sites de nidification.

**Les zones à enjeux pour l'avifaune sont situées en dehors des emprises de travaux. Seuls les abords du déversoir de décharge sont éventuellement concernés, en cas d'abattage d'arbres pour les besoins des travaux.**



### 7.2.3. Mammifères

Une famille de Castor est présente sur l'aire d'étude. Néanmoins, le mur et le bief 61/62 ne sont pas intéressants pour l'espèce. La prise en compte de cette espèce s'appliquera dès lors que des travaux seront programmés sur le Doubs et l'îlot du moulin des Malades. Les interventions sur la rive droite du bief 61/62 entre les deux écluses n'intégreront pas l'enjeu Castor.

Les autres mammifères terrestres et semi-aquatiques ne sont pas limitants dans le cadre de travaux sur la zone 2.

Aucune colonie de Chiroptères n'a été trouvée sur site. Cependant, plusieurs arbres présentant des microdendrohabitats favorables ont été identifiés. Ceux-ci devront être pris en compte en cas d'intervention sur ces arbres, afin d'éviter toute destruction directe d'individus occupant une cavité.

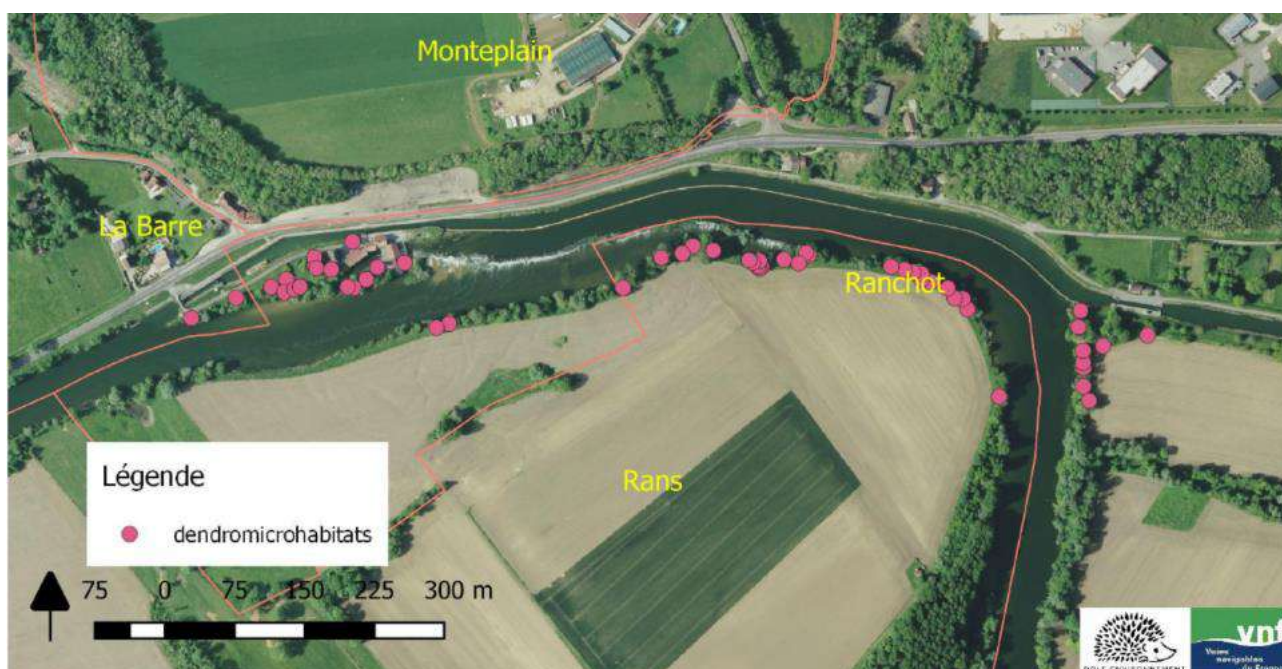


Figure 33. Localisation des arbres supports de dendromicrohabitats (source : DOLE ENVIRONNEMENT)

### 7.2.4. Herpétofaune

Les résultats des inventaires herpétologiques mettent en évidence la présence de trois espèces protégées de reptiles sur la zone d'étude, comprenant parmi elles la Couleuvre vipérine avec une population relativement importante sur le secteur de l'îlot du moulin des Malades et de l'écluse 62.

De manière générale, la totalité de la zone 2 représente, en rive droite du Doubs, un ensemble d'habitats anthropiques et naturels favorables à la vipérine. La morphologie de la rive droite du bief 61/62 joue un rôle de corridor pour l'espèce. Cette berge, colonisée par une végétation principalement herbacée et par la ronce, est composée d'anciens enrochements de toutes tailles et formes avec une exposition plein sud. La disponibilité en microhabitats y est donc très importante, tout comme le nombre de placettes optimales pour la thermorégulation des individus, indispensable dans le cycle de vie de cette espèce.



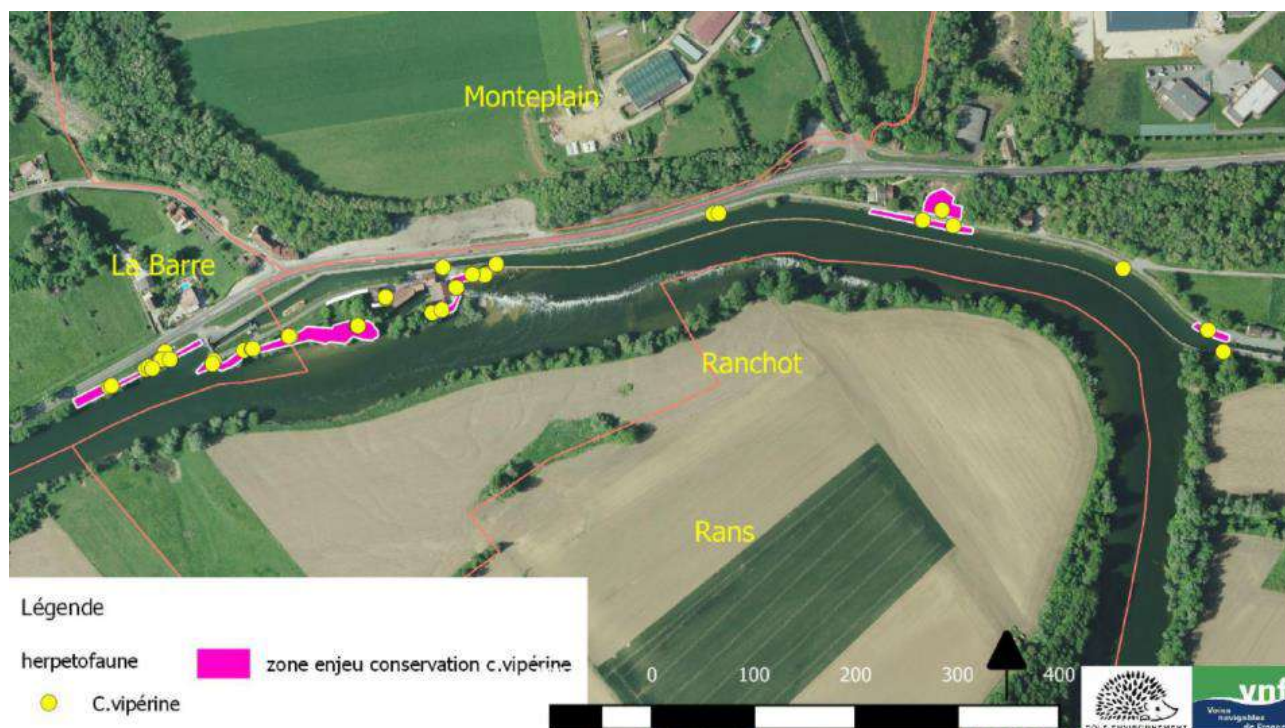


Figure 34. Localisation des zones à enjeux majeurs de conservation pour la Couleuvre vipérine (source : DOLE ENVIRONNEMENT)

Etant donné la présence avérée de ces espèces protégées, dont une à forte patrimonialité, tous travaux de confortement des berges, et ce quelle que soit la technique retenue, devront comprendre un accompagnement herpétologique incluant le suivi des reptiles avant, pendant et après le chantier (inventaires, captures, déplacements et/ou mise en captivité ex-situ).

### 7.3. ZONES A ENJEUX POUR LA REALISATION DES TRAVAUX

Lors de la réalisation des travaux, les zones de stockage et de circulation des engins devront favoriser des surfaces inertes (parking, places en tout-venant, etc) afin de limiter les impacts sur les habitats d'espèces protégées.

Considérant les résultats des inventaires effectués, les principales zones à enjeux et zones inertes à prendre en compte en phase travaux sont localisées sur la carte suivante :

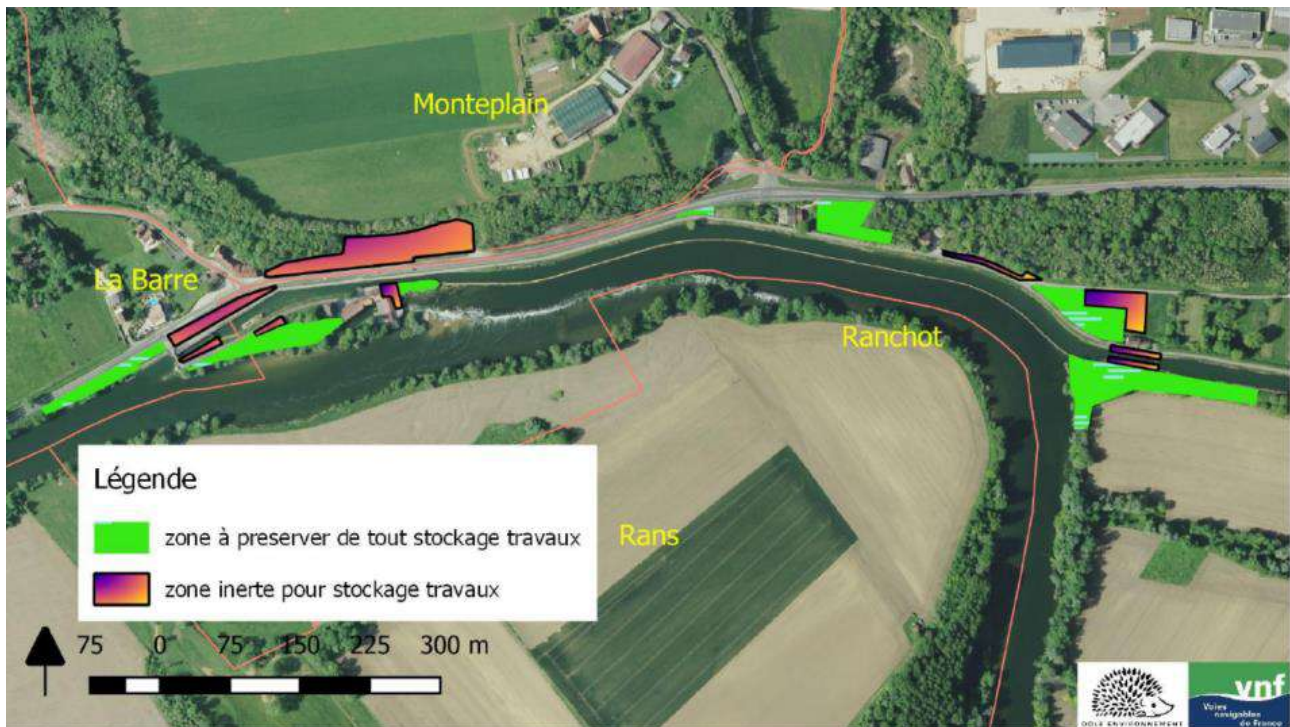


Figure 35. Localisation des zones à enjeux et zones inertes aux abords du site de travaux (source : DOLE ENVIRONNEMENT)

## 8. AUTRES ENJEUX

Les autres principaux enjeux considérés dans l’emprise de la zone de travaux sont rappelés ci-dessous :

- **Navigation** : Le bief 61/62 constitue une dérivation navigable du Doubs, séparée physiquement du cours d’eau par le mur du Moulin des Malades et dont la cote normale du bief varie entre 210.75 et 210.81 m NGF ;
- **Réseaux** : Au-delà des réseaux identifiés dans le cadre des Déclaration de Travaux (DT), VNF informe également du déploiement récent d’un réseau fibre optique le long du bief 61/62. Deux fourreaux PEHD Ø40 ont été enfouis sous l’accotement de la Véloroute, avec :
  - Une implantation en haut de berge côté canal, sur le tronçon amont du bief depuis l’écluse n°61 de Ranchot jusqu’au virage du chemin de halage (au niveau de l’arbre en berge) ;
  - Une implantation côté RD673 sur le tronçon aval du bief.
- **Tourisme** : Le bief 61/62 est longé en rive droite par l’**Eurovéloroute 6**, gérée localement par le Conseil Départemental du Jura et qui se doit d’être prise en compte durant toute la durée des travaux ;
- **Patrimoine** : Absence de monuments historiques dans un périmètre de 500 m aux abords des ouvrages.



## **B. DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS**



## 1. OBJECTIFS ET PRINCIPE D'INTERVENTION

L'objectif principal de l'opération est la réhabilitation du mur du Moulin des Malades, actuellement affecté par de nombreuses dégradations, afin de restaurer son rôle structurel entre le canal du Rhône au Rhin et le Doubs. Cette intervention vise notamment à réparer les circulations d'eau observées entre ces deux entités hydrauliques et à assurer la pérennité des ouvrages. L'opération comprend également le renforcement et la stabilisation de certains tronçons de berges en rive droite et gauche du bief, soumises à un processus continu d'érosion pouvant compromettre la stabilité des abords et des infrastructures avoisinantes.

La mise en œuvre du projet est soumise à plusieurs contraintes techniques, environnementales et opérationnelles :

- Accessibilité limitée aux zones d'intervention, notamment au droit du mur du Moulin des Malades, situé entre le canal du Rhône au Rhin et le Doubs ;
- Travaux en milieu immergé, impliquant des techniques de génie civil spécialisées ;
- Sélection de matériaux adaptés à un contexte subaquatique, privilégiant des solutions constructives maniables, robustes et compatibles avec des conditions de mise en œuvre en zone immergée ;
- Gestion des accès chantier dans un environnement sensible, nécessitant l'organisation des zones de stockage, de circulation et d'approvisionnement en cohérence avec les contraintes de sécurité, de voisinage et de préservation des berges ;
- Contraintes environnementales fortes, en lien avec une intervention dans le milieu aquatique, la présence d'espèces protégées et d'habitats sensibles, ainsi que celle de foyers d'espèces exotiques envahissantes ;
- Maintien de la navigation durant les travaux, nécessitant une coordination étroite avec les autorités gestionnaires du réseau fluvial.



## 2. RESTAURATION DU MUR DU MOULIN DES MALADES

### 2.1. RECONNAISSANCE SUBAQUATIQUE PREALABLE

Avant toute intervention sur le mur du Moulin des Malades, une reconnaissance subaquatique préalable devra être réalisée par le Titulaire du marché de travaux.

Cette reconnaissance aura pour objectifs de :

- Actualiser le diagnostic du mur, considérant que de nouveaux désordres ont pu apparaître depuis le diagnostic de 2019 ;
- Identifier et localiser toutes les pathologies à traiter ;
- Repérer les cavités ou fissures traversantes, pour lesquelles un bouchon étanche devra être mis en œuvre côté Doubs afin d'éviter les départs de béton vers le cours d'eau.

A l'issue de cette reconnaissance préalable, un plan détaillé de localisation des désordres à traiter sera établi par l'Entrepreneur. Le programme des pathologies à traiter dans le cadre de la présente opération, éventuellement actualisé en cas de nouveaux désordres survenus depuis 2019, sera validé avec la maîtrise d'œuvre durant la période de préparation du chantier.

Cette intervention permettra de disposer d'un état initial actualisé de l'ouvrage avant travaux, qui servira au suivi de l'exécution des réparations et au contrôle des travaux réalisés en fin de chantier.

### 2.2. MISE EN ŒUVRE D'UNE LONGRINE EN PIED DE MUR COTE CANAL

#### 2.2.1. Principe d'intervention

Le principe d'intervention consiste en la mise en œuvre d'une longrine en béton implantée en pied de mur, côté canal, sur l'ensemble du linéaire concerné. Cette longrine a pour fonction de lutter contre le phénomène d'affouillement et de stopper les circulations d'eau vers le Doubs depuis le canal, ainsi que de combler les cavités situées en pied du mur.

La longrine possèdera une section de 0.60 m x 0.60 m permettant de couvrir l'intégralité des affouillements et cavités identifiés dans le cadre du diagnostic subaquatique préalable (NAUTILIA, 2019).

Compte tenu de l'impossibilité de mettre à sec le bief pour des raisons de maintien de la navigation, la longrine sera intégralement réalisée de manière immergée, par une équipe spécialisée en intervention subaquatique.

Des armatures de liaison seront scellées dans le mur existant afin d'assurer une connexion physique entre la longrine et le mur. Ces aciers de liaison ne relèvent pas d'un dimensionnement structurel au sens strict, leur rôle étant exclusivement de solidariser les deux ouvrages pour éviter tout déplacement différentiel.

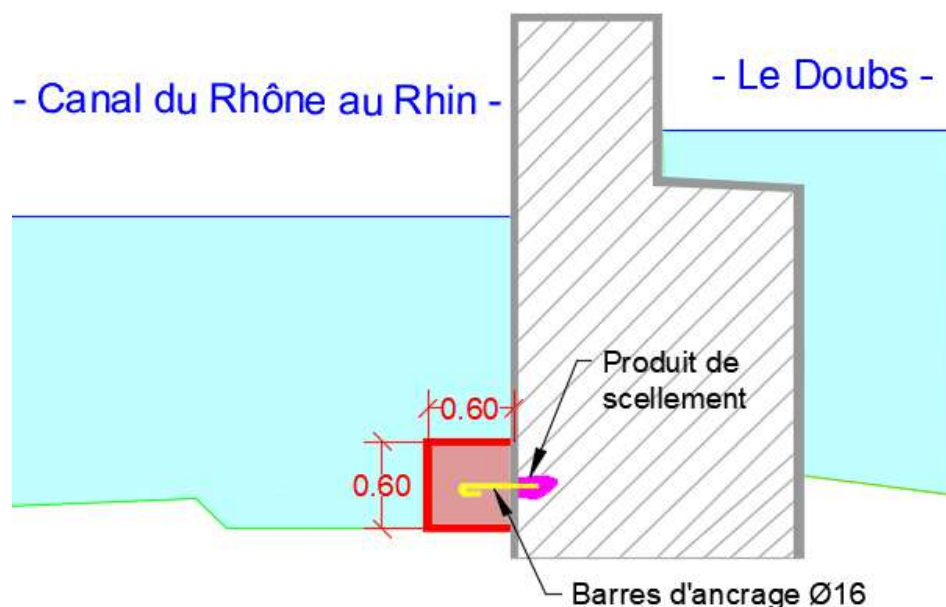


Figure 36. Coupe type de l'ancrage de la longrine en pied du mur

## 2.2.2. Dispositions techniques

### 2.2.2.1. Préparation de l'assise

Il est attendu que les fonds du canal soient relativement hétérogènes.

Un terrassement préalable, depuis une barge, pourra être réalisé sur une emprise de l'ordre de 1.20 à 1.50 m en pied de mur afin de préparer le sol-support qui accueillera la future longrine. Ce terrassement préalable permettra également d'homogénéiser les fonds pour faciliter la pose des coffrages et limiter la présence d'interstices au niveau de l'interface sol/coffrage.

Les matériaux éventuellement excavés, d'origine alluvionnaire, seront remis en place dans le Doubs, de l'autre côté du mur.

Sur les zones nécessitant un terrassement en déblais, des matériaux d'apport insensibles à l'eau et de granulométrie 10/31.5 mm seront mis en œuvre pour reconstituer la couche d'assise qui accueillera la longrine.

### 2.2.2.2. Ancrage dans le mur existant

L'ancrage de la longrine dans le mur existant sera assuré avec des barres d'ancrage, dimensionnées en considérant la résistance au cisaillement des aciers par plot de 10 m. De manière sécuritaire, nous considérons que la totalité du poids propre d'un plot de 10 m est supposée transmise en cisaillement à l'interface avec la maçonnerie existante.

La résistance au cisaillement d'une barre d'acier est donnée par la relation suivante :

$$V_r = 0,6 \cdot f_{yk} \cdot A$$

Avec :

- $f_{yk}$  : limite élastique de l'acier en traction (en MPa) ;
- $A$  : section transversale de la barre (en  $m^2$ ) ;
- $V_r$  : résistance au cisaillement (en kN).

Le choix s'est porté sur des barres HA  $\phi 16$ , dont la section transversale est :  $2.01 \times 10^{-3} m^2$ .

En prenant  $f_{yk}=500$  MPa, on obtient :

$$V_r = 0.6 \times 500 \times 2.01 \times 10^{-3} = 60.30 \text{ Kn}$$

Le poids total d'un plot de 10 m est estimé comme suit :

$$P = b \cdot h \cdot \gamma \cdot L = 0.60 \times 0.60 \times 25 \times 10 = 90 \text{ kN}$$

où :

- $b=0.60$  m: largeur de la longrine ;
- $h=0.60$  m: hauteur de la longrine ;
- $\gamma=25$  kN/ $m^3$ : poids volumique du béton ;
- $L=10$  m : longueur totale d'un plot.

Le nombre de barres nécessaires est alors :

$$N = 90/60.3 = 1.50 \approx 2, \text{ soit 2 barres HA16 / 10 ml au minimum}$$

La longueur d'ancrage minimale d'une barre d'acier est donnée par la formule suivante :

$$l_{b,min} \geq \max \{ 0.3 l_{b,rqd} ; 10 \varnothing ; 100 \text{ mm} \}$$

Avec  $\varnothing$  étant le diamètre de la barre pris égal à 16mm.

On obtient donc :

$$l_{b,min} = 160 \text{ mm}$$

Ces valeurs constituent des quantités minimales à respecter, qui seront validées ou ajustées par l'Entrepreneur dans le cadre de ses études d'exécution.

### 2.2.2.3. Coffrage de la longrine

Des coffrages seront mis en œuvre sous l'eau afin de permettre le bétonnage de la longrine par voie immergée. Compte tenu de la complexité de l'intervention et de l'exiguïté du site, ces coffrages seront sur-mesure et adaptés au mode opératoire de l'Entrepreneur.

Si la nature des coffrages n'est pas imposée, ceux-ci devront respecter les prescriptions techniques suivantes :

- Les coffrages devront pouvoir être lestés et stabilisés au fond du canal durant toute la durée de l'intervention ;

- Les coffrages seront munis de jonctions étanches ou souples, permettant de s'adapter aux éventuelles irrégularités des fonds ;
- Les coffrages pourront être réalisés par plots le cas échéant.

#### 2.2.2.4. Bétonnage de la longrine

La longrine sera réalisée par plots successifs, avec insertion de joints étanches.

Le bétonnage de la longrine pourra être réalisé selon deux modes opératoires, laissés au choix de l'Entrepreneur :

- **Acheminement et mise en œuvre du béton par la voie d'eau :**

Depuis la plateforme située à côté de l'écluse 62, le béton prêt à l'emploi de type immergé sera acheminé à l'aide d'une benne à béton. Celui-ci pourra ensuite être transféré par barge fluviale jusqu'à la zone de mise en œuvre, où il sera coulé sous eau à l'aide d'un tube plongeur assisté par des plongeurs, conformément aux méthodes d'exécution en environnement immergé.



Figure 37. Acheminement du béton par la voie d'eau

- **Acheminement et mise en œuvre du béton depuis la Véloroute :**

Depuis le chemin de halage, qui sera fermé aux cyclistes, le béton pourra être mis en œuvre à l'aide d'une pompe à béton automotrice équipée d'une flèche articulée. La portée du bras devra atteindre environ 20 m à certains endroits.

A noter que cette seconde alternative se heurte à plusieurs inconvénients majeurs :

- Largeur restreinte de la véloroute (environ 3 m) ;
- Conservation d'un tirant d'air minimal au-dessus du canal (**valeur exacte à transmettre par VNF**) ;
- Risque de déstabilisation du talus, nécessitant une évaluation rigoureuse de la portance des sols et des moyens matériels mis en œuvre (poids des engins de pompage) ;
- Risque de dégradation de la véloroute, pouvant occasionner des frais importants de remise en état.

**A ce stade, considérant ces contraintes techniques, un acheminement par la voie d'eau est privilégié.**



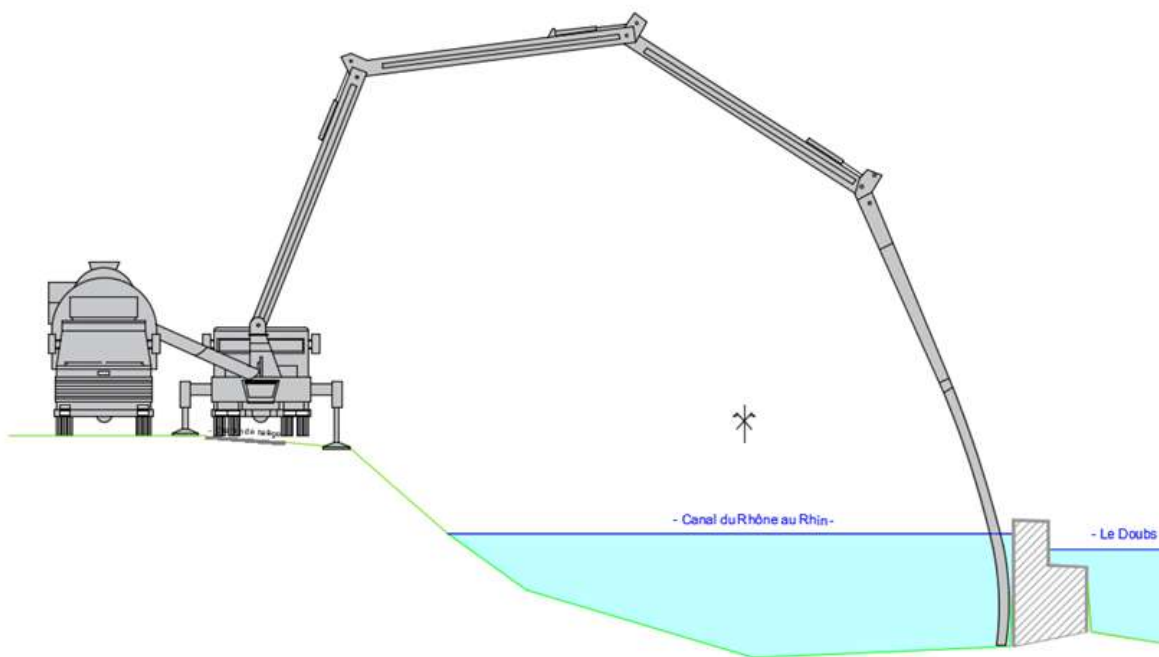


Figure 38. Bétonnage de la longrine depuis le chemin de halage

## 2.3. INJECTION DES FISSURES

### 2.3.1. Principe d'intervention

Des désordres ont été relevés sur la face du mur existant côté canal, sous forme de fissurations localisées. Il s'agit d'une fissure horizontale d'environ 15 m de longueur, ainsi que de trois fissures verticales continues, dont les longueurs sont comprises entre 3,20 m et 3,50 m. Ces fissures ont été caractérisées comme non traversantes et n'entraînent pas de circulation d'eau interstitielle à travers le mur.

De manière générale :

- Les fissures horizontales sont situées en partie supérieure du mur. Celles-ci seront reprises lors de la réfection de l'arase du mur ;
- Les fissures verticales s'étendent sur toute la hauteur de l'ouvrage et seront traitées par injection depuis la crête du mur.

### 2.3.2. Dispositions techniques

Un traitement par injection de coulis à partir de forages de diamètre adapté (16-25mm) sera réalisé depuis la crête du mur jusqu'à la fissure cible. Cette intervention vise à restaurer la continuité du matériau, améliorer la cohésion interne du mur et prévenir toute évolution défavorable du désordre.

En complément, un comblement en surface des fissures depuis la face côté canal sera réalisé, afin de limiter les départs de matériaux et de garantir la pérennité de la réparation.

L'injection sera réalisée par voie gravitaire ou à basse pression afin d'éviter l'endommagement du mur existant. Les critères d'arrêt d'injection seront définis en phase de préparation du chantier et pourront inclure sans s'y limiter :

- La pression maximale recommandée atteinte ;
- Le temps d'injection maximal atteint ;
- Le volume maximal à injecter atteint.

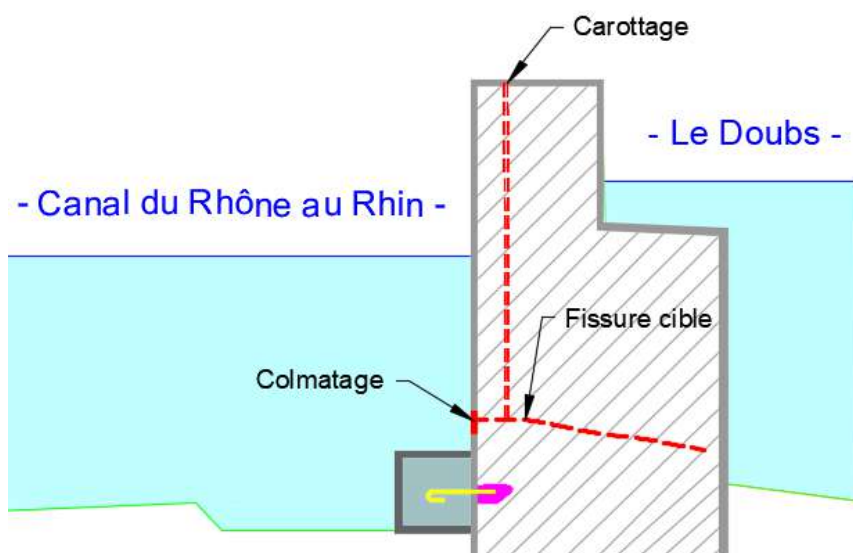


Figure 39. Coupe transversale de l'injection des fissures

L'acheminement des matériels et matériaux se fera par voie fluviale à l'aide de barges.

## 2.4. REFECTION DE L'ARASE DU MUR

### 2.4.1. Principe d'intervention

L'arase du mur présente un état très dégradé sur l'intégralité du linéaire.

L'arase supérieure du mur est à reprendre sur une hauteur moyenne de 0.70 m, et concerne l'intégralité du mur sur 704 m. Localement, l'épaisseur du mur à reprendre pourra atteindre 1.00 m.

L'arase actuelle, particulièrement friable et sujette à un décollement fréquent, sera décapée et substituée par une poutre de couronnement en béton armé ancrée dans l'ouvrage existant.

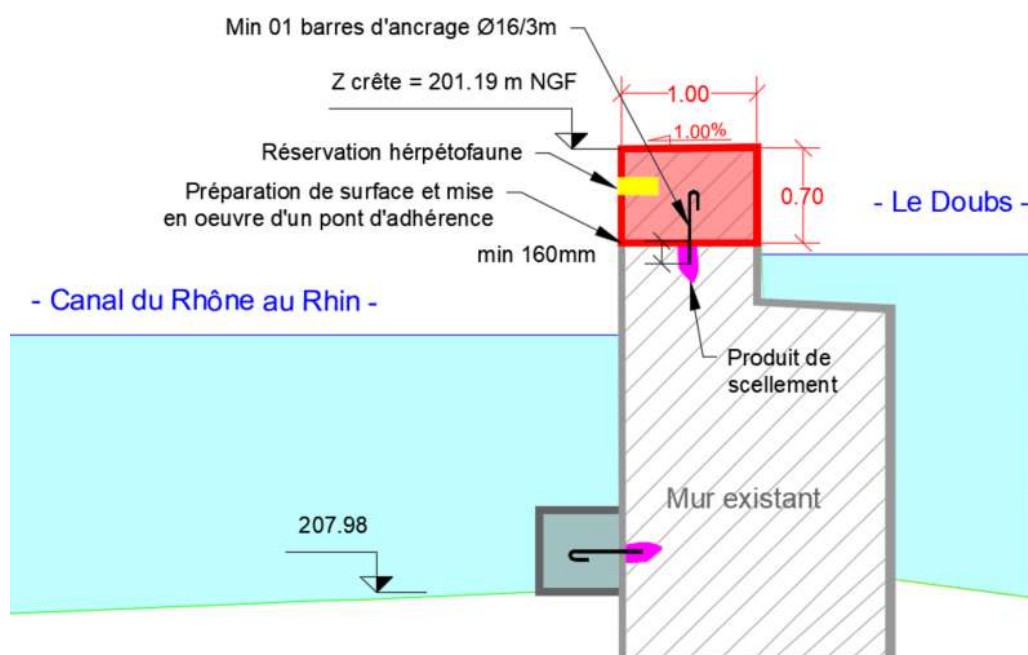


Figure 40. Coupe transversale de la réfection de l'arase du mur

Le phasage de réalisation de la poutre de couronnement sera le suivant :

- Abaissement du niveau d'eau du canal de 1.00 m par l'exploitant VNF, soit jusqu'à la cote 209.80 m NGF environ ;
- Mise en œuvre de madriers en bois sur le déversoir de décharge, par VNF ou par l'Entrepreneur (**à valider avec exploitant**), afin d'éviter les arrivées d'eau en provenance du Doubs en cas de crue ;
- Pose d'un batardeau (type batardeau ventouse) côté Doubs, localisé au droit de la zone à reprendre et mobile à l'avancement du chantier ;
- Pose d'une protection côté canal, permettant de récupérer les débris de démolition ;
- Démolition de l'arase actuelle à la pelle munie d'un BRH, depuis la crête jusqu'à la jonction entre la rehausse béton friable et la maçonnerie saine (environ 0.70 m en moyenne, soit jusqu'à la cote moyenne 210.50 m NGF) ;
- Finition au besoin à la fraise ;
- Préparation de la surface ;
- Scellement des ancrages et mise en œuvre du ferrailage ;
- Mise en place des coffrages ;
- Installation de réservations au droit des enjeux prioritaires pour l'hérapétofaune, soit sur un linéaire d'environ 400m côté canal, prenant la forme de tuyaux annelés de diamètre 10 cm et de longueur 25 cm, insérés entre les aciers tous les 4.00m environ (soit 100 unités) et à 20 cm sous l'arase du mur ;
- Bétonnage par plots moyennant des joints étanches, avec nivellement de l'arase à la cote 211.19 m NGF (= cote moyenne du mur actuel) et pendage de 1% en direction du canal pour limiter la stagnation d'eau sur l'ouvrage.

L'intervention sera réalisée par la voie d'eau, à l'aide de deux barges qui seront stationnées au droit de la zone de travail active. Ces barges occuperont une largeur de l'ordre de 5 m dans le chenal navigable.

## 2.4.2. Dispositions techniques

### 2.4.2.1. Enrobage

L'enrobage minimal des aciers est de **40 mm** avec :

- Classe structurelle : S4 ;
- Durée d'utilisation de projet : 50 ans ;
- Classe d'exposition : XC4-XF3 ;
- $f_{ck} = 30$  MPa (résistance caractéristique à la compression du béton (C30/37)) ;
- Dimension nominale du plus gros granulat : 20 mm ;
- Diamètre des armatures : 16 mm.

### 2.4.2.2. Ferrailage longitudinal minimal

La poutre, reposant directement sur le mur existant, ne sera pas sollicitée en flexion. Son ferrailage sera donc dimensionné non pas pour reprendre des efforts de flexion, mais pour jouer un rôle de tirant soumis à la traction.

Dans ce contexte, la section d'armatures longitudinales sera assimilée à une section minimale, dont l'objectif principal est de limiter l'ouverture des fissures dues à la traction.

Le béton étant un matériau fragile en traction, il fissure dès que la contrainte de traction dépasse sa résistance moyenne à la traction ( $f_{ctm}$ ). Le ferrailage minimal requis est donc déterminé selon la formule suivante :

$$A_{s,min} = \left( \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot A_c$$

Avec :

- $f_{ctm} = 2.90$  MPa (résistance moyenne à la traction pour un béton C30/37) ;
- $f_{yk} = 500$  MPa (limite élastique de l'acier B500B) ;
- $A_c = 0.70 \times 1.00 = 0.70 \text{ m}^2 = 7000 \text{ cm}^2$  (section de béton de la longrine).

On obtient donc :

$$A_{s,min} = (2.90/500) \times 7000 = 40,6 \text{ cm}^2$$

La section minimale d'armatures longitudinales à mettre en œuvre est donc de **40,6 cm<sup>2</sup>**.

### 2.4.2.3. Ferrailage transversal minimal

La section d'armatures transversales (étriers) à mettre en œuvre dans la poutre sera définie sur la base de la section minimale requise, conformément aux prescriptions réglementaires visant à assurer un encadrement efficace du béton, notamment contre le risque de fissuration due à des effets secondaires (retrait, température, efforts locaux, etc.).



La section minimale des armatures transversales est déterminée selon la formule suivante :

$$A_{st,min} = 0,08 \cdot \left( \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{ywk}} \right) \cdot b_w$$

Avec :

- $f_{ck}=30$  MPa (résistance caractéristique à la compression du béton (C30/37)) ;
- $f_{ywk}=500$  MPa (limite élastique de l'acier B500B) ;
- $b_w=0,70$  m (largeur de la longrine).

$$A_{st, min} = 0.08 \cdot ((30)^{0.5}/500) \cdot 0.70 = 8.76 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

La section minimale d'armatures transversales à prévoir est donc de **8,76 cm<sup>2</sup> par mètre linéaire**.

#### 2.4.2.4. Barres d'ancrage

Le dimensionnement des barres d'ancrage est réalisé en considérant la résistance au cisaillement des aciers. De manière sécuritaire, la totalité du poids propre de la poutre est supposée être transmise en cisaillement à l'interface avec la maçonnerie existante.

La résistance au cisaillement d'une barre d'acier est donnée par la relation suivante :

$$V_r = 0,6 \cdot f_{yk} \cdot A$$

Avec :

- $f_{yk}$  : limite élastique de l'acier en traction (en MPa),
- $A$  : section transversale de la barre (en m<sup>2</sup>),
- $V_r$  : résistance au cisaillement (en kN).

Le choix s'est porté sur des barres HA  $\phi 16$ , dont la section transversale est :  $2.01 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

En prenant  $f_{yk}=500$  MPa, on obtient :

$$V_r = 0.6 \times 500 \times 2.01 \times 10^{-3} = 60.30 \text{ kN}$$

Le poids total de la poutre est estimé comme suit :

$$P = b \cdot h \cdot \gamma \cdot L = 0,70 \cdot 1,00 \cdot 25 \cdot 704 = 12\,320 \text{ kN}$$

où :

- $b=0,70$  m: largeur de la poutre,
- $h=1,00$  m: hauteur de la poutre,
- $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$ : poids volumique du béton,

- L=704 m : longueur totale de la poutre.

Le nombre de barres nécessaires est alors :

$$N = 12320/60.3 = 204.3 \approx 205 \text{ barres à répartir sur les 704 ml, soit } 704/205 = 3.43, \text{ soit environ 1 barre / 3ml.}$$

#### 2.4.2.5. Ancrage dans la maçonnerie

La longueur d'ancrage minimale d'une barre d'acier est donnée par la formule suivante :

$$l_{b,min} \geq \max \{ 0.3 l_{b,rqd} ; 10 \varnothing ; 100 \text{ mm} \}$$

Avec  $\varnothing$  étant le diamètre de la barre pris égal à 16mm.

On obtient donc :

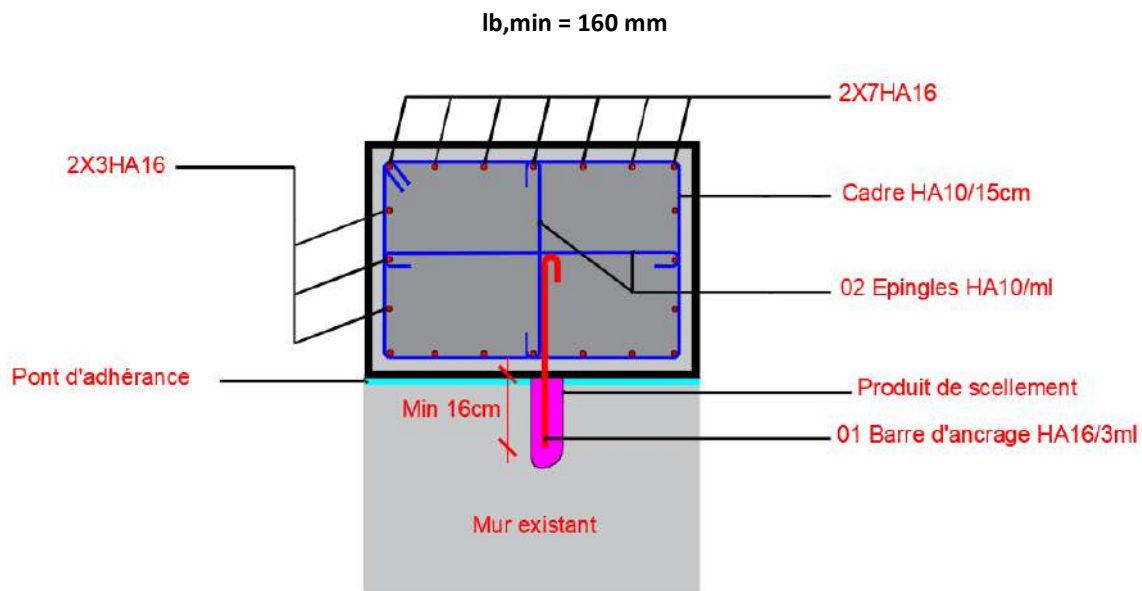


Figure 41. Principe de ferrailage de la poutre de couronnement du mur

#### 2.4.2.6. Préparation de la surface

La préparation de la surface constitue une phase déterminante pour assurer la durabilité et la performance de l'adhérence entre le béton frais et la maçonnerie existante.

Après la démolition soignée de l'arase du mur, incluant le retrait de toutes les parties friables, non cohésives ou insuffisamment adhérentes, une inspection visuelle minutieuse devra être réalisée pour vérifier l'homogénéité et la stabilité du support. Une fois cette étape validée, les opérations de préparation de surface pourront être engagées.

##### 2.4.2.6.1. Nettoyage de la surface

Le nettoyage du support a pour objectif d'éliminer toutes les particules libres, poussières, laitances, contaminants ou résidus susceptibles de nuire à l'adhérence. Cette opération comprendra, a minima, les actions suivantes (liste non exhaustive) :

- Dépoussiérage approfondi du support à l'aide de balais, brosses métalliques ou dispositifs soufflants (air comprimé) pour éliminer les poussières sèches ;
- Nettoyage à haute pression, permettant de décoller les impuretés plus fortement adhérentes, sans altérer la cohésion du support ;
- Décapage mécanique léger, si nécessaire, par ponçage ou grenaillage, afin de générer une rugosité adéquate favorisant l'ancrage mécanique du béton de reprise.

L'objectif est d'obtenir une surface propre, saine, rugueuse, et exempte de toute trace de produit pouvant interférer avec l'adhérence (graisse, huile, laitance, etc.).

#### 2.4.2.6.2. Humidification du support

Avant la mise en œuvre du béton frais, le support devra être préparé par une humidification contrôlée, afin de limiter l'absorption d'eau du mélange et d'éviter les phénomènes de retrait prématuré :

- Le support devra être humecté abondamment, de préférence la veille ou quelques heures avant le coulage, jusqu'à saturation ;
- Avant toute application de pont d'adhérence ou de béton, il faudra attendre l'état de ressuyage : le support doit être humide en profondeur mais sans eau libre à la surface (pas de ruissellement).

Cette humidification garantit une meilleure accroche entre les matériaux et empêche la déshydratation du liant hydraulique à l'interface.

#### 2.4.2.6.3. Mise en œuvre d'un pont d'adhérence

La réalisation d'un pont d'adhérence est indispensable pour assurer la liaison chimique et mécanique entre le support préparé et le béton de reprise :

- Application immédiate après humidification : Le produit d'adhérence devra être appliqué sans délai excessif, dès que l'état de ressuyage est atteint, afin d'éviter toute recontamination du support ;
- Produit adapté au contexte : Le choix du pont d'adhérence devra être conforme :
  - À la nature du support ;
  - Aux exigences du chantier ;
  - Aux conditions environnementales (température ambiante, humidité relative, vent, etc.).
- L'application devra se faire de manière uniforme sur toute la surface, par brossage, pulvérisation ou talochage, en veillant à bien faire pénétrer le produit dans les irrégularités du support ;
- Respect du délai de recouvrement : Le béton frais devra être mis en œuvre frais sur frais, sauf spécification contraire du fabricant, afin de garantir une liaison optimale ;
- Le respect strict des recommandations techniques du fournisseur (fiche technique, temps ouvert, dosage, etc.) est impératif pour garantir la performance de l'interface béton/support.

#### 2.4.2.7. Coffrage de l'arase

Des coffrages seront mis en œuvre afin de permettre le bétonnage de l'arase du mur. Compte tenu de la complexité de l'intervention et de l'exiguïté du site, ces coffrages seront sur-mesure et adaptés au mode opératoire de l'Entrepreneur.

Si la nature des coffrages n'est pas imposée, ceux-ci devront respecter les prescriptions techniques suivantes :

- Les coffrages seront étanches afin d'éviter tout départ de laitance ou substance chimique vers le milieu aquatique ;
- Les coffrages pourront être réalisés par plots le cas échéant, et déplacés à l'avancement du chantier.

#### **2.4.2.8. Prise en compte de la Renouée du Japon**

Un foyer de Renouée du Japon se développe au sein du mur, en partie haute de l'ouvrage, à proximité du déversoir de décharge.

Ce sujet sera extrait manuellement de la maçonnerie préalablement à la réfection de l'arase. Les tiges seront mises à sécher sur une bâche ou dans un big bag, à l'abri de la pluie, sans risquer de bouturer (sol bétonné ou bâché) ni d'être emportées ailleurs.

Une fois sèches, les tiges seront évacuées en déchetterie pour incinération ou broyage éventuel.

## **2.5. CONFORTEMENT DU DEVERSOIR DE DECHARGE**

Le déversoir du bief 61/62 affiche un état dégradé, principalement sur sa partie amont où le mur présente des désordres notables dus au développement de la végétation et aux sollicitations hydrauliques du Doubs.

Afin de renforcer la structure de l'ouvrage et de le préserver des contraintes hydrauliques côté Doubs, le déversoir fera l'objet d'une reprise des murs en retour. Cette intervention sera réalisée dans la continuité de la réfection de l'arase du mur du Moulin des Malades, et selon le même mode opératoire.

Les abords du déversoir seront également confortés par la mise en œuvre d'une protection en enrochements appareillés. Compte tenu de la proximité du Doubs, de la difficulté de mise en œuvre d'un batardeau dans ce secteur et des enjeux écologiques en présence, le liaisonnement des enrochements n'a pas été retenu.

Les travaux de confortement du déversoir comprendront :

- L'arrachage et le nettoyage de la végétation se développant dans la structure du déversoir ;
- La démolition soignée des parties dégradées des murs en retour ;
- La réfection des murs en retour en partie supérieure uniquement, selon le même mode opératoire que pour le reste du mur, avec conservation des rainures à batardeaux ;
- Protection des abords du déversoir, en amont de l'ouvrage uniquement, par mise en œuvre d'une protection en enrochements :
  - Reprofilage de la berge en 3H/2V à 2H/1V ;
  - Pose d'un géotextile anticontaminant ;
  - Mise en œuvre des enrochements par appareillage de deux couches, de blocométrie 500/1000 kg.

La protection en enrochements sera réalisée depuis la berge du Doubs, tant pour l'acheminement des blocs que pour leur mise en œuvre. Les arbres éventuellement à abattre seront à inspecter et marquer par un écologue avant la réalisation des travaux.

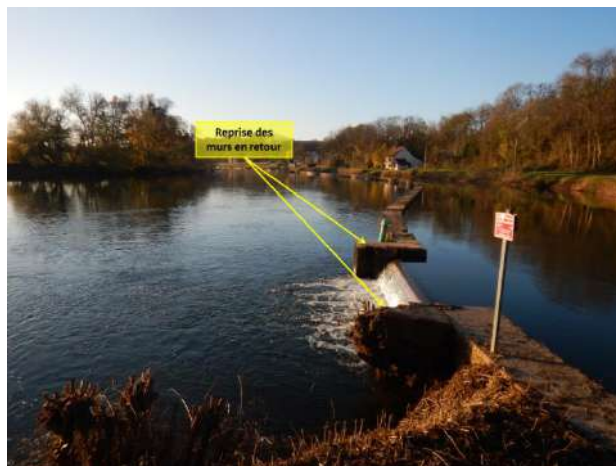


Figure 42. Reprise des murs en retour du déversoir de crue

### 3. RESTAURATION DE LA BERGE EN RIVE DROITE DU BIEF 61/62

#### 3.1. CONFORTEMENT DE LA BERGE PAR UNE PROTECTION EN ENROCHEMENTS

##### 3.1.1. Confortement en section courante

###### 3.1.1.1. Principe d'intervention

Le confortement de la berge rive droite en section courante concerne les linéaires de travaux suivants :

- PM240 à PM275 (35 m) ;
- PM280 à PM295 (15 m) ;
- PM300 à PM340 (40 m) ;
- PM373 à PM386 (13 m) ;
- PM425 à PM465 (40 m) ;
- PM570 à PM583 (13 m) ;
- PM605 à PM635 (30 m) ;

Soit un linéaire total de **186 m**.

Sur ce linéaire, le confortement de la berge passera par la mise en œuvre d'une protection en enrochements. Cet aménagement respectera les principes d'aménagement suivants :



- Mise en œuvre d'un géotextile anticontaminant en partie inférieure de la berge, jusqu'à la zone de marnage du bief ;
- Mise en œuvre de gros blocs d'enrochements en partie inférieure, jouant un rôle d'assise de la protection et de soutien de la berge ;
- Mise en œuvre d'une couche de blocs intermédiaires au-dessus de la zone de marnage, résistants aux sollicitations hydrauliques du Doubs ;
- Mise en œuvre de blocs de plus petit diamètre en partie supérieure, davantage adaptés aux enjeux herpétologiques en présence sur ce secteur.

Considérant la nature du corps de berge, constitué de limons plus ou moins sablo-argileux à graviers sensibles au risque de lessivage, il est rappelé l'importance de mettre en place un géotextile anticontaminant sous les enrochements afin d'assurer une meilleure durabilité de la protection.

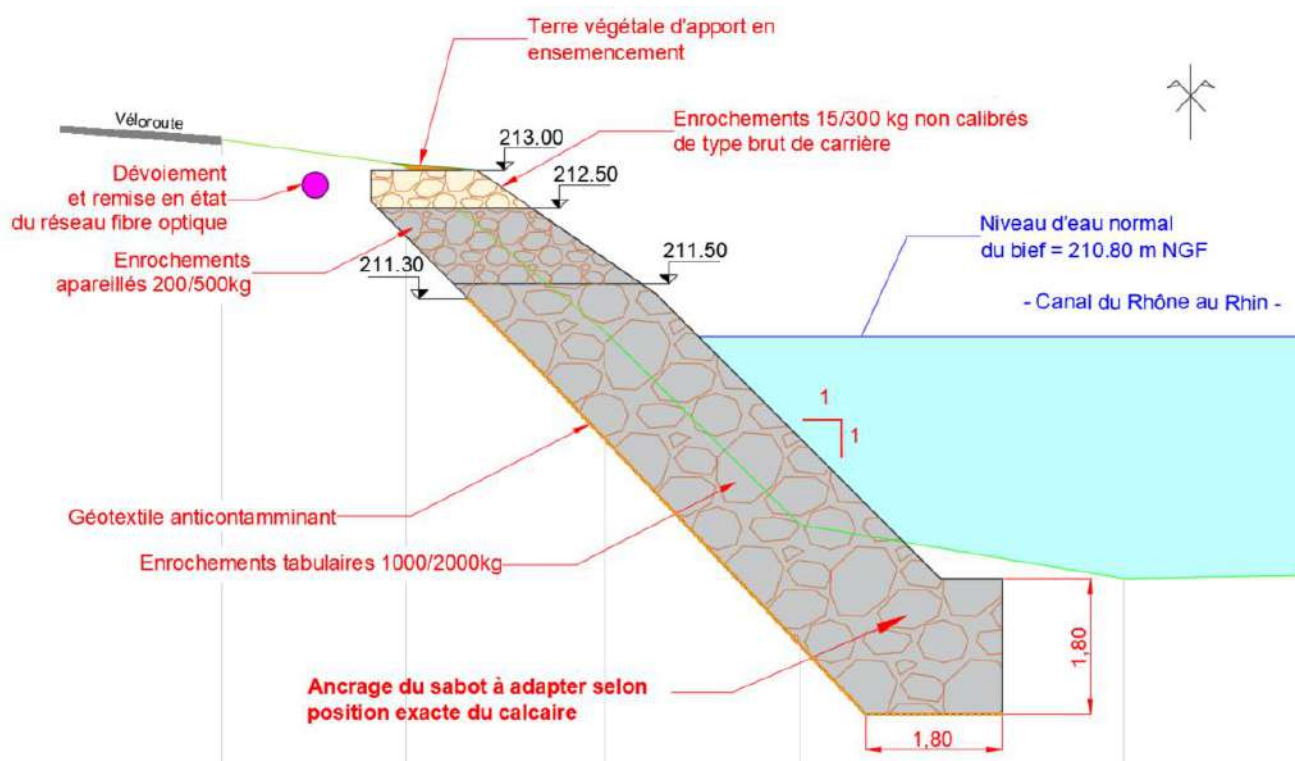


Figure 43. Coupe transversale du confortement de berge en section courante

### 3.1.1.2. Hypothèses de dimensionnement

Les caractéristiques blocométriques retenues pour la protection de berge se basent sur les hypothèses et contraintes de dimensionnement suivantes :

- **Partie inférieure de la berge (208.80 à 211.50 m NGF) :**
  - Objectif de soutènement de la berge nécessitant un rôle stabilisateur des blocs ;
  - Risque d'affouillement faible en raison de :

- L'absence de vitesses d'écoulement significatives, le pied de berge étant situé en fond de canal et relativement protégé des crues du Doubs par le mur ;
  - La présence proche du substratum calcaire, rencontré à la cote moyenne 208.80 m NGF (variant entre les cotes 206.80 et 210.00 m NGF) ;
- Blocométrie retenue : **1 000/2 000 kg (diamètre 90/120 cm).**
- **Partie médiane de la berge (211.50 à 212.50 m NGF) :**
  - Objectif de résistance aux sollicitations hydrauliques du Doubs en cas de crue (par surverse sur le mur) ;
  - Sollicitations hydrauliques modérées en cas de crues biennale à quinquennale (Q5 assimilée au débit de plein bord) :
    - Mise en charge de 1.00 à 1.50 m ;
    - Vitesse moyenne d'écoulement de 1.90 à 2.00 m/s, augmentée d'un facteur de sécurité de 20% (soit 2.28 à 2.40 m/s) ;
  - Blocométrie retenue : **200/500 kg (diamètre 55/75 cm).**
- **Partie haute de la berge (212.50 à 213.00 m NGF) :**
  - Objectif de création de microhabitats pour l'herpétofaune ;
  - Sollicitations hydrauliques réduites en cas de crues biennale à quinquennale (Q5 assimilée au débit de plein bord) :
    - Mise en charge de 0.05 à 0.50 m ;
    - Vitesse moyenne d'écoulement de 1.90 à 2.00 m/s, augmentée d'un facteur de sécurité de 20% (soit 2.28 à 2.40 m/s) ;
  - Blocométrie retenue : **Blocs rocheux non calibrés de type brut de carrière (diamètre 30/70 cm).**
- **Accotement de la Véloroute (213.00 à 213.20 m NGF) :**
  - Présence du réseau fibre optique ;
  - Remise en état en terre végétale et enherbement.

A noter que les cotes altimétriques sont des cotes moyennes données à titre indicatif, susceptibles de varier en fonction du profil considéré.

### 3.1.1.3. Modalités d'exécution

***Le rapport de mission géotechnique G2-PRO relatif à la protection de berge en enrochements est joint en annexe du présent rapport.***

La protection en enrochements sera aménagée selon les modalités suivantes :

- Abaissement du niveau d'eau de 1.00 m par l'exploitant VNF, soit jusqu'à la cote 209.80 m NGF environ :

Il sera impératif de procéder à un abaissement du canal en vidange lente et de laisser les pressions interstitielles des talus se dissiper et s'équilibrer avec le niveau d'abaissement du canal avant d'ouvrir sous l'eau les talus provisoires en

1H/1V pour la mise en œuvre des enrochements. Aucune surcharge ne pourra être conservée en crête de talus pendant les travaux, imposant :

- Soit une intervention depuis la voie d'eau ;
  - Soit un déport des engins mécaniques par rapport à la fouille.
- Retrait de la végétation en place éventuelle ;
  - Terrassement pour reprofilage de la berge :

Les travaux de terrassements ne poseront pas de problème d'extraction, sauf dans le calcaire où des moyens spécifiques seront nécessaires.

Les talus et les fonds de fouille seront terrassés de manière soignée au godet plat afin de limiter les remaniements des sols en place. Toute poche de matériaux glissés dans les talus demeurant après son dégraissage devra être purgée et remplacée par des granulats d'apport insensibles à l'eau, de type concassé calcaire 20/80 mm).

Les ouvertures de fouille seront réalisées par plots successifs (de longueur 6.00 m par exemple) afin de limiter les risques de déstabilisation de la berge. En cas de crue annoncée sur le Doubs, aucune nouvelle fouille ne pourra être ouverte et l'ensemble des fouilles déjà ouvertes seront refermées dans les meilleurs délais. Le délai entre l'ouverture des fouilles et leur comblement par les enrochements devra être réduit au strict minimum de manière à bénéficier des caractéristiques à court terme des sols.

Lors des opérations de terrassements, le réseau fibre optique présent en haut de talus sur une partie du linéaire sera dévié et protégé pendant toute la durée des travaux. Il sera remis en place en arrière de la protection en enrochements à l'issue du chantier.

- Mise en œuvre d'un géotextile anticontaminant, depuis le fond de fouilles jusqu'à la cote 211.30 m NGF, soit environ 50 cm au-dessus de la cote normale du bief. Statistiquement, d'après la courbe des débits classés, le niveau d'eau du Doubs s'élèvera au-dessus du géotextile anticontaminant pendant près de 5% de l'année (soit environ 18 jours par an), ce qui constitue un compromis répondant aux exigences à la fois structurelles (durabilité de la berge) et écologiques (microhabitats pour herpétofaune) de la protection de berge envisagée.
- Pose des enrochements tabulaires de blocométrie 1000/2000 kg en partie inférieure de la protection, jusqu'à la cote moyenne 211.50 m NGF, soit environ 1.50 m sous le haut de berge et 0.70 m au-dessus de la cote normale du bief :

Les enrochements seront ancrés dans le fond du canal de façon à créer une assise stable, potentiellement directement sur le substratum calcaire présent à faible profondeur (208.80 m NGF en moyenne).

La protection en enrochements sera constituée de deux épaisseurs de blocs, pour une épaisseur de l'ordre de 1.80 m.

Les enrochements devront être mis en œuvre de façon à ce que les joints d'un rang à l'autre soient bien croisés tel que l'illustrent les schémas suivants :

1. Enrochement stable (joints croisés) :



2. Enrochement instable (joints mal ou non croisés) :



3. Enrochement instable (bloc avec défaut de surface)



Figure 44. Modalités de pose des blocs d'enrochements (source : Mission G2-PRO, GEOTEC 2025)

Une planche d'essai sera réalisée au démarrage du chantier, loin des ouvrages avoisinants et dans les zones de terrassements les moins hautes. Celle-ci aura pour objectif de valider le mode opératoire (modalités d'ouverture des fouilles, ancrage et mise en œuvre des blocs) avant duplication sur le reste du linéaire de travaux.



Figure 45. Exemple de protection de berge en enrochements tabulaires

- Pose des enrochements de blocométrie 200/500 kg en partie supérieure de la protection, jusqu'à la cote moyenne 212.50 m NGF, avec agencement des plus gros blocs en base et des plus petits éléments en tête de berge ;
- Pose de blocs non calibrés (brut de carrière) de 30 cm à 70 cm de diamètre, non colmatés avec placement des plus gros éléments sur le fond de la couche pour éviter un phénomène d'écrasement ;
- Remise en état du haut de berge, avec terre végétale et ensemencement.

### 3.1.2. Confortement spécifique au niveau de la jonction avec le perré (PM698)

La jonction entre la protection en enrochements mise en œuvre en juin 2021 et le perré maçonné adjacent présente une cavité importante, de l'ordre de 2.00 m sous les maçonneries. Cette cavité, due au lessivage progressif sous l'action de l'eau des matériaux fins présents en arrière du perré, peut désormais nuire à la stabilité globale de la berge, mais également de la piste cyclable et de la route départementale située à proximité immédiate.

Dans ce cadre, la cavité observée sera reprise selon le mode opératoire suivant :

- Dépose du perré maçonné sur 3 m au droit de la zone dégradée (PM698 à 701) ;
- Recharge de la cavité par un remblai d'apport insensible à l'eau, de type GNT 20/80 mm ;
- Prolongement de la protection en enrochements existante, avec :
  - Mise en œuvre d'un géotextile anticontaminant ;
  - Utilisation d'enrochements de blocométrie 1000/2000 kg uniquement, dans la continuité de la protection existante ;
  - Liaisonnement au béton de la jonction entre le perré et les enrochements, afin de limiter le lessivage des matériaux les plus fins. En cas de besoin, un batardeau ponctuel par big bag pourra être installé pour mettre à sec la zone lors du bétonnage.

Il est rappelé que ces travaux seront réalisés après abaissement de 1.00 m du niveau d'eau sur le bief.

A noter qu'un foyer de Renouée du Japon est présent dans la berge à cet emplacement. Ce sujet sera traité lors de l'opération, par extraction soignée de la berge. Les tiges seront mises à sécher sur une bâche ou dans un big bag, à l'abri de la pluie, sans risquer de bouturer (sol bétonné ou bâché) ni d'être emportées ailleurs. Une fois sèches, les tiges seront évacuées en déchetterie pour incinération ou broyage éventuel.

Les engins de chantier utilisés pour cette intervention seront nettoyés et désinfectés (au moyen d'un nettoyeur vapeur haute pression ou de la pulvérisation d'une solution désinfectante de Virkon S diluée à 1%) sur une aire étanche dédiée avant de quitter le chantier.



*Figure 46. Cavité actuelle au niveau de la jonction enrochements/perré maçonné (source : TMI, 2023)*



## 3.2. REFECTION DU PERRE MAÇONNE DE L'ECLUSE 61 DE RANCHOT (PM0 A PM24)

### 3.2.1. Pathologies

Le perré maçonné de l'écluse n°61 de Ranchot présente plusieurs pathologies, notamment :

- Présence de végétations ;
- Altération de blocs de pierre ;
- Affaissements localisés du parement ;
- Bombements révélant une perte d'homogénéité structurelle ;
- Fissurations et fractures affectant la stabilité de l'ouvrage.

### 3.2.2. Programme de travaux

La réfection du perré respectera les modalités d'intervention suivantes :

- Abaissement du niveau d'eau du bief de 1.00 m environ ;
- Sur les parties fortement dégradées (environ 70 m<sup>2</sup>) :
  - Nettoyage de la végétation avec élimination des systèmes racinaires susceptibles d'altérer l'ouvrage ;
  - Dépose manuelle et mise en stock provisoire des moellons à réemployer ;
  - Correction du talus pour préparer la pose, avec ;
    - Purge et évacuation des matériaux instables ;
    - Comblement des vides éventuels par remblais d'apport insensibles à l'eau ;
  - Création d'une tranche drainante au-dessus du niveau d'eau normal du bief ;
  - Fourniture et mise en œuvre d'un lit de pose en béton sec d'épaisseur 20 cm minimum ;
  - Repose soignée des moellons en bon état, complétés éventuellement de moellons d'apport sains ;
  - Remplissage des joints avec un coulis de ciment adapté jusqu'à environ 2 cm en retrait par rapport au niveau du joint fini ;
  - Réalisation d'un joint à base de mortier (éventuellement de chaux) ;
  - Installation de barbacanes Ø50 mm espacées d'environ 5 m au niveau de la tranchée drainante.
- Sur les parties peu dégradées (environ 20 m<sup>2</sup>) :
  - Nettoyage de la végétation ;
  - Rejointement des maçonneries.

Des aménagements spécifiques seront prévus pour l'herpétofaune, dans l'objectif de recréer des conditions d'habitats propices aux espèces en présence. Sont prévus sur le perré de l'écluse n°61 :

- En partie inférieure du perré : Installation de réservations pour l'herpétofaune, prenant la forme de tuyaux annelés de diamètre 10 cm et de longueur 25 cm, insérés tous les 4.00m environ et à 20 cm au-dessus du niveau normal du bief (soit à la cote 211.00 m NGF) ;
- En partie supérieure du perré : absence de rejointement des moellons sur plusieurs zones à définir en phase chantier, en lien avec l'écologie.

### **3.3. RECONSTRUCTION DES QUARTS DE CONE DE L'OUVRAGE D'ART (PM386 A PM395)**

L'ouvrage d'art (PM386 à PM395) est dans un état passable, nécessitant une remise en état des quarts de cônes situés de part et d'autre de l'ouvrage.

La reconstruction des deux quarts de cône consistera en la dépose et repose des maçonneries existantes. L'intervention respectera le même mode opératoire que pour la reprise du perré aval de l'écluse n°61.

Les travaux respecteront les modalités d'intervention suivantes :

- Abaissement du niveau d'eau de 1.00 m sur le bief ;
- Nettoyage de la végétation, avec élimination des systèmes racinaires susceptibles d'altérer l'ouvrage ;
- Quart de cône amont :
  - Dépose manuelle et mise en stock provisoire des moellons à réemployer ;
  - Correction du talus pour préparer la pose, avec ;
    - Purge et évacuation des matériaux instables ;
    - Comblement des vides éventuels par remblais d'apport insensibles à l'eau ;
  - Pose d'une rangée de blocs d'enrochements 1000/2000 kg en pied de quart de cône, ancré sur le calcaire, jouant un rôle de butée des maçonneries ;
  - Fourniture et mise en œuvre d'un lit de pose en béton sec d'épaisseur 20 cm minimum ;
  - Repose soignée des moellons en bon état, complétés éventuellement de moellons d'apport sains ;
  - Remplissage des joints avec un coulis de ciment adapté jusqu'à environ 2 cm en retrait par rapport au niveau du joint fini ;
  - Réalisation d'un joint à base de mortier (éventuellement de chaux) ;
  - Installation de barbacanes Ø50 mm.
- Quart de cône aval :
  - Terrassements en déblais pour la purge des matériaux effondrés ;
  - Reconstruction complète du quart de cône, selon mode opératoire précédent et intégrant des moellons d'apport sains.

### 3.4. RECONSTRUCTION DES QUARTS DE CONE DE L'AQUEDUC (PM566)

L'aqueduc (PM566) est dans un état passable, nécessitant une remise en état des quarts de cônes situés de part et d'autre de l'ouvrage.

La reconstruction des deux quarts de cône consistera en la dépose des maçonneries existantes et la réalisation d'une protection en enrochements. L'intervention respectera le même mode opératoire que pour le confortement de la berge rive droite.

Les travaux respecteront les modalités d'intervention suivantes :

- Abaissement du niveau d'eau de 1.00 m sur le bief ;
- Nettoyage complet de l'aqueduc, avec évacuation des souches et débris végétaux ;
- Dépose manuelle des maçonneries constitutives des quarts de cône ;
- Purge des parties instables et dégradées ;
- Reprofilage du talus par matériaux d'apport insensibles à l'eau ;
- Mise en œuvre d'un géotextile anticontaminant ;
- Pose de blocs d'enrochements de blocométrie 1000/2000 kg ;
- Remise en état des abords par terre végétale d'apport et ensemencement.

### 3.5. RESTAURATION DU BETON CYCLOPEEN (PM725 A PM740)

Le parement en rive droite du bief est constitué :

- Dans sa partie inférieure, d'une maçonnerie traditionnelle affichant une altération des joints, la présence de lacunes et une végétation envahissante, incluant des souches et des roseaux ;
- Dans sa partie supérieure, d'un béton cyclopéen affichant une dégradation notable sous la tablette, formant une ligne d'altération caractéristique.

Les travaux de restauration du béton cyclopéen respecteront les modalités d'intervention suivantes :

- Béton cyclopéen :
  - Décroulage des zones dégradées en surface ;
  - Reprofilage ponctuel à l'aide d'un mortier de réparation adapté aux contraintes du site.
- Maçonnerie :
  - Abaissement du niveau d'eau du bief de 1.00 m ;
  - Déracinement et extraction complète des souches et roseaux, en veillant à ne pas détériorer les éléments de maçonnerie encore sains ;
  - Purge des joints altérés et nettoyage soigné des lacunes existantes ;

- Réalisation d'un rejointoiement au mortier compatible avec une exposition en milieu immergé ;
- Comblement des lacunes avec des matériaux similaires à ceux d'origine, respectant l'aspect et la nature de l'ouvrage existant.

## 3.6. EQUIPEMENTS CONNEXES

### 3.6.1. Garde-corps (PM644 à PM698)

VNF a procédé dernièrement à la réparation du garde-corps défaillant situé au droit des enrochements récents (PM644 à PM698).

Dans ce cadre, la remise en état des garde-corps est supprimée du programme de travaux.

### 3.6.2. Escalier d'accès au canal (PM226)

L'escalier d'accès au canal (PM226) présente de nombreuses altérations telles que des éclats de béton, des lacunes de maçonneries, ainsi qu'une souche présente côté aval.

Dans ce cadre, le projet intègre la dépose complète de l'escalier et son remplacement par une protection de berge en enrochements appareillés.

La protection en enrochements s'étendra sur une longueur totale de 10 m et sur une hauteur de 2.70 m. Elle sera mise en œuvre selon le principe d'aménagement développé en section courante de la berge.

## 4. RESTAURATION DE LA BERGE EN RIVE GAUCHE DU BIEF 61/62

La berge rive gauche sera confortée via la mise en œuvre d'une carapace en enrochements en rôle de soutènement du talus et de protection contre le batillage. Cette protection sera mise en œuvre sur un linéaire de 70 m situé entre le portail d'accès au centre d'exploitation VNF et le perré maçonné localisé en amont.

L'intervention respectera le même mode opératoire que pour la protection de berge en rive droite du bief 61/62. Les travaux seront réalisés depuis le haut de berge, avec un approvisionnement des blocs par la voie d'eau afin d'éviter le franchissement du pont dont le gabarit est limitant.

**A noter que la mission géotechnique G2-PRO n'a pas porté sur cette berge.**

## 5. MODALITES D'ACCES AUX ZONES DE TRAVAUX

L'accès au site des travaux pourra s'effectuer depuis la D673, côté écluse n°62, ainsi que par la rue des Acacias depuis la D31, côté écluse n°61.

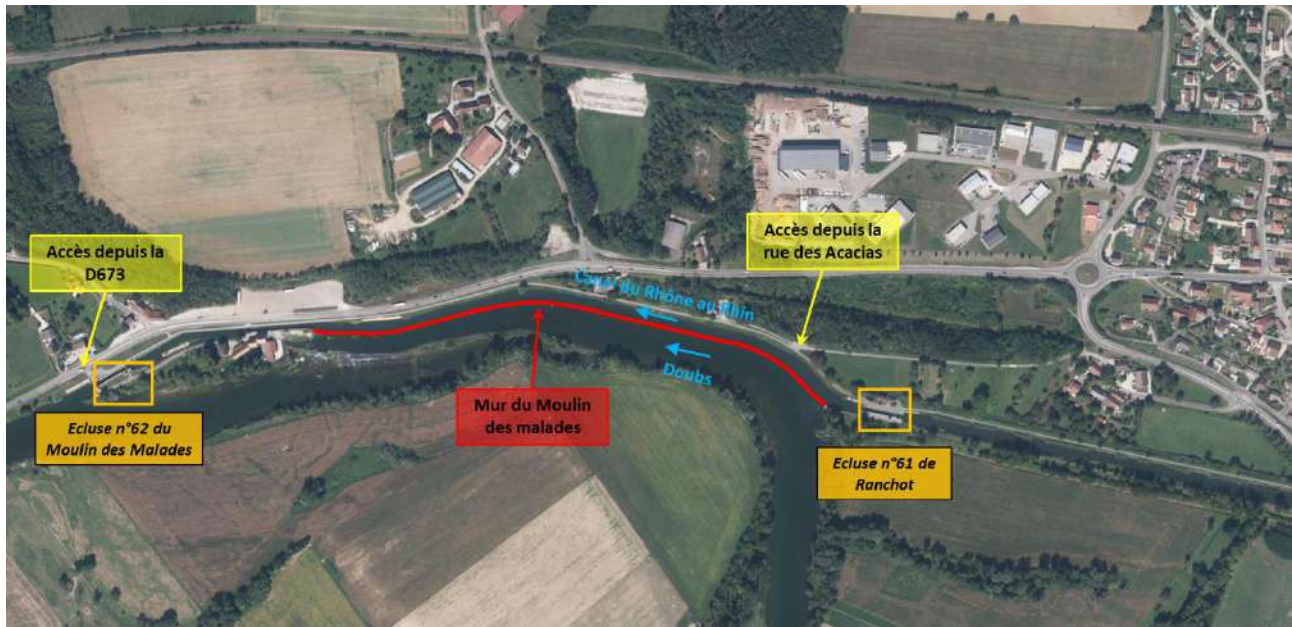


Figure 47. Accès en zone de travaux

Conformément aux échanges tenus avec le Conseil Départemental du Jura, le tronçon de l'Eurovéloroute 6 situé entre les écluses n°61 et n°62 sera fermé à la circulation pendant toute la durée des travaux. Une déviation provisoire sera mise en place, empruntant les RD31, RD76 et RD224.

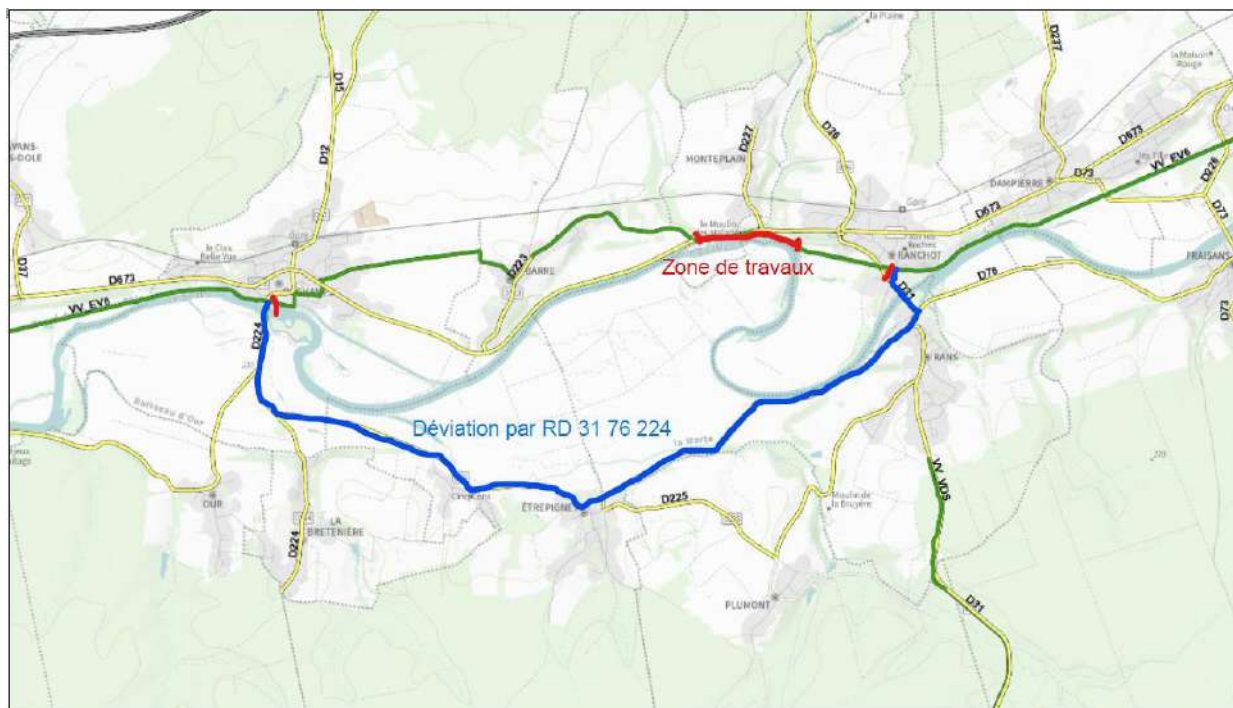


Figure 48. Itinéraire de déviation de l'Eurovéloroute 6



La plateforme localisée côté écluse n°62, dimensionnée pour accueillir des charges lourdes, pourra être utilisée pour le stockage des matériaux ainsi que pour les opérations de manutention. En particulier, les opérations de mise à l'eau des barges ou de leur chargement pourra s'effectuer depuis cette plateforme.



Figure 49. Plateforme de stockage

L'utilisation du chemin de halage pourra également être envisagée en phase travaux, sous réserve de la mobilisation d'engins adaptés :

- En termes de gabarit, la largeur utile du chemin étant d'environ 3 m ;
- En termes de charges admissibles, afin de ne pas compromettre la stabilité de la berge en rive droite. Le poids des engins de chantier devra tenir compte aussi de la présence d'ouvrages traversants dont l'un a été identifié comme étant en mauvais état structurel.

La remise en état des accès empruntés sera à la charge de l'Entrepreneur.



Figure 50. Etat général du chemin de halage

L'accès au déversoir de décharge pourra se faire depuis la RD31, puis en longeant le canal par sa rive gauche.

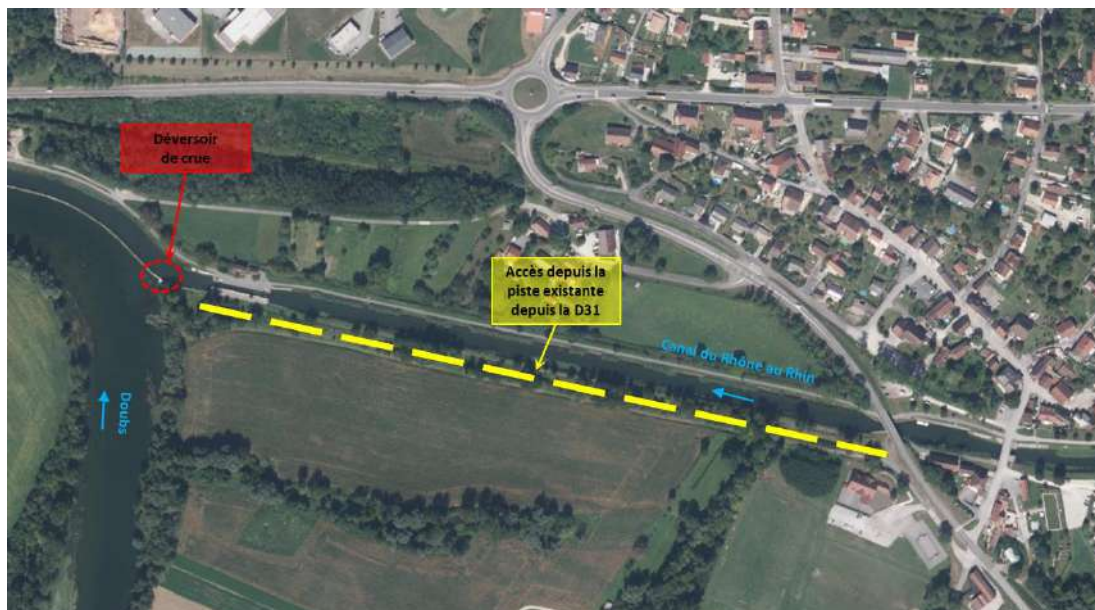


Figure 51. Accès vers le déversoir de décharge du bief 61/62

## 6. PLANNING PREVISIONNEL DE L'OPERATION

Considérant les différentes contraintes impactant les travaux projetés, notamment écologiques, hydrauliques et liées à la navigation sur le canal, le planning prévisionnel de l'opération est le suivant :

- Travaux de confortement de la berge rive gauche (via l'accord-cadre VNF) : Mars 2026 ;
- Travaux de confortement de la berge rive droite (via l'accord-cadre VNF) : De mi-avril à mi-juin 2026 (voire en septembre si besoin d'achever certaines zones de travaux) :
  - Hors période de ponte des reptiles, soit absence de travaux sur la berge entre mi-juin et mi-août ;
  - Hors haute saison de navigation (juillet/août).
- Travaux de restauration du mur (via marché public) : De mi-avril à fin septembre 2026 ;
- Travaux sur les ouvrages connexes (via marché public) : Répartis de mi-mai à mi-juin 2026, et de mi-août à fin septembre 2026.

## Travaux de restauration du mur du Moulin des Malades, de confortement de la berge rive droite et rive gauche sur le bief 61/62

**Calendrier prévisionnel de l'opération**

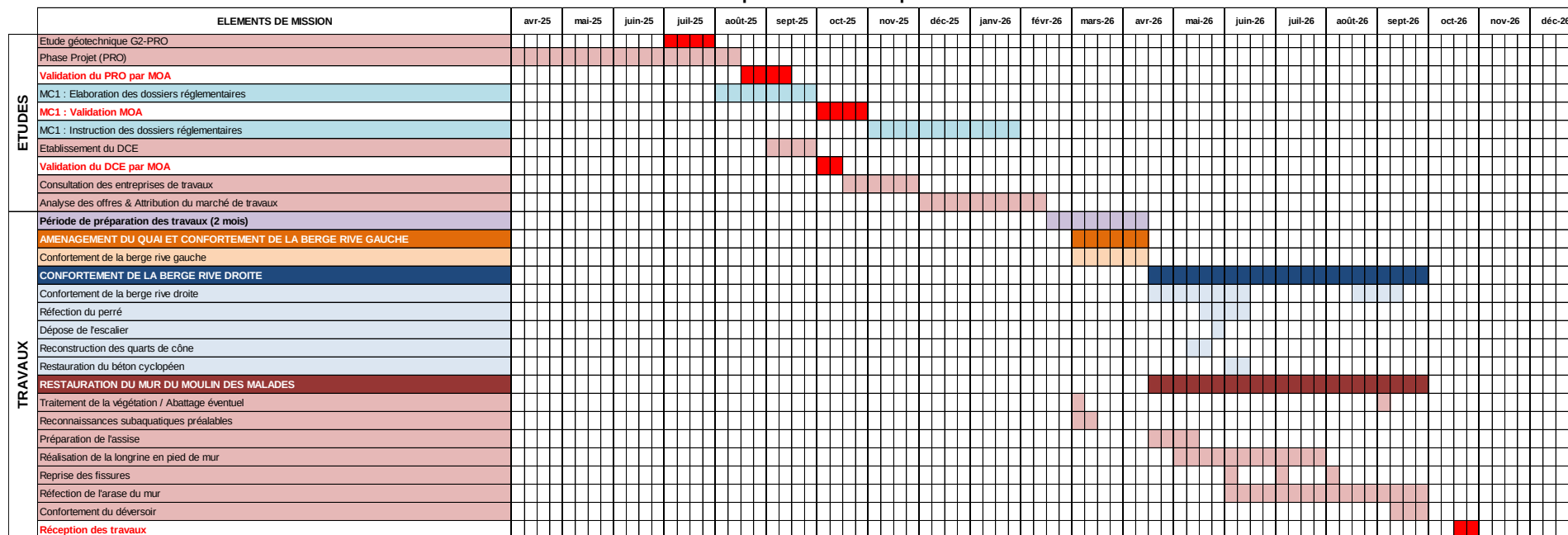


Figure 52. Planning prévisionnel de l'opération

## 7. ESTIMATION FINANCIERE

L'estimation financière des travaux est présentée ci-après.

En accord avec la maîtrise d'ouvrage, les travaux de confortement de berge seront réalisés via l'accord-cadre VNF actuellement en vigueur. Les prix renseignés dans le Bordereau des Prix Unitaires (BPU) de cet accord-cadre ont été utilisés pour mettre à jour l'estimation financière au stade PRO.

Aussi, le chiffrage suivant précise la répartition des coûts estimatifs entre :

- En blanc, le futur marché public concernant les travaux de restauration du mur et des ouvrages connexes du bief 61/62 ;
- En bleu, l'accord-cadre VNF pour le confortement des berges du bief 61/62.

| DETAIL QUANTITATIF ESTIMATIF                                                             |                                                                                                                                                                                    |       |                       |          |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------|----------|-----------------------|
| Restauraton du mur du Moulin des Malades et confortement des berges du bief 61/62 du CRR |                                                                                                                                                                                    |       |                       |          |                       |
| N°                                                                                       | DESIGNATION                                                                                                                                                                        | UNITE | PRIX UNITAIRE en € HT | QUANTITE | MONTANT TOTAL en € HT |
| 0                                                                                        | FRAIS DE CHANTIER                                                                                                                                                                  |       |                       |          |                       |
| 0.1                                                                                      | Installation de chantier, signalisation, clôture, repliement du chantier et remise en état                                                                                         |       |                       |          |                       |
| 0.11                                                                                     | Confortement de berge en enrochements                                                                                                                                              | For.  | 6 000.00 €            | 1.00     | 6 000.00 €            |
| 0.12                                                                                     | Restauration du mur et ouvrages connexes                                                                                                                                           | For.  | 90 000.00 €           | 1.00     | 90 000.00 €           |
| 0.2                                                                                      | Etudes d'exécution, implantation et piquetage                                                                                                                                      |       |                       |          |                       |
| 0.21                                                                                     | Confortement de berge en enrochements                                                                                                                                              | For.  | 3 000.00 €            | 1.00     | 3 000.00 €            |
| 0.22                                                                                     | Restauration du mur et ouvrages connexes                                                                                                                                           | For.  | 45 000.00 €           | 1.00     | 45 000.00 €           |
| 0.3                                                                                      | Etude de formulation du béton avec essais sur le terrain                                                                                                                           | For.  | 14 000.00 €           | 1.00     | 14 000.00 €           |
| 0.4                                                                                      | Plan d'Assurance Qualité (PAQ) / Plan d'Assurance Environnement (PAE) / Plan Particulier pour la Sécurité et la Protection de la Santé (PPSPS)                                     |       |                       |          |                       |
| 0.41                                                                                     | Confortement de berge en enrochements                                                                                                                                              | For.  | 1 000.00 €            | 1.00     | 1 000.00 €            |
| 0.42                                                                                     | Restauration du mur et ouvrages connexes                                                                                                                                           | For.  | 1 500.00 €            | 1.00     | 1 500.00 €            |
| 0.5                                                                                      | Constat d'huissier                                                                                                                                                                 | For.  | 1 000.00 €            | 1.00     | 1 000.00 €            |
| 0.6                                                                                      | Panneau de chantier (yc fabrication, fourniture et dépose en fin de chantier)                                                                                                      | For.  | 1 500.00 €            | 1.00     | 1 500.00 €            |
| 0.7                                                                                      | Plan de récolement et Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE)                                                                                                                          | For.  | 5 000.00 €            | 1.00     | 5 000.00 €            |
|                                                                                          | <b>Sous-total 0</b>                                                                                                                                                                |       |                       |          | <b>168 000.00 €</b>   |
| 1                                                                                        | TRAVAUX PREPARATOIRES                                                                                                                                                              |       |                       |          |                       |
| 1.1                                                                                      | Nettoyage de la végétation sur les emprises de la zone de travail et des accès (y compris dessouchage et évacuation des bois)                                                      |       |                       |          |                       |
| 1.11                                                                                     | Sur le mur du Moulin des Malades et le déversoir (dont arrachage manuel du pied de Renouée du Japon)                                                                               | For.  | 3 000.00 €            | 1.00     | 3 000.00 €            |
| 1.12                                                                                     | Sur les ouvrages en berge rive droite : ouvrage d'art, perrés, aqueduc                                                                                                             | For.  | 2 000.00 €            | 1.00     | 2 000.00 €            |
| 1.2                                                                                      | Aménagement et gestion des accès                                                                                                                                                   |       |                       |          |                       |
| 1.21                                                                                     | Accès fluvial au mur du Moulin des Malades                                                                                                                                         | For.  | 75 000.00 €           | 1.00     | 75 000.00 €           |
| 1.22                                                                                     | Accès terrestre aux ouvrages connexes et en berge                                                                                                                                  | For.  | 4 000.00 €            | 1.00     | 4 000.00 €            |
| 1.23                                                                                     | Accès spécifique au déversoir de décharge                                                                                                                                          | For.  | 2 000.00 €            | 1.00     | 2 000.00 €            |
| 1.24                                                                                     | Accès spécifique aux perrés (amont et aval du bief)                                                                                                                                | For.  | 10 000.00 €           | 1.00     | 10 000.00 €           |
| 1.3                                                                                      | Gestion de l'eau sur le chantier - Batardage et mise à sec des différentes zones de travail (mur, déversoir, ouvrages connexes), yc colmatage des cavités et fissures traversantes | For.  | 50 000.00 €           | 1.00     | 50 000.00 €           |
| 1.4                                                                                      | Reconnaissance subaquatique préalable                                                                                                                                              | For.  | 12 000.00 €           | 1.00     | 12 000.00 €           |
| 1.5                                                                                      | Dévoilement du réseau fibre optique                                                                                                                                                | For.  | 5 000.00 €            | 1.00     | 5 000.00 €            |
|                                                                                          | <b>Sous-total 1</b>                                                                                                                                                                |       |                       |          | <b>163 000.00 €</b>   |
| 2                                                                                        | RESTAURATION DU MUR DU MOULIN DES MALADES                                                                                                                                          |       |                       |          |                       |
| 2.1                                                                                      | Création d'une longrine en pied de mur                                                                                                                                             |       |                       |          |                       |
| 2.11                                                                                     | Mise à disposition de plongeurs pour contrôle subaquatique durant le chantier                                                                                                      | For.  | 70 000.00 €           | 1.00     | 70 000.00 €           |
| 2.12                                                                                     | Déblais/remblais pour préparation de la zone support                                                                                                                               | m³    | 15.00 €               | 400.00   | 6 000.00 €            |
| 2.13                                                                                     | Matériaux d'apport 10/31.5 mm pour reprise de l'assise                                                                                                                             | m³    | 60.00 €               | 200.00   | 12 000.00 €           |
| 2.14                                                                                     | Mise en œuvre de tiges d'ancrage avec perforation                                                                                                                                  | U     | 100.00 €              | 150.00   | 15 000.00 €           |
| 2.15                                                                                     | Mise en œuvre de produit scellement                                                                                                                                                | U     | 50.00 €               | 150.00   | 7 500.00 €            |
| 2.16                                                                                     | Mise en place, déplacement et dépose du coffrage                                                                                                                                   | ml    | 80.00 €               | 704.00   | 56 320.00 €           |
| 2.17                                                                                     | Bétonnage sous eau                                                                                                                                                                 | m³    | 500.00 €              | 280.00   | 140 000.00 €          |
| 2.2                                                                                      | Réfection de l'arase du mur                                                                                                                                                        |       |                       |          |                       |
| 2.21                                                                                     | Démolition du béton                                                                                                                                                                | m³    | 120.00 €              | 550.00   | 66 000.00 €           |
| 2.22                                                                                     | Mise en œuvre d'un pont d'adhérence avec préparation de surface                                                                                                                    | m²    | 40.00 €               | 710.00   | 28 400.00 €           |
| 2.23                                                                                     | Mise en place de tiges d'ancrage avec produit de scellement                                                                                                                        | U     | 60.00 €               | 250.00   | 15 000.00 €           |
| 2.24                                                                                     | Béton armé pour réfection de l'arase                                                                                                                                               | m³    | 1 400.00 €            | 550.00   | 770 000.00 €          |
| 2.25                                                                                     | Tuyau armé Ø100 pour réservation herpétofaune                                                                                                                                      | U     | 5.00 €                | 100.00   | 500.00 €              |
| 2.3                                                                                      | Injection des fissures                                                                                                                                                             |       |                       |          |                       |
| 2.31                                                                                     | Calfeutrement des fissures avant injection                                                                                                                                         | ml    | 100.00 €              | 24.00    | 2 400.00 €            |
| 2.32                                                                                     | Amenée/repli de l'atelier de forage                                                                                                                                                | For.  | 10 000.00 €           | 1.00     | 10 000.00 €           |
| 2.33                                                                                     | Mise en station de l'atelier de forage                                                                                                                                             | U     | 500.00 €              | 3.00     | 1 500.00 €            |
| 2.34                                                                                     | Forage Ø25 mm dans le mur                                                                                                                                                          | ml    | 30.00 €               | 12.00    | 360.00 €              |
| 2.35                                                                                     | Injection du coulis                                                                                                                                                                | ml    | 200.00 €              | 12.00    | 2 400.00 €            |
| 2.4                                                                                      | Confortement du déversoir                                                                                                                                                          |       |                       |          |                       |
| 2.41                                                                                     | Reprofilage de la berge                                                                                                                                                            | m³    | 20.00 €               | 220.00   | 4 400.00 €            |
| 2.42                                                                                     | Géotextile anticontaminant                                                                                                                                                         | m²    | 8.00 €                | 150.00   | 1 200.00 €            |
| 2.43                                                                                     | Enrochements appareillés 500/1000 kg pour confortement de la berge en partie supérieure (yc fourniture et mise en œuvre)                                                           | m³    | 120.00 €              | 220.00   | 26 400.00 €           |
| 2.44                                                                                     | Reprise du bajoyer                                                                                                                                                                 | For.  | 5 000.00 €            | 1.00     | 5 000.00 €            |
|                                                                                          | <b>Sous-total 2</b>                                                                                                                                                                |       |                       |          | <b>1 240 380.00 €</b> |

RESTAURATION DU MUR DU MOULIN DES MALADES ET CONFORTEMENT DES BERGES EN RIVES DROITE ET GAUCHE DU BIEF 61/62 DU CANAL DU RHONE AU RHIN SUR LA COMMUNE DE RANCHOT (39)

|              |                                                                                                                           |                |            |                    |                |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|--------------------|----------------|
| 3            | CONFORTEMENT DE LA BERGE RIVE DROITE                                                                                      |                |            |                    |                |
| 3.1          | Protection de berge en enrochements en section courante                                                                   |                |            |                    |                |
| 3.11         | Terrassement de la berge et de la digue                                                                                   | m <sup>3</sup> | 20.00 €    | 400.00             | 8 000.00 €     |
| 3.12         | Dépose de l'escalier d'accès                                                                                              | Forf.          | 2 000.00 € | 1.00               | 2 000.00 €     |
| 3.13         | Géotextile anticontaminant                                                                                                | m <sup>2</sup> | 3.00 €     | 900.00             | 2 700.00 €     |
| 3.14         | Enrochements appareillés 1000/2000 kg pour confortement de la berge en partie inférieure (yc fourniture et mise en œuvre) | T              | 95.00 €    | 2400.00            | 228 000.00 €   |
| 3.15         | Enrochements appareillés 200/500 kg pour confortement de la berge en partie supérieure (yc fourniture et mise en œuvre)   | T              | 80.00 €    | 500.00             | 40 000.00 €    |
| 3.16         | Terre végétale d'apport pour remise en état                                                                               | m <sup>3</sup> | 45.00 €    | 50.00              | 2 250.00 €     |
| 3.17         | Ensemencement                                                                                                             | m <sup>2</sup> | 2.50 €     | 200.00             | 500.00 €       |
| 3.2          | Reprise de la jonction avec le perré maçonné (PM698)                                                                      |                |            |                    |                |
| 3.21         | Dépose des maçonneries du perré sur 3 m et évacuation                                                                     | m <sup>2</sup> | 60.00 €    | 20.00              | 1 200.00 €     |
| 3.22         | Remblais d'apport GNT 20/80 mm pour recharge de la cavité                                                                 | m <sup>3</sup> | 80.00 €    | 20.00              | 1 600.00 €     |
| 3.23         | Géotextile anticontaminant                                                                                                | m <sup>2</sup> | 3.00 €     | 30.00              | 90.00 €        |
| 3.24         | Enrochements appareillés 1000/2000 kg pour confortement de la berge en partie inférieure (yc fourniture et mise en œuvre) | m <sup>3</sup> | 140.00 €   | 50.00              | 7 000.00 €     |
| 3.25         | Liaisonnement au béton de la jonction perré/enrochements                                                                  | m <sup>3</sup> | 400.00 €   | 4.00               | 1 600.00 €     |
| 3.2          | Réfection du perré de l'écluse 61 (PM0 à PM24)                                                                            |                |            |                    |                |
| 3.21         | Dépose et mise en stock provisoire des moellons                                                                           | m <sup>2</sup> | 80.00 €    | 70.00              | 5 600.00 €     |
| 3.22         | Correction du talus                                                                                                       | m <sup>3</sup> | 100.00 €   | 30.00              | 3 000.00 €     |
| 3.23         | Tranchée drainante                                                                                                        | ml             | 100.00 €   | 20.00              | 2 000.00 €     |
| 3.24         | Lit de pose en béton sec                                                                                                  | m <sup>3</sup> | 300.00 €   | 20.00              | 6 000.00 €     |
| 3.25         | Repose soignée des moellons                                                                                               | m <sup>2</sup> | 60.00 €    | 70.00              | 4 200.00 €     |
| 3.26         | Rejointement des maçonneries                                                                                              | m <sup>2</sup> | 60.00 €    | 90.00              | 5 400.00 €     |
| 3.27         | Fourniture et pose de barbacane                                                                                           | U              | 120.00 €   | 5.00               | 600.00 €       |
| 3.28         | Injection sous eau de la cavité                                                                                           | Forf.          | 2 500.00 € | 1.00               | 2 500.00 €     |
| 3.3          | Reconstruction des quarts de cône de l'ouvrage d'art (PM386 à 395)                                                        |                |            |                    |                |
| 3.31         | Réfection du quart de cône amont                                                                                          | Forf.          | 1.00 €     | 6000.00            | 6 000.00 €     |
| 3.32         | Reconstruction du quart de cône aval                                                                                      | Forf.          | 1.00 €     | 15000.00           | 15 000.00 €    |
| 3.4          | Reconstruction des quarts de cône de l'aqueduc (PM566)                                                                    | Forf.          | 1.00 €     | 20000.00           | 20 000.00 €    |
| 3.5          | Restauration du béton cyclopéen (PM725 à 740)                                                                             |                |            |                    |                |
| 3.51         | Décroutage des zones de béton dégradées                                                                                   | m <sup>2</sup> | 40.00 €    | 30.00              | 1 200.00 €     |
| 3.52         | Réparation ponctuelle au mortier                                                                                          | m <sup>2</sup> | 60.00 €    | 30.00              | 1 800.00 €     |
| 3.53         | Purge et comblement des maçonneries dégradées                                                                             | m <sup>2</sup> | 80.00 €    | 30.00              | 2 400.00 €     |
| 3.54         | Rejointement des maçonneries                                                                                              | m <sup>2</sup> | 60.00 €    | 30.00              | 1 800.00 €     |
| Sous-total 3 |                                                                                                                           |                |            |                    | 372 440.00 €   |
| 4            | CONFORTEMENT DE LA BERGE RIVE GAUCHE                                                                                      |                |            |                    |                |
| 4.1          | Terrassement de la berge et de la digue                                                                                   | m <sup>3</sup> | 20.00 €    | 150.00             | 3 000.00 €     |
| 4.2          | Géotextile anticontaminant                                                                                                | m <sup>2</sup> | 3.00 €     | 420.00             | 1 260.00 €     |
| 4.3          | Enrochements appareillés 1000/2000 kg pour confortement de la berge en partie inférieure (yc fourniture et mise en œuvre) | T              | 95.00 €    | 780.00             | 74 100.00 €    |
| 4.4          | Enrochements appareillés 200/500 kg pour confortement de la berge en partie supérieure (yc fourniture et mise en œuvre)   | T              | 80.00 €    | 200.00             | 16 000.00 €    |
| 4.5          | Terre végétale d'apport pour remise en état                                                                               | m <sup>3</sup> | 45.00 €    | 20.00              | 900.00 €       |
| 4.6          | Ensemencement                                                                                                             | m <sup>2</sup> | 2.50 €     | 80.00              | 200.00 €       |
| Sous-total 4 |                                                                                                                           |                |            |                    | 95 460.00 €    |
|              |                                                                                                                           |                |            | Total € HT         | 2 039 280.00 € |
|              |                                                                                                                           |                |            | TVA (20 %)         | 407 856.00 €   |
|              |                                                                                                                           |                |            | Total € TTC        | 2 447 136.00 € |
|              |                                                                                                                           |                |            | TOTAL AC VNF (€HT) | 386 910.00 €   |
|              |                                                                                                                           |                |            | TOTAL MAPA (€HT)   | 1 652 370.00 € |

Concernant le chiffrage estimatif lié à l'accord-cadre VNF, les quantités et coûts associés sont donnés à titre indicatif et seront à confirmer ou actualiser après échange avec le Titulaire de cet accord-cadre.

## 8. INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

Il est rappelé qu'une **inspection subaquatique finale** sera à prévoir par la maîtrise d'ouvrage à l'issue des travaux. Celle-ci aura pour objectif de vérifier l'état général du mur restauré et la conformité des aménagements réalisés.





## **C. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET MODALITES D'EXECUTION**

# 1. DEFINITION DES CONTRAINTES

## 1.1. CONTRAINTES HYDRAULIQUES

### 1.1.1. Station de référence

La station de mesure du débit du Doubs la plus proche de la zone de chantier est la station du Doubs à Rochefort-sur-Nenon (U2542010), située à 14 km à l'aval du mur du Moulin des Malades.

### 1.1.2. Contrôle des niveaux d'eau au droit du site

Au droit du site des travaux, les niveaux d'eau du Doubs ne peuvent pas être régulés.

En revanche, le niveau d'eau sur le bief pourra être abaissé d'environ 1.00 m pendant toute la durée des travaux. Les niveaux d'eau pratiqués sur le bief 61/62 sont rappelés ci-dessous :

- Retenue normale du bief (valeur moyenne à +/- 5 cm) : 210.80 m NGF ;
- Retenue abaissée durant les travaux (valeur moyenne) : 209.80 m NGF.

### 1.1.3. Travaux en rivière

En cas de crue, le chantier devra pouvoir être interrompu sans difficulté. Les engins et le matériel devront pouvoir être entreposés en dehors du champ d'expansion des crues.

L'entreprise titulaire du marché de travaux devra prendre toutes les mesures nécessaires pour faire face à une éventuelle interruption.

### 1.1.4. Rappels des débits de crue

Les débits de crue du Doubs au droit de la station hydrométrique de Rochefort-sur-Nenon sont rappelés ci-dessous :

Tableau 2. Rappels des débits de crue du Doubs (en m3/s)

| Station | Le Doubs à la station de Rochefort-sur-Nenon (m3/s) |
|---------|-----------------------------------------------------|
| Q2      | 732                                                 |
| Q5      | 918                                                 |
| Q10     | 1 040                                               |
| Q20     | 1 160                                               |
| Q50     | 1 310                                               |

### 1.1.5. Gestion des eaux

#### 1.1.5.1. Travaux par voie terrestre

L'Entrepreneur devra, sous sa propre responsabilité et à ses frais, organiser son chantier de manière à le débarrasser des eaux de toute nature (eaux pluviales, eaux d'infiltration, eaux de source ou de nappes aquifères, ou provenant de

fuites de canalisations, etc.), à ne pas intercepter les écoulements et à prendre les mesures utiles pour que ceux-ci ne soient pas préjudiciables aux ouvrages susceptibles d'être intéressés.

Il devra, notamment, adapter son mode opératoire, protéger les fouilles éventuelles, les plateformes de déblais et de remblais, contre les eaux de surface au moyen de rigoles, de bourrelets, de buses ou de tout autre dispositif agréé par le Maître d'Œuvre, établir et entretenir les rigoles et drains qui amèneront aux puisards les eaux de surface, creuser, boiser, entretenir, curer et combler en fin de travaux les puisards qui apparaîtront nécessaires et dont l'emplacement devra être agréé par le Maître d'Œuvre, sinon imposé par lui en cas de négligence ou d'imprévoyance de l'Entrepreneur.

Les modalités d'isolement hydraulique et de gestion des eaux éventuels devront être adaptées en fonction du type de travaux et des conditions d'exécution.

Les rejets dans le cours d'eau ou dans le canal ne se feront jamais de façon directe, et dans tous les cas l'Entrepreneur devra prendre toutes les dispositions nécessaires (séparation hydrocarbure, décantation et filtration préalable) afin de ne pas polluer le milieu aquatique.

L'Entrepreneur ne pourra élever aucune réclamation ni prétendre à aucune indemnité en raison de la gêne ou de l'interruption de travail, ou des pertes de matériaux ou tous autres dommages qui pourraient résulter des arrivées d'eau consécutives aux phénomènes atmosphériques et hydrologiques.

#### **1.1.5.2. Travaux par voie d'eau**

Les travaux étant localisés dans le canal du Rhône au Rhin, le titulaire du marché devra prévoir l'ensemble des matériels, équipements et matériaux nécessaires à l'exécution des tâches en milieu immergé. L'intervention en zone subaquatique requiert la mise en œuvre de moyens spécifiques adaptés aux contraintes du site, tels que des barges de travail, des grues sur ponton, ainsi que le recours à des plongeurs professionnels qualifiés pour les opérations submergées.

La planification des interventions devra intégrer les variations du niveau d'eau, les courants résiduels, ainsi que les conditions météorologiques, susceptibles d'impacter la sécurité et le déroulement des travaux.

Le coulage du béton en immersion, notamment au pied du mur existant, devra être réalisé à l'aide de techniques appropriées, et avec des formulations de béton adaptées aux environnements subaquatiques. L'ensemble de ces prestations, y compris les moyens logistiques spécifiques, les dispositifs de sécurité, ainsi que les adaptations techniques liées au milieu aquatique, sont réputés compris dans les prix unitaires des ouvrages définis au bordereau des prix.

#### **1.1.6. Isolement et mise à sec du chantier**

Le titulaire du marché de travaux prévoira, installera et fera fonctionner tout matériel de pompage et autres équipements nécessaires pour mettre à sec les zones du chantier où cela sera nécessaire, et aussi longtemps qu'il s'avérera nécessaire pour la réalisation des travaux. Cette prestation est réputée incluse dans les prix unitaires de la réalisation des ouvrages.

Le chantier devra être protégé contre les crues inférieures ou égales à une crue de référence par un dispositif laissé au choix de l'Entrepreneur, permettant d'isoler efficacement le chantier durant la période des travaux. Le titulaire du marché de travaux aura à sa charge, l'entretien et la maintenance de ce dispositif jusqu'à concurrence de la crue de référence retenue.

A titre indicatif, la correspondance entre les niveaux d'eau et les débits du Doubs au droit du mur du Moulin des Malades est représentée sur le graphique suivant :

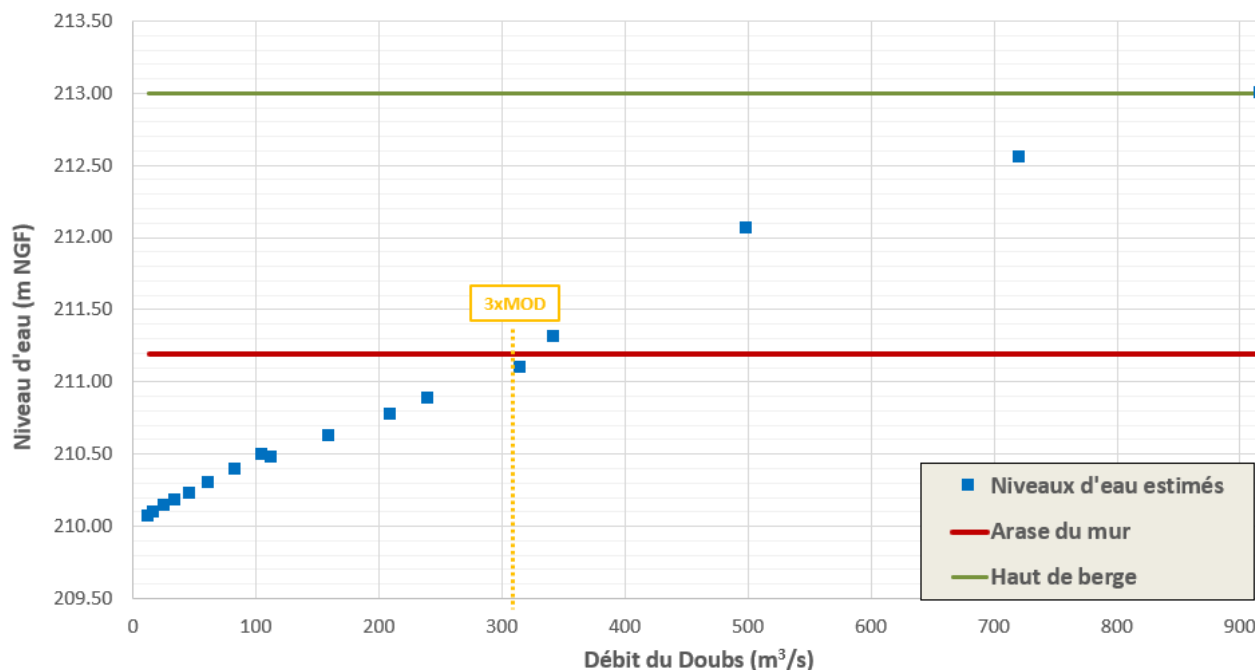


Figure 53. Loi hauteur/débit au droit du mur du Moulin des Malades

Les premiers débordements du Doubs dans le canal, par surverse sur le mur, sont attendus à partir de la cote 211.20 m NGF. Le marnage maximal acceptable sur le Doubs durant les travaux sera de l'ordre de 1.10 m.

Ainsi, la crue de référence retenue est fixée à la crue équivalente à 3 fois le module, soit un débit maximum instantané de 315 m³/s, qui supporte une fréquence de dépassement de l'ordre de 7%. Il s'agit du débit pour lequel des débordements commenceront à avoir lieu dans le canal, par surverse sur le mur, impactant le bon déroulement des travaux.

Les batardeaux nécessaires à la réfection de l'arase du mur et au confortement du déversoir de décharge devront respecter le calage altimétrique du mur, soit une arase des batardeaux à la cote 211.20 m NGF au minimum.

Pour le passage d'une crue de plus faible intensité que la crue précitée, le titulaire du marché sera tenu de s'organiser de façon à ce que la crue ne provoque pas de désordre sur l'ouvrage en construction. De la même façon, le titulaire du marché devra proposer un plan d'installation de chantier compatible avec le risque d'inondation en mettant en œuvre tous les moyens nécessaires pour protéger ses installations de chantiers de toute inondation de plus faible intensité que la crue de retenue (batardeau, lestage, ancrages, etc.).

### 1.1.7. Dispositif de contrôle du niveau d'eau

Afin de suivre le niveau d'eau du Doubs et face au risque de crue, le titulaire du marché de travaux installera une échelle limnimétrique en amont immédiat du mur du Moulin des Malades, côté Doubs. La lecture sur cette échelle devra être aisée, y compris en cas de montée des eaux.

Cette échelle servira de référence et devra faire l'objet d'un calage altimétrique en IGN69. Tout au long du chantier, le titulaire tiendra à jour un carnet de suivi des niveaux d'eau quotidiens, qui restera à disposition de la maîtrise d'œuvre ou de la maîtrise d'ouvrage.

## 1.2. CONTRAINTES DE NAVIGATION

### 1.2.1. Généralités

Les travaux ne devront entraîner aucune gêne à la navigation sur le bief 61/62, et ce, pendant toute la durée du chantier.

Les entreprises sont réputées avoir intégré cette contrainte dans la définition de leur mode opératoire et le choix des engins mis à disposition pour le chantier.

Si l'Entrepreneur souhaite acheminer des matériaux par voie fluviale, il devra mettre en place les signalisations fluviales adéquates, de jour comme de nuit, signalant le chantier et en interdisant l'accès au public. Les bâtiments en stationnement devront également disposer de la signalisation réglementaire de jour comme de nuit. La signalisation devra être maintenue en état durant toute la durée du chantier.

**Le matériel flottant devra être muni de feux prescrits par le règlement de police de la navigation. De plus, les engins flottants au travail, devront être équipés de feux flash (type barrière autoroute) qui seront activés en cas de visibilité réduite (brouillard, forte pluie, ...). Ce dispositif lumineux sera placé dans les ateliers fluviaux pour qu'ils soient visibles par les bateaux montants et avalants.**

Le personnel de l'entreprise devra pouvoir joindre ou être joint en permanence par le représentant du maître d'œuvre, afin de signaler en temps réel tout problème affectant la navigation.

Le matériel flottant utilisé pour ces travaux devra être conforme à la législation en vigueur.

**L'Entrepreneur devra s'assurer que le personnel affecté au pilotage de matériel et engins possède les habilitations et permis en conformité avec ce matériel et ces engins. Les engins flottants devront avoir un certificat de navigabilité.**

Tous les matériels entrant dans le champ d'application des règlements en vigueur, applicables aux bateaux de navigation intérieure doivent être en règle vis-à-vis du contrôle technique et de l'immatriculation, et donc être titulaires des documents officiels résultants :

- Certificat de bateau ou Certificat communautaire ou Certificat de visite ;
- Carnet d'immatriculation ;
- Certificat de jaugeage.

Les termes « engins flottants » ou « bateaux spécialisés » désignent toute construction flottante portant des installations mécaniques et destinées à travailler sur les voies navigables ou dans les ports.

Pour les engins flottants déjà immatriculés, les entreprises doivent présenter le carnet d'immatriculation. Sinon, elles doivent envoyer une demande d'immatriculation au bureau d'immatriculation compétent.

Ces dispositions sont également valables pour les pousseurs ou remorqueurs des entreprises de travaux publics.

La mise à l'eau du matériel flottant et son amarrage, devra être fait aux endroits indiqués par le maître d'œuvre ou son représentant.

En dehors des périodes d'utilisation du matériel flottant et en particulier pendant la nuit, celui-ci pourra rester sur la zone de travail, à un endroit à définir avec le maître d'œuvre ou son représentant.

Toutefois, le titulaire sera responsable de son bon amarrage de façon qu'il ne puisse se détacher.

Celui-ci demeurera responsable des dégradations et des accidents qui pourraient survenir par le fait de son matériel.

Il devra également s'assurer que le personnel des entreprises et intervenant a bien été informé et prémuni contre tout risque de chute dans l'eau.



L'Entrepreneur devra également prendre toute disposition pour que rien ne tombe à l'eau et s'assurer qu'aucun objet ou matériau tombé dans le cours d'eau ne subsiste.

S'il n'est pas possible de procéder à son enlèvement immédiat, l'obstacle devra être balisé de façon très visible et le maître d'œuvre ou son représentant en sera avisé dans les meilleurs délais.

### 1.2.2. Spécificités du bief 61/62

Compte tenu de la navigation sur le bief 61/62 du canal du Rhône au Rhin, le titulaire du marché devra prendre toutes les dispositions nécessaires pour assurer la continuité et la sécurité de la navigation durant l'ensemble des phases de travaux. Il lui appartiendra de coordonner ses interventions avec les services de gestion du canal et les autorités compétentes, afin de respecter les plannings de navigation et de minimiser les perturbations pour les usagers.

Les travaux devront être organisés de manière à maintenir, autant que possible, une largeur de chenal navigable suffisante, en tenant compte du gabarit des bateaux et des règles de navigation en vigueur. En cas de réduction temporaire du gabarit ou de fermeture partielle de la voie d'eau, des dispositifs de signalisation spécifiques devront être mis en place conformément aux prescriptions applicables à la navigation intérieure.

Toute demande de restriction ou d'interruption temporaire de la navigation devra faire l'objet d'une demande préalable et justifiée, soumise à l'approbation de l'autorité gestionnaire du canal, dans les délais réglementaires. L'ensemble des mesures de gestion de la coactivité avec la navigation est réputé inclus dans les prix unitaires du marché.

En particulier, hormis les bateaux de plaisance de petit gabarit, est également attendu sur le bief 61/62 le passage de péniches-hôtels au gabarit Freycinet. Ces bateaux nécessitent un mouillage minimal de 2.00 m, ainsi qu'un axe de giration suffisant pour permettre le libre passage de leur gabarit (longueur = 38 m ; largeur = 5.50 m).

En 2026, 15 allers-retours de péniches-hôtels sont planifiés durant la période du chantier, répartis à raison d'un aller-retour par semaine comme suit :

- Passage avalant les samedis matins ;
- Passage remontant les mardis soirs.

**Ces informations sont données à titre indicatif à ce stade. Les dates et horaires exacts de ces passages seront communiqués par la société d'exploitation des péniches-hôtels.**

L'Entrepreneur a pris connaissance de la contrainte des péniches-hôtels et organisera son chantier pour éviter toute interruption de leur navigation.

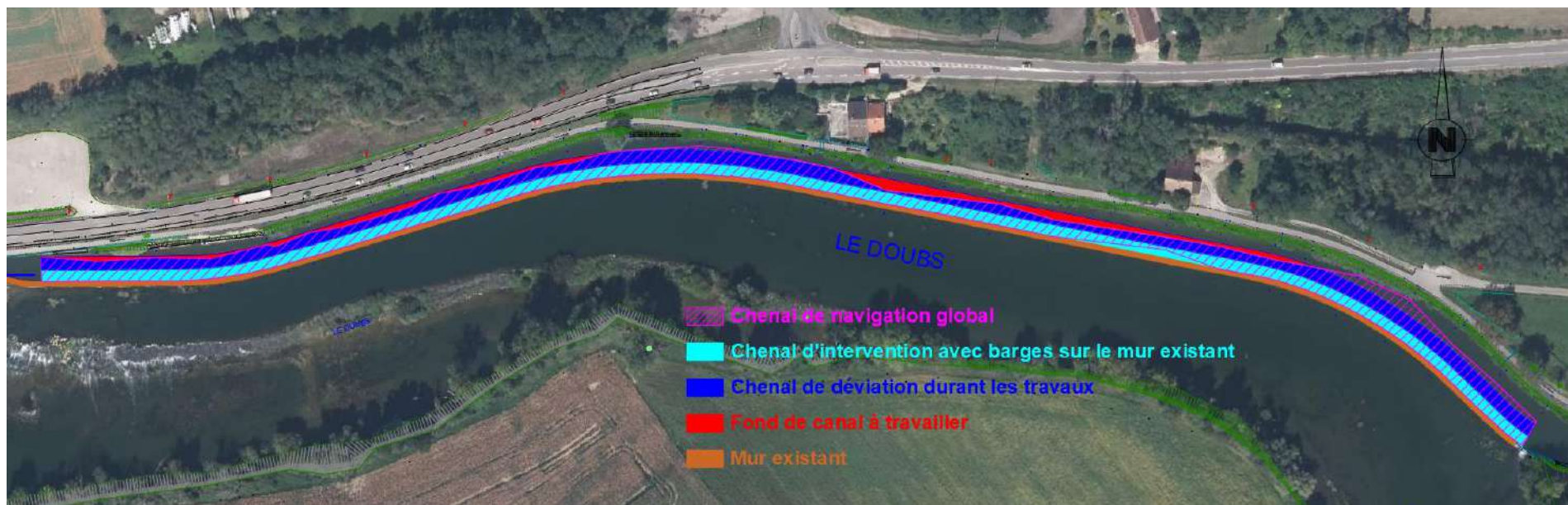


Figure 54. Contraintes de navigation en phase travaux

### 1.3. CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES

#### 1.3.1. Risques de pollution

Les produits polluants et les stocks de carburant seront interdits sur le chantier, en dehors de zones prévues à cet effet et aménagées en conséquence (aire étanche, bac de rétention, ...) situées à bonne distance du milieu aquatique.

Par ailleurs, et à toutes fins utiles, une consigne relative à la conduite à tenir en cas d'écoulement accidentel d'hydrocarbures provenant des engins sera donnée au personnel intervenant sur le chantier. Un kit anti-pollution contenant des éléments absorbants spécifiquement adaptés, complété par des seaux de matériaux absorbants répartis sur l'emprise des travaux, sera à disposition sur le chantier et dans chaque engin. Ce kit permettra, en cas d'incident, d'absorber le maximum d'hydrocarbures répandus sur le sol avant leur pénétration de ce dernier. De plus, une bâche étanche d'une surface adaptée sera à disposition afin de pouvoir collecter les éventuelles terres polluées par un écoulement accidentel d'hydrocarbures. Le stockage des huiles et carburants est interdit en dehors des emplacements imperméabilisés prévus à cet effet, et à bonne distance du cours d'eau.

La consigne fournie au personnel concerné s'attachera en particulier à définir la manière dont doit être immédiatement utilisé, d'une part, le kit anti-pollution, d'autre part, comment devront être collectées les terres polluées dans un tel cas et les modalités de leur stockage avant élimination. Les terres éventuellement polluées seraient donc collectées, stockées en contenant étanche et éliminées dans un centre agréé.

Par ailleurs, la consigne précisera également les modalités d'intervention du personnel dans un tel cas. Elles consistent essentiellement dans le port de gants, l'interdiction de s'alimenter sur la zone et l'interdiction évidente de manipuler ces produits à proximité d'une source d'ignition.

Enfin, pendant la période de travaux, la présence de personnel engendrera des eaux sanitaires. Les installations sanitaires mobiles des chantiers devront donc ne pas avoir d'effluents (WC chimiques), afin d'éviter tout risque d'atteinte des sols et des eaux.

L'Entrepreneur travaillant à proximité immédiate ou au sein du milieu aquatique, devra vérifier deux fois par jour l'état des engins de chantier (réservoirs, flexibles hydrauliques, etc.) afin de ne pas provoquer des pollutions dans le cours d'eau ou le canal. Tous les engins intervenant dans le milieu aquatique devront être équipés d'huile hydraulique biodégradable.

Par ailleurs une attention particulière devra être portée au risque de dépôts de boues sur les routes en périodes humides. Dans l'hypothèse probable où les travaux auraient lieu durant une telle période, la mise en place d'un système de décrottage des roues de camions avant leur entrée sur les voiries publiques devra être étudiée et mise en œuvre si elle s'avère nécessaire.

L'Entreprise informera immédiatement le Maître d'Ouvrage, le Maître d'Œuvre des déversements accidentels de produits tels qu'huile, graisses, coulis.

Le plein en carburant des engins devra se faire sur une aire étanche, prévue à cet effet. Les stocks éventuels d'hydrocarbures et de produits polluants devront disposer d'une cuve double paroi avec bac de rétention, situés sur une aire adaptée (étanche et sécurisée).

L'Entrepreneur devra avoir en permanence sur le chantier un barrage flottant et des aspiratrices afin de contenir la pollution accidentelle dans la zone de travaux. L'Entreprise informera immédiatement le Maître d'Ouvrage et le Maître d'Œuvre des déversements accidentels de produits tels qu'huile, graisses, coulis.

### 1.3.2. Nuisances sonores

D'une manière générale, les installations ne doivent provoquer aucune gêne pour le voisinage.

Les travaux ne sont pas autorisés entre 20h et 7h, sauf autorisation spéciale à demander au Maître d'Ouvrage.

Les niveaux sonores indicatifs de gênes, tels qu'ils sont définis par la norme AFNOR NFS 31.010, donnent les valeurs suivantes à ne pas dépasser en limites de propriétés (Arrêté du 20.08.1985 - zones résidentielles urbaines) :

- De 7 heures à 20 heures 55 dB (A) ;
- De 6 heures à 7 heures et de 20 heures à 22 heures 50 dB (A) ;
- De 22 heures à 6 heures 45 dB (A).

### 1.3.3. Mesure de protection des milieux naturels

Les mesures suivantes devront être respectées :

- Intervention en dehors de la période à plus forts enjeux écologiques ;
- Coupe de végétation limitée aux emprises validées par le maître d'œuvre ;
- Pose et entretien de dispositifs de filtration/décantation des eaux à prévoir en fonction des besoins ;
- Piquetage/balisage des zones à enjeux (faune et flore) à proximité des zones d'évolution des engins ;
- Piquetage/balisage des foyers d'espèces invasives éventuels ;
- Evacuation des déchets végétaux et broyats à l'avancement ;
- Information du maître d'œuvre en cas de présence de nids ou d'animaux repérés sur les sites d'intervention afin de faire intervenir un écologue ;
- Nettoyage manuel et soigné des engins de chantier à l'entrée et à la sortie de l'emprise du chantier ;
- Mesures de cantonnement des résidus éventuels d'espèces invasives pour leur évacuation ;
- Toutes sujétions utiles.

Lors de la réalisation des travaux, les zones de stockage et de circulation des engins devront favoriser des surfaces inertes (parking, places en tout-venant, etc) afin de limiter les impacts sur les habitats d'espèces protégées.

Les principales zones à enjeux et zones inertes à prendre en compte en phase travaux sont localisées sur la carte suivante :

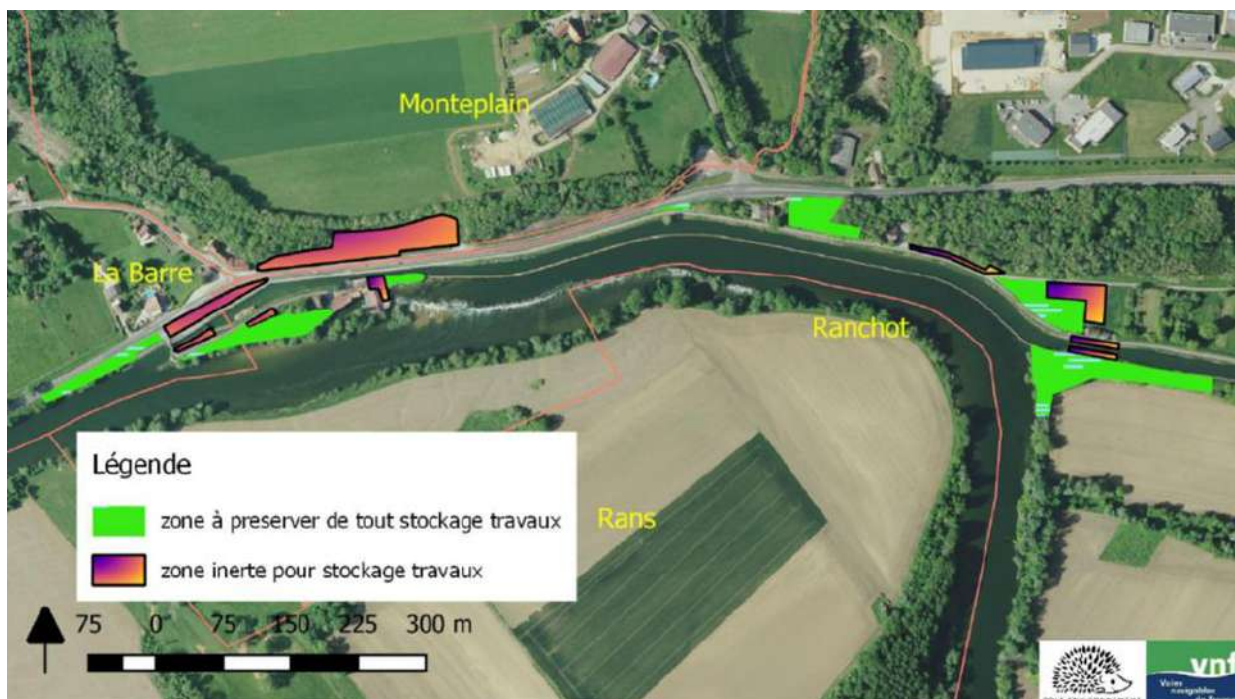


Figure 55. Localisation des zones à enjeux et zones inertes aux abords du site de travaux

#### 1.3.4. Espèces végétales invasives

Tout chantier est susceptible de favoriser le développement d'espèces jugées envahissantes (ou invasives).

**Dans le cas présent, deux foyers de Renouée du Japon ont été identifiés dans l'emprise des travaux, ponctuellement sur la berge rive droite du bief 61/62 et sur la partie amont du mur du moulin des Malades.**

**Une attention particulière devra également être portée en phase chantier sur la non-introduction de la Myriophylle hétérophylle, plante aquatique hautement invasive. Actuellement présente sur le canal du Rhône au Rhin entre Dole et Saint-Vit, elle est pour l'instant absente du bief 61/62.**

La plus grande discipline est attendue de la part de l'entreprise lors des travaux afin de réduire les risques d'introduction et/ou de dissémination d'espèces exotiques envahissantes.

Pour cela, l'entreprise devra respecter les règles techniques et la réglementation *ad hoc*.

Les éventuels stocks de matériaux d'apport, feront l'objet au préalable, si possible, d'un contrôle visuel. Le cas échéant, l'entreprise devra apporter les garanties de l'absence d'espèces indésirables.

Les engins de chantier seront nettoyés et désinfectés (au moyen d'un nettoyeur vapeur haute pression ou de la pulvérisation d'une solution désinfectante de Virkon S diluée à 1%) avant le démarrage des travaux, de manière à éviter l'introduction d'espèces végétales invasives et d'agents pathogènes de la faune sauvage, ainsi qu'en sortie de chantier afin d'éviter toute dissémination des foyers actuels.

L'attention du titulaire est attirée sur le fait qu'en cas de constat d'apparition spontanée d'un foyer de plantes invasives à l'endroit même des travaux, sur les emprises qui en sont dépourvues avant le démarrage des travaux, dans les 12 mois après réception du chantier, preuve d'une défaillance de contrôle de sa part, il lui sera expressément demandé d'en assurer le traitement à ses frais sous visa et acceptation du protocole par le maître d'ouvrage, jusqu'à l'éradication complète de la ou des espèces posant problème.



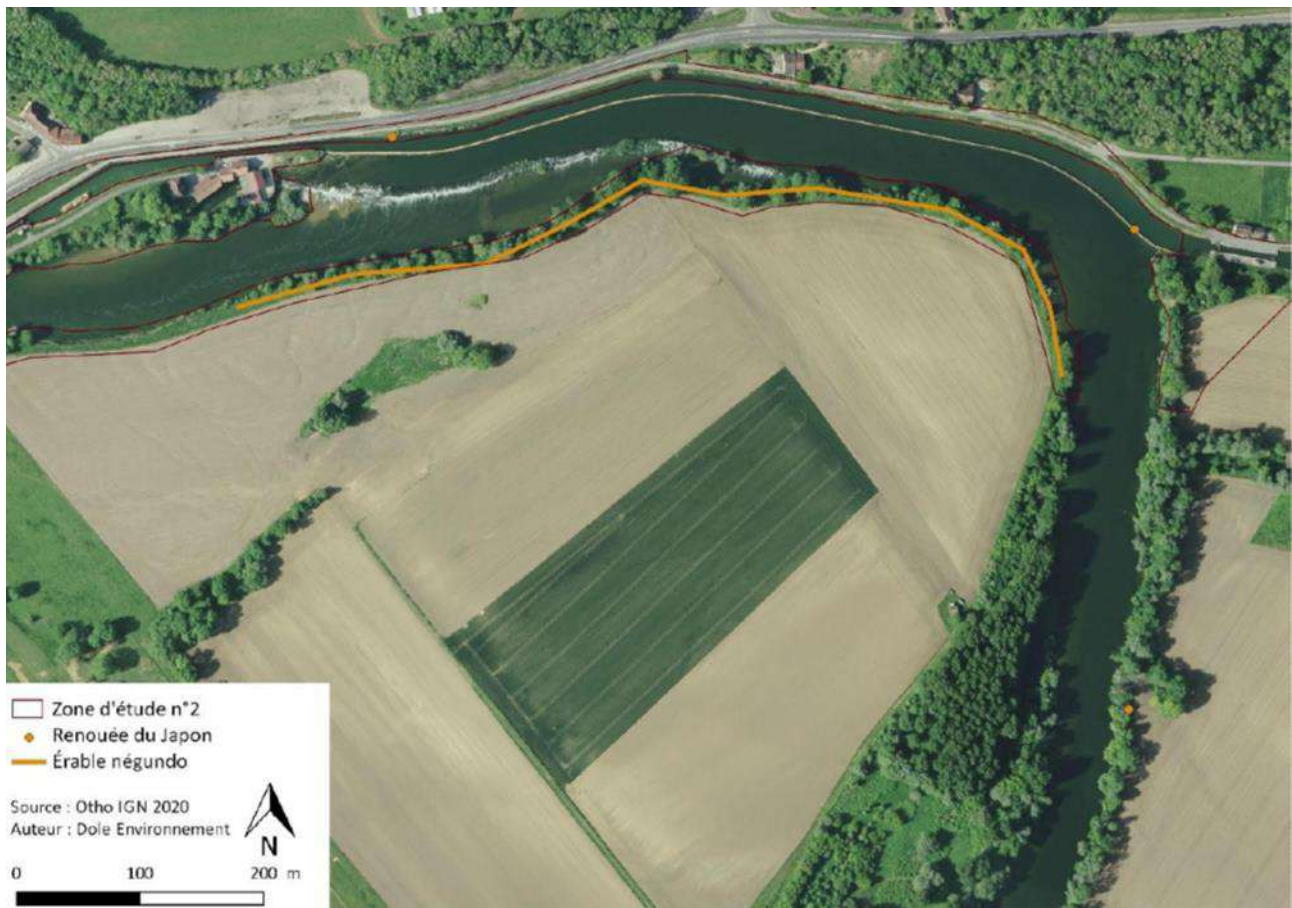


Figure 56. Localisation des foyers d'espèces exotiques envahissantes

### 1.3.5. Espèces protégées

Les travaux seront réalisés de manière à respecter les équilibres biologiques et limiter au maximum les nuisances, par le biais des mesures citées ci-après.

Il est prévu de respecter strictement l'emprise prévue des aménagements afin de réduire les surfaces de milieux détruits.

Les zones de travail seront balisées (avec piquets et rubalise, filets avertisseurs, etc.) pour limiter au maximum les risques de dégradation d'habitats naturels. Le passage des engins ainsi que tous les déplacements d'engins de chantier se feront uniquement sur une bande aménagée à cet effet.

Les aires de manœuvres des engins, d'acheminement et de dépôt de matériel devront éviter au maximum les milieux sensibles.

Le personnel en charge de la réalisation des travaux sera soigneusement sensibilisé aux risques de nuisances sur la faune et la flore, et sera formé aux mesures décrites ci-dessus. Leur application sera vérifiée par le conducteur de travaux et des visites régulières du pétitionnaire.

L'Entrepreneur est informé de la présence de trois espèces protégées de reptiles sur la zone de travaux, comprenant parmi elles la Couleuvre vipérine avec une population relativement importante sur le secteur de l'îlot du moulin des Malades et de l'écluse 62.

Etant donné la présence avérée de ces espèces protégées, dont une à forte patrimonialité, tous travaux de confortement des berges, et ce quelle que soit la technique retenue, devront comprendre un accompagnement herpétologique incluant le suivi des reptiles avant, pendant et après le chantier (inventaires, captures, déplacements et/ou mise en captivité ex-situ).

L'Entrepreneur se conformera aux consignes éventuellement transmises par l'écologue mandaté par VNF et en charge du suivi environnemental du chantier. Il est notamment prévu le passage d'un écologue en phase chantier afin de vérifier la présence éventuelle d'individus, leur capture et leur déplacement hors emprise de travaux (dans des habitats favorables proches ou en captivité ex-situ).

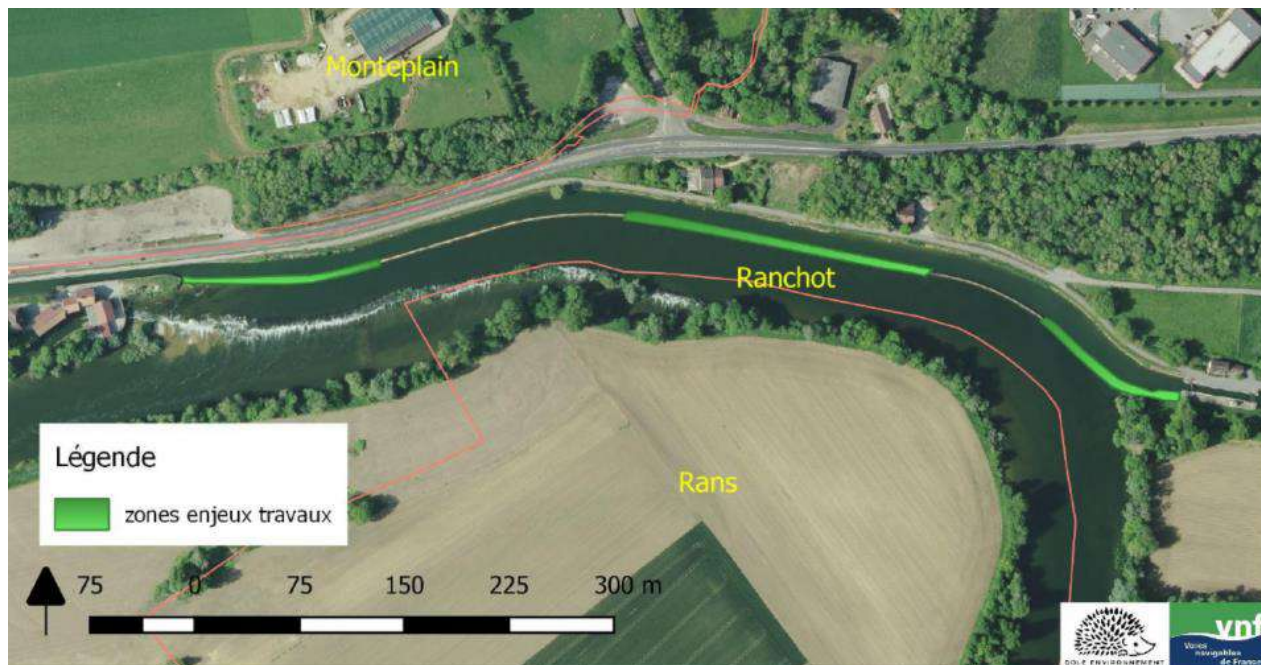


Figure 57. Localisation des zones à enjeux vis-à-vis de l'herpétofaune

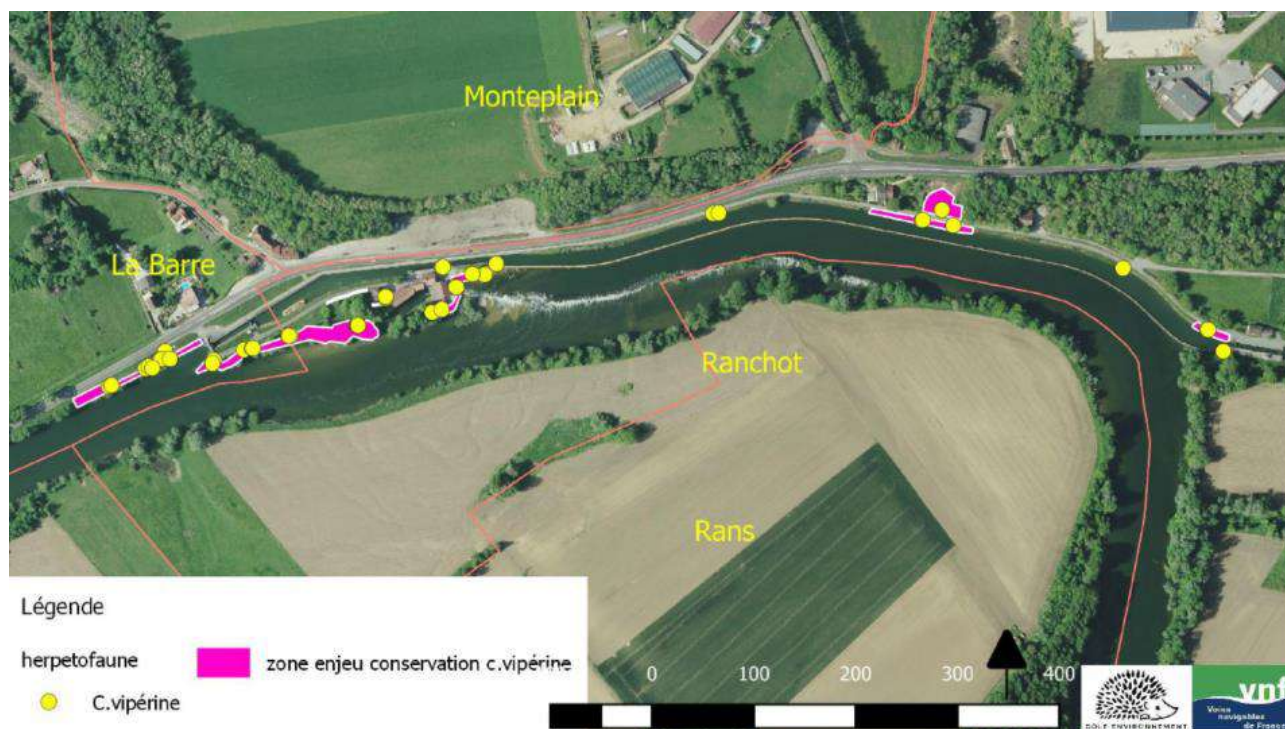


Figure 58. Localisation des zones à enjeux majeurs de conservation pour la Couleuvre vipérine (source : DOLE ENVIRONNEMENT)



### 1.3.6. Gestion des déchets

La gestion des déchets recouvrira une importance pendant la période des travaux. En effet, c'est durant cette période que la production de déchets sera importante. De plus, il est à noter que les déblais générés par le chantier sont à considérés comme des déchets.

L'ensemble des déchets produits pendant la phase de chantier sera traité conformément à la législation en vigueur.

L'entreprise établira son SOSED précisant les types de déchets, les détails de leur gestion/valorisation/traitement et leur destination.

Un tri sera réalisé sur le chantier pour séparer, a minima :

- Les déchets verts évacués vers un lieu de stockage ou de valorisation agréé. L'évacuation de ces déchets sera gérée par l'Entreprise.
- Les déchets inertes, ayant pour vocation de remblai.

Les déchets banals éventuels seront soit :

- Dirigé vers un centre de recyclage si un accord est obtenu ;
- Éliminés en CET de classe 2.

Si les quantités sont faibles, rapportés vers une déchetterie communale si un accord est obtenu avec celle-ci.

Les déchets spéciaux, en très petites quantités seront collectés de manière spécifique et éliminés dans des conditions adéquates, si possible dans une déchetterie après accord de la mairie au regard des quantités produites.

## 1.4. CONTRAINTES DES OUVRAGES EXISTANTS

L'Entrepreneur devra prendre toutes les dispositions nécessaires au maintien des ouvrages existants en bon état lors de la réalisation des travaux et après travaux.

Une attention particulière sera portée sur les points suivants :

- La plateforme située à proximité de l'écluse n°62, qui sera exploitée pour le stockage des matériaux, et les besoins en manutention ;
- Le pont traversant l'écluse n°62 donnant accès au centre d'exploitant VNF, en cas d'utilisation ;
- L'Eurovéloroute 6 située dans la zone des travaux, qui sera utilisée pour la réalisation des aménagements sur la berge en rive droite et éventuellement pour l'acheminement de matériaux ;
- L'ensemble des ouvrages traversant le chemin de halage, notamment :
  - L'ouvrage d'art situé entre les PM386 et PM395 ;
  - L'aqueduc au PM69 ;
  - L'aqueduc au PM566 ;
  - Le réseau fibre optique exploité par VNF, situé en haut de berge rive droite.
- Les perrés maçonnés situés en extrémité du bief 61/62.

## 1.5. CONTRAINTES D'ACCES AU SITE

### 1.5.1. Installation de chantier

L'emplacement devra être défini en concertation avec le Maître d'œuvre et le Maître d'ouvrage. L'emplacement retenu pourra être utilisé dans le cadre des travaux pour :

- L'installation de la base-vie ;
- L'installation d'un box pour le rangement du matériel ;
- Le stockage journalier des matériaux à mettre en œuvre.

Les installations et accès chantier devront rester propres et sécurisés tout le temps des travaux. Les entreprises sont réputées avoir intégré les contraintes géographiques de la zone de chantier dans l'établissement de leurs prix unitaires.

### 1.5.2. Livraison

Les matériaux seront amenés sur site à l'avancement de manière à ne pas effectuer de stockage sur place en dehors des emprises de chantier. Aucun stockage ne sera autorisé en dehors des zones définies, ni sur des propriétés privées sans accord préalable des propriétaires.

### 1.5.3. Accès au chantier

L'accès au site des travaux de fera par la route départementale D673 au droit de l'écluse n°62 et par la rue des Acacias, accessible depuis la route départementale D31 au niveau de l'écluse n°61. La circulation des engins entre l'amont et l'aval de la zone d'intervention s'effectuera soit par la voie d'eau, soit par l'Eurovéloroute 6, qui sera fermée pour les besoins du chantier.

Par ailleurs, des zones de mise à l'eau des barges sur le canal pourront être envisagées, sous réserve de validation préalable par le maître d'ouvrage. Leur implantation devra être définie de manière à garantir le maintien de la navigation et à éviter toute gêne à l'exploitation du canal.

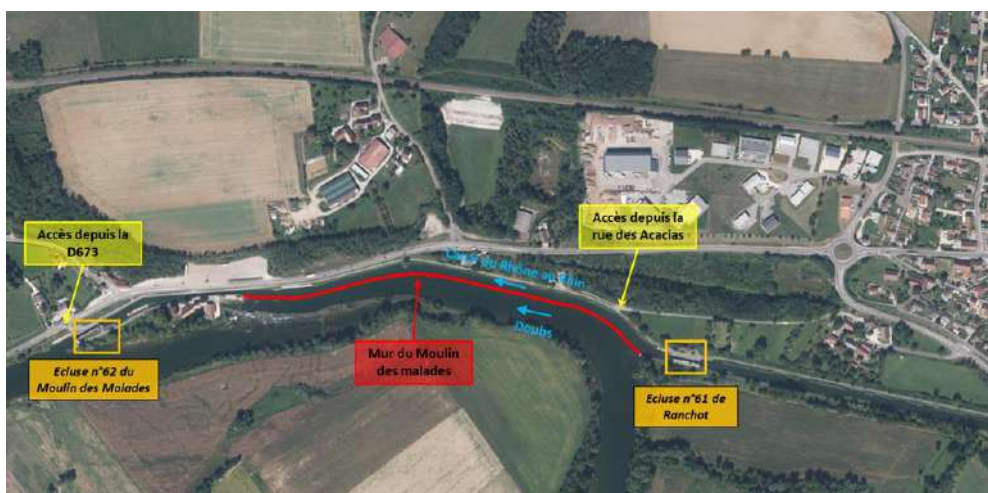


Figure 59. Localisation des accès chantier

## 1.6. CONTRAINTES REGLEMENTAIRES

Les contraintes réglementaires seront associées aux aspects suivants :

- Coupes d'arbres à limiter au strict nécessaire et à réaliser en dehors de la période de nidification de la faune ;
- Décantation et filtration des eaux d'épuisement avant rejet au milieu naturel ;
- Respect des seuils d'émissions sonores ;
- Mise en œuvre des prescriptions habituelles en matière de réduction du risque de pollution : plein de carburant sur aire étanche, engins propres et en bon état de fonctionnement, ...

De manière générale, le chantier devra respecter la réglementation en vigueur en matière de travail dissimulé, de sécurité, d'environnement et de patrimoine.

Plus particulièrement, il devra respecter les arrêtés préfectoraux en vigueur relatifs à cette opération, à savoir :

- Arrêté préfectoral relatif à la Loi sur l'Eau ;
- Arrêté préfectoral relatif à la non destruction des espèces protégées ou de leurs habitats.



## 2. DISPOSITIONS GENERALES

### 2.1. PLAN D'ASSURANCE QUALITE ET RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT

Au cours de la période de préparation, l'entrepreneur établira (selon le souhait du Maître d'Ouvrage) un Plan d'Assurance Qualité et de respect de l'Environnement (PAQE), qui sera soumis au visa du Maître d'Œuvre.

### 2.2. RESEAUX CONCESSIONNAIRES

L'Entrepreneur prendra toutes les dispositions de repérage, piquetage et de protection pour préserver les réseaux existants et maintenus en service.

### 2.3. PREPARATION DU CHANTIER

Voir le paragraphe "Contraintes d'accès au site".

Un piquetage sera réalisé préalablement en présence du Maître d'ouvrage.

Également, un constat d'huissier contradictoire des terrains, accès, bâtiments, etc. sera effectué préalablement aux travaux.

### 2.4. ETUDES D'EXECUTION

#### 2.4.1. Opération à la charge du Maître d'Ouvrage

Tableau 3. Opérations à la charge du Maître d'ouvrage

| N° | Opération              | Documents à fournir                                                                                                    | Délai  |
|----|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1  | Déclaration de travaux | Déclaration de travaux<br>Récépissé des concessionnaires de moins de 3 mois<br>Localisation des sondages si nécessaire | Au DCE |

#### 2.4.2. Opération à la charge de l'entreprise

##### 2.4.2.1. Opérations à exécuter pendant la période de préparation

Sauf indication particulière, les délais au plus tard indiqués dans le tableau ci-après sont à compter de la date de notification de l'ordre de service de commencement des travaux. Les délais sont en jours calendaires.

Tableau 4. Opérations à exécuter pendant la période de préparation

| N° | Opération                                                       | Documents à fournir                                                         | Délai    |
|----|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1  | Plan des installations de chantier                              | Plans + mémoire                                                             | 20 jours |
| 2  | Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux - (DICT)     | Récépissés des lettres recommandées                                         | 15 jours |
| 3  | Programme des travaux                                           | Diagramme, note                                                             | 15 jours |
| 4  | Programme des études d'exécution                                | Diagramme, note                                                             | 15 jours |
| 5  | Plan particulier de sécurité et de protection de la santé PPSPS | Liste des membres du CISSCT, nom du représentant de l'entreprise            | 30 jours |
| 6  | Itinéraires de transport                                        | PV de visite et CR de réunion avec les gestionnaires de voirie, Plans, note | 30 jours |
| 7  | Plan d'Assurance Qualité et Environnement                       | Note d'organisation générale, procédures                                    | 30 jours |
| 8  | Procédures d'exécution et notes de calcul                       | Diagramme, note, plans                                                      | 15 jours |
| 9  | Constat d'huissier                                              | Constat / état des lieux                                                    | 30 jours |
| 10 | Levés topographiques complémentaires                            | Tous relevés nécessaires en complément des relevés et existants             | 15 jours |

#### 2.4.2.2. Opérations à exécuter pendant le déroulement des travaux

Tableau 5. Opérations à exécuter pendant le déroulement des travaux

| N° | Opération                                        | Documents à fournir                                                           | Délai                                              |
|----|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1  | PAQE des sous-traitants                          | Plans + mémoire, suivi d'avancement des travaux                               | 30 jours avant application                         |
| 2  | Mise à jour des programmes de travaux            | Diagramme, note                                                               | Tous les 15 jours                                  |
| 3  | Origine des matériaux fournis par l'entrepreneur | Dossier d'agrément des produits : fiche technique, PV d'essais, documentation | 1 mois avant utilisation envisagée                 |
| 4  | Plans d'exécution et avant-métrés                | Relevés topographiques et bathymétriques, plans, notes de calculs, schémas    | 1 mois avant réalisation de l'ouvrage concerné     |
| 5  | Contrôle interne                                 | Procès-verbaux d'essais, photos                                               | 3 semaines avant réalisation de l'ouvrage concerné |

### 2.4.2.3. Opérations à exécuter après le déroulement des travaux

Tableau 6. Opérations à exécuter à la fin des travaux

| N° | Opération                  | Documents à fournir                                                                                                                                                                                                                              | Délai                                                                          |
|----|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Plan des ouvrages exécutés | Relevés topographiques et bathymétriques<br>PAQE<br>Mémoire d'exécution des travaux avec reportage photographique<br>Fiches procédures et résultats des essais de contrôle<br>Traitement des non-conformités<br>Tous les plans, notes de calculs | Lors de la demande de réception des travaux de la tranche de travaux concernée |

### **3. PROVENANCE, QUALITE ET MISE EN ŒUVRE DES MATERIAUX**

#### **3.1. PRESCRIPTIONS GENERALES**

Tous les matériaux utilisés pour la réalisation des aménagements devront être de qualité et de provenances agréées par le Maître d'Œuvre et devront satisfaire aux normes ou, à défaut, aux spécifications.

Le titulaire du marché devra fournir au Maître d'Œuvre, pour les matériaux amenés en fourniture, une définition des matériaux avec essais d'identification.

Les provenances devront être soumises à l'agrément du Maître d'Œuvre en temps utile pour respecter le délai d'exécution, et au maximum à la fin de la période de préparation.

Une copie de tous les bons de livraison des matériaux, matériels ou ouvrages sera systématiquement remise au Maître d'œuvre.

##### **3.1.1. Matériaux et produits normalisés**

Les produits et composants fournis par l'entreprise titulaire du marché devront être conformes aux normes européennes, sinon aux normes françaises NF. Selon les prescriptions de l'AFNOR et selon les textes de référence (décret 84.74 du 26 Janvier 1984, modifié par décret 90.653 du 18 Juillet 1990, et de la circulaire du premier Ministre du 13 Février 1991), il sera fait obligatoirement référence aux normes françaises NF, pour les matériaux en bénéficiant, ou aux autres normes reconnues équivalentes.

##### **3.1.2. Matériaux et produits non normalisés**

En cas d'absence de normes ou d'avis techniques sur les produits, les propositions du titulaire du marché seront soumises à l'approbation du Maître d'Œuvre et du Maître d'Ouvrage.

##### **3.1.3. Lieu de stockage provisoire des matériaux**

Le titulaire du marché devra prendre toutes les dispositions nécessaires pour stocker les fournitures qui ne pourront être installées directement à leur emplacement définitif. Les lieux de stockage seront définis dans le cadre des documents à fournir pendant la phase de préparation du chantier.

Le titulaire du marché pourra prendre directement contact avec le Maître d'ouvrage et la commune pour définir l'emplacement le plus favorable à l'installation du chantier.

##### **3.1.4. Chargement – Transport – Stockage**

###### **3.1.4.1. Chargement**

Les matériaux, éventuellement brisés lors des opérations de chargement, seront évacués par le titulaire du marché sur un site agréé.

#### **3.1.4.2. Transport**

Le transport sera effectué par camions équipés d'une benne type enrochements.

Lors d'approvisionnement en carrière, le transport comprendra un arrêt pour pesage des camions.

#### **3.1.4.3. Stockage**

Les matériaux seront livrés sur dépôt provisoire après accord du Maître d'Œuvre, dans les limites d'emprise des travaux.

Les matériaux devront être stockés de façon à ne pas perturber le passage éventuel des crues.

#### **3.1.5. Essais de contrôle des livraisons**

Le Maître d'Œuvre a la possibilité de demander au titulaire du marché des essais de contrôle de qualité des matériaux s'il juge que les conditions d'exploitation en carrière conduisent à un changement de cette qualité.

En cours de travaux, à chaque fois que le Maître d'Œuvre le demandera, il sera fait un contrôle de granulométrie/blocométrie et de la forme des matériaux.

### **3.2. TERRASSEMENT**

#### **3.2.1. Généralités relatives aux terrassements**

##### **3.2.1.1. Piquetage de l'occupation des sols et sous-sols**

En préalable à tous travaux, il doit être procédé, en présence du Maître d'Ouvrage, Maître d'œuvre et Concessionnaire, à un relevé contradictoire de l'occupation des sols et sous-sols. L'Entrepreneur aura à charge de préparer cette opération qui doit être effectuée en présence de son géomètre.

##### **3.2.1.2. Etendue des travaux**

Les travaux de terrassement comprennent notamment :

- Les travaux préparatoires :
  - Implantation des aménagements ;
  - Protection des réseaux enterrés ou aériens à conserver ;
  - Clôture et signalisation du chantier ;
  - Desserte du chantier.
- Les terrassements :
  - Préparation de la zone support accueillant la longrine en pied de mur ;
  - Terrassement des fonds de fouille de la berge en rive droite ou des ouvrages associés ;
  - Reprofilage des berges du canal et du Doubs ;
  - Contrôles et essais ;
  - Démolition éventuelle de toute maçonnerie et ouvrages enterrés rencontrés pendant la réalisation du terrassement.



### 3.2.1.3. Règlements et normes

Les travaux sont à exécuter conformément à tous les décrets, arrêtés, normes et règlements en vigueur à la signature du marché et, en particulier, aux documents ci-après (liste non exhaustive) :

- Cahiers des Clauses Techniques Générales (C.C.T.G.) applicables aux marchés des Travaux Publics ;
- Cahiers des Charges et règles de calculs du groupe des D.T.U ;
- Normes AFNOR ;
- Réglementation sur la sécurité des travailleurs ;
- Règlements sanitaires en vigueur.

### 3.2.1.4. Ouvrages et sujétions inclus dans les prix

Les travaux concernant le présent article « Terrassements » comprennent tous les travaux de terrassement, sans exception. Ils incluent :

- L'amenée et le repli de tout le matériel nécessaire à la réalisation et au contrôle des ouvrages exécutés ;
- L'implantation, le bornage et le piquetage des ouvrages ;
- Les terrassements à l'aide de tous les engins appropriés, les traitements nécessaires pour le talutage des berges ;
- La reprise du matériau, son transport, sa mise en œuvre, son compactage ;
- La reprise des déblais à réutiliser et leur mise en dépôt aux emplacements prévus par l'Entreprise en attendant leur réemploi sur le terrain ;
- Les traitements éventuellement nécessaires sur les surfaces avant mise en place des remblais, en fonction des sites ;
- Les essais et contrôles en cours et en fin de chantier.

Le terrassement sera effectué conformément aux plans d'exécution, visés par le Maître d'Œuvre.

Le volume de terrassement pris en compte dans le DQE et qui sera métré correspond aux limites des ouvrages. Les volumes de terrassements sont calculés non foisonnés.

L'Entrepreneur prendra en compte dans l'établissement de ses prix l'emploi d'engins de terrassement adaptés.

## 3.2.2. Déblais

### 3.2.2.1. Généralités

Les déblais comprendront les terrassements en masse en terrain meuble ou rocheux. Les points suivants seront respectés :

- En principe, le fond des fouilles sera dressé suivant la pente de l'ouvrage ;
- Pour assurer la stabilité des parois, celles-ci seront taillées avec un fruit ;

- Les poches ou lentilles de nature plus compressible que l'ensemble du fond des fouilles devront être purgées et remplacées par un matériau de compressibilité analogue à celle du bon sol à la même profondeur.

Les déblais proviendront des interventions suivantes :

- Terrassement en fond de canal avant réalisation de la longrine ;
- Terrassement des berges du canal et du Doubs, ainsi que des ouvrages associés.

La prestation de déblais comprend :

- L'amenée des fournitures et des moyens ;
- La sécurisation des fouilles, y compris blindages ou talutage ;
- La mise en dépôt provisoire et la réutilisation sur site éventuelle de certains matériaux ;
- Le tri des déblais avant réutilisation ;
- Le chargement et l'évacuation en décharge agréée par le Maître d'Œuvre des matériaux non valorisés sur site.

Les déblais sont :

- Soit mis en dépôt définitif selon les indications du SOGED (dont déblais de purges) ;
- Soit mis en dépôt provisoire à l'extérieur du chantier selon le SOGED, et sur accord du Maître d'Œuvre et du Maître d'Ouvrage.

Les déblais non réutilisables ne seront pas utilisés pour le remblaiement des fouilles. La réutilisation des déblais en couche de forme est proscrite.

### **3.2.2.2. Reprofilage des berges**

L'opération prévoit le reprofilage de la berge du canal en rive droite (section courante ou ouvrages connexes), ainsi que la berge du Doubs aux abords du déversoir de décharge. Elle comprend :

- Le terrassement par tout moyen mécanique adapté, voir manuel si nécessaire, tenant compte des prescriptions techniques formulées dans le rapport de mission géotechnique G2-PRO ;
- Le chargement, le transport et le déchargement, si le lieu de dépôt (pour réemploi) est trop éloigné pour un jet de pelle direct ;
- Toutes les prestations pour conserver en l'état les matériaux mis en dépôt ;
- Les fonds de fouilles seront dressés avec une tolérance de + 0,05 m ;
- L'évacuation des volumes de terrassements excédentaires ;
- Toutes sujétions.

La prestation comprendra :

- L'amenée des fournitures et des moyens ;
- Le reprofilage des berges ;
- La réutilisation sur site éventuelle ;

- Le chargement et l'évacuation en décharge d'éventuels déchets ou matériaux non propices à la réutilisation en tant que remblais.

### **3.2.3. Remblais**

#### **3.2.3.1. Généralités**

Pour l'ensemble des types de remblais d'apport, des prescriptions seront à prendre en compte. Les produits de découverte de carrière, les produits terreux (sauf terre végétale), les débris végétaux et les impuretés en général, ne devront pas être réutilisés dans ce cadre. Les produits de démolition de maçonnerie ou de chaussée (enrobés, graves traitées) en plaques, sont également interdits.

Les matériaux d'apports devront de plus être dépourvus de graines d'espèces végétales invasives.

##### **3.2.3.1.1. Prestations de remblais**

La prestation de remblai comprend :

- L'amenée des fournitures et des moyens ;
- La préparation des fouilles avant remblais ;
- La mise en œuvre des remblais selon les règles de l'art et à partir de matériaux extérieurs au site ou bien mis en dépôt provisoire sur site ;
- Le réglage, nivellement et compactage des matériaux.

##### **3.2.3.1.2. Provenance des matériaux de remblais**

- Matériaux d'apport de provenance extérieure au chantier.

##### **3.2.3.1.3. Types et destinations des remblais**

Les matériaux de remblai nécessaires pour le chantier seront les suivants :

- Remblais d'apport 10/31.5 mm pour la reprise de l'assise de la longrine ;
- Remblais d'apport 20/80 mm pour le reprofilage de berge et/ou le comblement de cavités ;
- Terre végétale pour la remise en état du haut de berge.

##### **3.2.3.1.4. Contenu de la prestation**

La prestation comprend :

- L'amenée des fournitures et des moyens ;
- La mise en sec de la fouille ;
- La fourniture et l'amenée des matériaux de remblais ;
- Le compactage adapté ;
- Les analyses éventuellement nécessaires.

### 3.2.3.2. Remblais d'apport de qualité

Les poches de sol non portant seront remplacés par un matériau de type 0/31.5 mm et de classe D2 selon la classification GTR92.

### 3.2.3.3. Remblais d'apport 10/31.5 mm

Ces matériaux sont destinés à la réalisation d'une couche d'assise permettant de faciliter la mise en œuvre de la longrine en pied de mur.

Cette couche sera constituée d'un matériau insensible à l'eau de type « concassé calcaire ». Il possèdera une granulométrie 10/31.5 mm et sera de classe D2 selon la classification GTR92.

### 3.2.3.4. Remblais d'apport 20/80 mm

Ces matériaux sont destinés au reprofilage des berges, en cas de nécessité.

Cette couche sera constituée d'un matériau insensible à l'eau de type « concassé calcaire ». Il possèdera une granulométrie 20/80 mm et sera de classe D2 selon la classification GTR92.

### 3.2.3.5. Terre végétale d'apport

La terre végétale sera fournie pour la remise en état du haut de berge. La couche de terre végétale mise en œuvre possède une épaisseur de l'ordre de 20 à 30 cm et constitue le remblai final.

La prestation de remblais comprend :

- L'amenée des matériaux et des moyens ;
- La mise en œuvre de la terre végétale et des matériaux propres pour réutilisation.

Les matériaux terreux utilisés devront être exempts de tout ou partie d'espèces exotiques envahissantes comme celles citées ci-dessous :

- Renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) ;
- Sakhaline (*Polygonum Sachalinense*) ;
- Balsamine géante (*Impatiens glandulifera*) ;
- L'Ailante (*Ailanthus altissima*) ;
- Buddleja de David (*Duddleja davidii*) ;
- La Verge d'or (*Solidago graminifolia*, *altissima*, *gigantea*) ;
- Cultivar de peuplier (*Populus* sp) ;
- L'Erable negundo (*Acer negundo*), etc.

La terre végétale d'apport devra être de texture à dominante limono-argileuse, exempte de racines et éléments grossiers (blocs, ....).

### 3.3. ENROCHEMENTS

#### 3.3.1. Blocométrie

##### 3.3.1.1. Description

La granulométrie des enrochements est définie à partir de 3 critères :

##### 1. P10 et P90

La composition optimale est définie par une répartition linéaire entre les trois valeurs composant le type d'enrochement (x kg/ y kg/ z kg) qui seront appelées P10, P50 et P90 soit :

- 10% des blocs ont un poids < P10 (x kg)
- 50% des blocs ont un poids < P50 (y kg)
- 90% des blocs ont un poids < P90 (z kg)

##### 2. Poids minimal et maximal

Aucun bloc ne devra être inférieur au poids minimal fixé à P10/2.

Aucun bloc ne devra avoir un poids supérieur à 1,5 P90.

##### 3. Poids moyen

Le respect du poids moyen est une contrainte essentielle, tant en ce qui concerne l'approvisionnement que la pose. Nous considérerons ici un poids moyen équivalent au poids médian soit P50.

##### 3.3.1.2. Partie inférieure de la protection

La blocométrie des enrochements sera la suivante :

| Type d'enrochements | D 10 (m) | D50 (m) | D90 (m) | P 10 (kg) | P 50 (kg) | P 90 (kg) |
|---------------------|----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 1000/2000           | 0.74     | 0.93    | 1.17    | 1000      | 1500      | 2000      |

##### 3.3.1.3. Partie supérieure de la protection

La blocométrie des enrochements sera la suivante :

| Type d'enrochements | D 10 (m) | D50 (m) | D90 (m) | P 10 (kg) | P 50 (kg) | P 90 (kg) |
|---------------------|----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 200/500             | 0.45     | 0.65    | 0.75    | 200       | 350       | 500       |



### 3.3.2. Qualité

Les matériaux utilisés doivent être de roche saine non gélive et non fracturée (norme NF EN 13383-1 et NF EN 13383-2 d'août 2003).

Les exigences suivantes devront être respectées :

- Résistance mécanique permettant d'éviter la fragmentation lors du transport, de la mise en place et des déplacements sous l'effet des courants ;
- Blocs propres, sans inclusion de terre ou de matières organiques ;
- Poids spécifique des blocs supérieur à 2,4 t/m<sup>3</sup> ;
- Résistance à l'usure correspondra à un coefficient « Micro Deval » inférieur à 30 ;

A noter que les résultats d'essai présentés devront être datés de moins de 2 ans.

### 3.3.3. Morphologie : définition des tolérances

Les enrochements doivent être à angles marqués, de forme tétraédrique. Ceci exclut les boules glaciaires et les blocs roulés.

Les contraintes de tolérance sur les formes sont les suivantes :

- Moins de 25 % de blocs de longueur (plus grande dimension) supérieure à 2,5 fois l'épaisseur (plus petite dimension) ;
- Les blocs où le rapport ci-dessus est supérieur à 3 doivent être rebutés.

L'élimination des blocs à rebuter se fait soit en carrière, soit sur les dépôts d'agrément, soit à la mise en place si la sortie des tolérances résulte de leur manutention (casse, fracturation).

### 3.3.4. Mise en dépôt d'agrément

Un stock doit être constitué en carrière en vue de l'agrément. Le contrôle de la blocométrie et des tolérances dimensionnelles se fait par comparaison avec trois blocs représentant P10, P50 et P90 repérés à la peinture rouge. Le stock constitué doit représenter 30 % de l'approvisionnement. Sur site, il doit être impérativement constitué un stock de blocs représentant deux jours de travail d'avance, de façon à garder une marge de manœuvre en cas de non-conformité ou de rupture d'approvisionnement.

### 3.3.5. Essais de contrôle des livraisons

Le Maître d'œuvre a la possibilité de demander à l'Entrepreneur des essais de contrôle de la qualité des matériaux s'il juge que les conditions de l'exploitation en carrière conduisent à un changement de cette qualité (par exemple, changement de filon en carrière).

En cours de fabrication, à chaque fois que le Maître d'œuvre le juge nécessaire, il est fait un contrôle de blocométrie des enrochements, accompagné d'un contrôle de la forme des blocs. Ce contrôle porte au minimum sur un poids total des matériaux au moins égal à 10 fois le poids maximum, entreposés en carrière avant le chargement sur le lieu de dépôt provisoire (sur site).

A l'arrivée sur site, le dépôt doit également être contrôlé avant réutilisation, pour déceler et écarter tout bloc qui aura subi, pendant le chargement, le transport ou au déchargement, un éclatement suffisamment important pour ne plus

satisfaire aux normes de blocométrie, forme ou gammes de poids. Un contrôle rapide du poids moyen est fait en divisant le poids du chargement par le nombre de blocs.

Des blocs témoins doivent également être disposés sur le chantier.

Pour contrôler le tonnage livré sur la zone de dépôt, l'Entrepreneur doit pouvoir fournir toute justification de pesage des camions.

### **3.3.6. Mise en œuvre**

#### **3.3.6.1. Confortement de berge**

Les enrochements seront ancrés dans le fond du canal, conformément aux prescriptions techniques du rapport de mission géotechnique G2-PRO.

La mise en œuvre de ces blocs devra respecter les règles suivantes :

- Mise en œuvre des enrochements un à un à l'aide d'une pelle hydraulique munie d'une pince, en commençant par le bas de la berge et en remontant vers le sommet ;
- Mise en œuvre par déversement ou par poussage aux engins prohibée. En effet, elle ne permet aucune reprise dans l'arrangement des blocs et peut conduire à une fracturation des blocs dans des proportions excessives ;
- Les blocs constituant les couches directement en contact avec le géotextile seront choisis parmi les plus petits du stock ;
- En aucun cas les différentes couches d'enrochements ne seront réalisées une par une. Les blocs seront imbriqués avec un décalage d'un demi-bloc au fur et à mesure de la constitution de la berge ;
- Disposition des blocs d'enrochements de manière à ce qu'il subsiste le minimum de vide ;
- Les nids de petits blocs sont prohibés. De même, la juxtaposition de gros blocs sur les deux couches devra être évitée. Un amalgame de petits, moyens et gros blocs doit être assuré de façon à présenter un revêtement homogène bien imbriqué ;
- Agencement des blocs au minimum de niveau « dense », soit 5 points de contact exigés pour chaque bloc avec les blocs limitrophes.

#### **3.3.6.2. Confortement du déversoir**

La mise en œuvre de ces blocs devra respecter les mêmes règles que pour le confortement de berge (cf section précédente).

## **3.4. BETON ET MORTIER**

### 3.4.1. Utilisation

Les bétons à mettre en œuvre sont destinés à :

- La réalisation de la longrine en pied du mur existant ;
- La réalisation de l'arase supérieure du mur existant ;
- Le liaisonnement des enrochements.

### 3.4.2. Mise en œuvre des bétons

Les zones de bétonnage devront être confinées de manière à ne pas provoquer de perte de laitance dans le canal.

La prestation comprend les travaux suivants :

- L'amenée des fournitures et des moyens ;
- La mise en place du ferrailage ;
- Le coffrage des surfaces (y compris décoffrage après travaux) ;
- La mise en œuvre du béton (y compris en milieu immergé) ;
- La réalisation des joints de retrait, de dilatation... ;
- La réalisation des surfaces de finition ;
- L'évacuation des déchets et rebuts en décharge.

La prestation comprend les fournitures suivantes :

- Barres d'ancrage HA ;
- Produits de scellement ;
- Coffrage ;
- Ferrailage ;
- Joint de dilatation, étanche, etc. ;
- Béton.

Les bétons seront mis en place conformément aux plans du dossier.

### 3.4.3. Qualité du béton et du mortier

#### 3.4.3.1. Béton pour longrine

La qualité du béton demandé pour la longrine en pied du mur existant est reprise ci-dessous :

Tableau 7. Caractéristiques des bétons de structure pour la longrine

| Paramètre                                        | Valeur                       |
|--------------------------------------------------|------------------------------|
| Classe d'exposition                              | XC1                          |
| Classe de chlorure                               | Cl 0.40                      |
| Masse volumique minimale                         | 2.35 à 2,40 t/m <sup>3</sup> |
| Température maximale du béton à sa mise en place | 30°C                         |
| Fissuration                                      | Très préjudiciable           |
| Classe de résistance minimale à la compression   | C 35 / 45                    |
| Classe de consistance (*)                        | S4/S5                        |
| Dimension maximale des granulats                 | 20 mm                        |
| Dosage mini ciment                               | 425 kg/m <sup>3</sup>        |

Le béton mis en œuvre sera de type immergé avec colloïdes, pompable, formulé pour une utilisation en eaux calmes à très faible courant (eaux mortes). Il devra présenter les caractéristiques suivantes :

- Très grande fluidité : le béton devra être autoplaçant, afin de permettre un remplissage homogène des coffrages et des zones immergées sans vibration mécanique ;
- Cohésion élevée : le mélange devra présenter une résistance au lessivage, permettant le maintien des constituants fins lors de l'immersion ;
- Rapport eau/ciment réduit : un E/C faible sera exigé afin d'assurer une bonne compacité et de limiter la porosité du béton durci ;
- Teneur élevée en liants : une formulation riche en liants hydrauliques sera nécessaire pour garantir la cohésion, la durabilité et la stabilité du béton dans l'eau ;
- Adjuvants spécifiques à incorporer :
  - Superplastifiants pour obtenir la fluidité requise sans excès d'eau ;
  - Agents épaississants ou colloïdaux pour renforcer la stabilité du mélange pendant la phase d'immersion ;
  - Adjuvants anti-lavage pour limiter les phénomènes de dispersion et de dilution au contact de l'eau.

Une étude préalable de formulation devra être réalisée par l'Entrepreneur et validée par la maîtrise d'œuvre avant le démarrage des travaux. Cette formulation tiendra compte des conditions réelles de mise en œuvre, des contraintes hydrauliques locales, ainsi que des objectifs de performance mécanique et de durabilité.

#### 3.4.3.2. Béton de structure pour l'arase du mur

La qualité du béton de structure demandé pour l'arase supérieure du mur existant est reprise dans les données ci-dessous :

Tableau 8. Caractéristiques des bétons de structure pour la poutre de couronnement

| Paramètre                                        | Valeur                       |
|--------------------------------------------------|------------------------------|
| Classe d'exposition                              | XC4/XF3                      |
| Classe de chlorure                               | Cl 0.40                      |
| Masse volumique minimale                         | 2.35 à 2,40 t/m <sup>3</sup> |
| Température maximale du béton à sa mise en place | 30°C                         |
| Fissuration                                      | Très préjudiciable           |
| Classe de résistance minimale à la compression   | C 30 / 37                    |
| Classe de consistance (*)                        | S3                           |
| Dimension maximale des granulats                 | 20 mm                        |
| Dosage mini ciment                               | 400 kg/m <sup>3</sup>        |

En termes de prévention de l'alcali-réaction au sens du 5.2.3.4 de la Norme NF EN 206-1, les hypothèses à respecter sont données ci-dessous :

Tableau 9. Niveau de prévention de l'alcali-réaction

| Paramètres           | Valeur                                                                         |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Catégorie d'ouvrage  | Catégorie 2                                                                    |
| Classe d'exposition  | Classe 2 au titre du Guide LCPC de 1994<br>Classe XAR2 au titre du FD P 18-464 |
| Niveau de prévention | B                                                                              |

### 3.4.3.3. Béton de liaisonnement des enrochements

La qualité du béton de liaisonnement demandé est reprise dans les données ci-dessous :

Tableau 10. Caractéristiques des bétons de liaisonnement

| Paramètre                                        | Valeur                       |
|--------------------------------------------------|------------------------------|
| Classe d'exposition                              | XC4/XF3                      |
| Classe de chlorure                               | Cl 1.0                       |
| Masse volumique minimale                         | 2.35 à 2,40 t/m <sup>3</sup> |
| Température maximale du béton à sa mise en place | 30°C                         |
| Fissuration                                      | Très préjudiciable           |
| Classe de résistance minimale à la compression   | C 30 / 37                    |
| Classe de consistance (*)                        | S4                           |
| Dimension maximale des granulats                 | 20 mm                        |
| Dosage mini ciment                               | 350 kg/m <sup>3</sup>        |

Les bétons utilisés devront respecter la norme NF EN 206-1 pour les bétons.



#### 3.4.3.4. Mortier

Le mortier devra être titulaire de la marque NF-Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique au titre de scellement ou de calage.

La qualité du mortier demandé est reprise dans les données ci-dessous :

Tableau 11. Caractéristiques du mortier

| Paramètres                                     | Valeur    |
|------------------------------------------------|-----------|
| Classe d'exposition                            | XC4 / XF3 |
| Classe de chlorure                             | Cl 1      |
| Classe de résistance minimale à la compression | C 12 / 15 |

#### 3.4.4. Contrôle de la qualité des livraisons

La fourniture de béton sera réalisée à partir d'une centrale à béton agréée, les prélèvements seront effectués à réception sur le chantier impérativement.

Ces prélèvements seront effectués à l'abri en récipient étanches et étiquetés, précisant la désignation complète du ciment, la date et le mode de prélèvement, ainsi que le lot de ciment ayant fait l'objet de prélèvement.

Le Maître d'œuvre aura libre accès au site de stockage des prélèvements et pourra, à sa convenance, compléter le contrôle de l'authenticité des prélèvements par l'apposition de son cachet ou de la signature de son représentant.

La prise d'échantillons dans le prélèvement et leur envoi au laboratoire devront être menés contradictoirement en présence du Maître d'œuvre ou de son représentant.

Les prélèvements seront conservés pendant une durée minimale de 6 mois après dernier bétonnage des lots de ciment concerné par les prélèvements, et ne pourront être évacués sans l'accord écrit du Maître d'œuvre.

Les épreuves de contrôle sont à la charge de l'opérateur économique. Elles seront réalisées par un laboratoire indépendant de la chaîne de production. Les épreuves minimales à exécuter sont :

- Pour le béton de l'arase du mur : 1 prélèvement par passe coulée avec 3 éprouvettes pour essais de résistance à la compression à 7 jours et 3 éprouvettes pour essais de résistance à la compression à 28 jours ;
- Pour le béton de la longrine : 1 prélèvement par passe coulée avec 3 éprouvettes pour essais de résistance à la compression à 7 jours et 3 éprouvettes pour essais de résistance à la compression à 28 jours ;
- Pour le béton de liaisonnement des enrochements : 1 prélèvement par passe coulée avec 3 éprouvettes pour essais de résistance à la compression à 7 jours et 3 éprouvettes pour essais de résistance à la compression à 28 jours.

#### 3.4.5. Granulats

Les granulats seront d'origine naturelle, composés de matériaux alluvionnaires ou concassés, ou le mélange des deux, provenant de roches insensibles au milieu environnant et non nocives pour les autres éléments du béton.

Les granulats devront satisfaire aux exigences du fascicule 65 et de la norme NF EN 12620 relative aux granulats pour bétons hydrauliques.

La densité des granulats sera supérieure ou égale à 2,6.

### 3.4.6. Adjuvants

Les adjuvants utilisés devront être titulaire de la marque NF adjuvants.

Norme en vigueur concernant les adjuvants : NF EN 934 – 2 et NF EN 480

L'efficacité et les effets secondaires de chaque adjuvant pouvant varier en fonction de son dosage dans le béton et des divers composants de celui-ci, en particulier du ciment, l'opérateur économique s'assurera par des essais préalables que l'efficacité annoncée est bien confirmée et l'étendue des effets secondaires identifiée.

L'opérateur économique fournira pour approbation de tout adjuvant :

- La fiche technique de l'adjuvant,
- Les rapports des essais montrant la compatibilité de l'adjuvant avec les autres composants du béton, leur influence sur le dosage en eau à consistance égale, leur effet sur la consistance à dosage en eau égale, les temps de début et de fin de prise d'une pâte pure, les résistances mécaniques du béton obtenu.

Ces essais seront faits pour le dosage optimal proposé et pour un dosage moitié et double de ce dosage optimal.

Certains adjuvants étant incompatibles entre eux ou avec des adjuvants de marques différentes, l'utilisation simultanée de plusieurs adjuvants ne pourra s'effectuer qu'après accord écrit des fabricants qui devront préciser toute spécification complémentaire.

- Tout adjuvant se présentera sous forme liquide,
- L'adjonction d'un adjuvant sera obligatoirement effectuée de manière automatique,
- L'incorporation d'adjuvant à l'extérieur de la centrale à béton est proscrite,
- Pour les ouvrages en contact de l'eau, l'opérateur économique mettra en œuvre un adjuvant pour imperméabilisation relative du béton dans la masse.

### 3.4.7. Armatures pour béton armé

#### 3.4.7.1. Normes et règlements

Les calculs seront effectués conformément aux Eurocodes et au CCTG en vigueur (fascicule 62, titre V).

- CCTG – Fascicule 65 : Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint ;
- CCTG - Fascicule 68 : Exécution des travaux de fondation des ouvrages de génie civil
- NF A 35-01 : Ronds lisses pour béton armé ;
- NF A 35-016 : Armatures pour béton armé ; barres et fil machine à haute adhérence
- pour béton armé ;
- NF A 35-019 : Armatures pour béton armé ; fils à haute adhérence ;
- NF EN 10080 : Aciers soudables pour béton armé ;
- NF A 35-024 : Armatures pour béton armé ; treillis soudés et éléments constitutifs ;
- NF A 35-027 : Armatures pour béton armé ; armatures industrielles pour le béton.

- L'équivalent des normes citées ci-dessus sont acceptées.

### 3.4.7.2. Qualité des aciers

Les aciers pour armatures seront des classes :

- Ronds lisses Fe E 235 pour bétons armés ;
- Aciers à haute adhérence Fe E 500.

Ils devront bénéficier de la certification NF AFCAB.

### 3.4.7.3. Enrobages

A définir lors des études d'exécution suivant les exigences des Eurocodes 2.

Un enrobage minimal de 4 cm devra toutefois être respecté.

## 3.4.8. Coffrages pour béton armé

### 3.4.8.1. Normes et règlements

- DTU P 18 201 - DTU n° 21 - Cahier des Clauses Techniques : Exécution des travaux en béton,
- DTU P 18 210 - DTU n° 23.1 - Cahier des Charges applicables aux travaux de parois et murs en béton banché,
- Fascicule 65 du CCTG.

### 3.4.8.2. Coffrages

Les coffrages seront en bois (planches, panneaux de particules, contre-plaqués), tôle ou autres matériaux agréés, et permettront d'obtenir les qualités requises. En cas d'emploi de panneaux de contre-plaqué, la qualité choisie sera du type à imprégnation spéciale pour bétons.

Les panneaux en bois seront neufs lors de leur première utilisation sur le chantier. Ils pourront être réutilisés dans la mesure où ils auront été nettoyés, réparés si nécessaire et où ils seront capables de donner des surfaces de béton conformes aux spécifications.

## 3.4.9. Coffrages pour béton en site immergé

La réalisation d'ouvrages en béton en site immergé impose la mise en œuvre de dispositifs de coffrage adaptés à un environnement contraint, à forte pression hydrostatique, et soumis à des exigences strictes en matière d'étanchéité et de durabilité. Les coffrages doivent être conçus pour résister aux efforts combinés du béton frais et de la poussée de l'eau environnante, tout en assurant une parfaite étanchéité afin de prévenir le lessivage du ciment et la pollution du milieu aquatique. Leur mise en œuvre nécessite un calage précis et une stabilisation efficace (lestage, ancrage ou contrebutement), pour éviter tout déplacement pendant le bétonnage. Le recours à des techniques spécifiques telles que le bétonnage à la trémie, à l'aide de béton auto-compactant formulé avec des adjuvants anti-lavage, est requis pour garantir la qualité et l'homogénéité du coulage.

Des solutions de coffrage de type "ventouse" peuvent être utilisées pour des interventions ponctuelles. L'ensemble de ces opérations est encadré par les normes en vigueur (NF EN 206, DTU 21).

### 3.4.10. Éléments préfabriqués

Dans le cadre des travaux, des ouvrages pourront faire l'objet de pose d'éléments préfabriqués.

Sur ce point, le choix est laissé libre à l'entrepreneur, qui pourra proposer la réalisation sur place des ouvrages en béton armé (coffrage) ou bien l'utilisation d'éléments préfabriqués. Il devra dans sa proposition détailler son choix et les variantes envisagées.

Les caractéristiques techniques concernant ces éléments seront soumises à l'agrément du Maître d'œuvre avant toute mise en place.

En cas de non-conformité, l'Entrepreneur devra, à ses frais, étudier d'autres solutions techniques satisfaisant aux conditions de réalisation de l'ouvrage.

Les sujétions de mise en œuvre éventuelle sont à la charge de l'opérateur économique (transport, manutention, calepinage, joints, etc.).

## 3.5. COULIS D'INJECTION

### 3.5.1. Nature des coulis

La composition du coulis dépend de l'injectabilité du matériau. Les carottages effectués montrent que le mur peut être considéré comme composé de maçonneries en béton.

Le coulis utilisé pour les injections des maçonneries du mur est un coulis de ciment stable.

Avant toute injection, les caractéristiques précises des matériaux prévus doivent être soumises au maître d'œuvre pour approbation.

Les caractéristiques à atteindre sont données ci-dessous (**à moduler en fonction du plot d'essai à réaliser préalablement par l'Entrepreneur, dans le cadre de ses études d'exécution**) :

- Viscosité au cône de Marsh (NF P 18-358) inférieure à 45 secondes et qui doit se maintenir constante pendant les 15 minutes qui suivent la fabrication du coulis ;
- Décantation (NF P 18-359) inférieure à 5% (fournir les résultats à 15, 30, 60 et 90 minutes) ;
- Résistance à la compression à 28 jours (NF P 18-360) supérieure à 5 MPa ;
- Temps de début de prise (NF P 18-362) supérieur à 3 heures ;
- Le rapport C/E pourra varier de 1 à 2 en fonction des absorptions constatées.

L'utilisation d'adjuvant pour atteindre ces caractéristiques est soumise à l'agrément du maître d'œuvre.

L'Entreprise doit fournir les résultats d'épreuves d'étude et de convenance avant tout démarrage des injections.

### 3.5.2. Ciment

Le ciment est un ciment surmoulu CEM II/B 42,5 N ou de meilleures performances vis-à-vis de l'agressivité du milieu. L'Entreprise soumet à l'agrément du MOE les fiches d'identification du ciment qu'il compte utiliser.

La plus grosse particule du ciment ne doit pas dépasser 12  $\mu$ m et la surface spécifique Blaine sera d'au moins 10 000 cm<sup>2</sup>/g.

Le ciment utilisé porte obligatoirement la marque NF (norme NF P 197-1).

L'Entrepreneur soumet à l'agrément du maître d'œuvre les fiches d'identification du liant hydraulique qu'il compte utiliser.

A l'appui de ses propositions, l'Entreprise fournit au maître d'œuvre les résultats statistiques mensuels des essais effectués dans le cadre de l'autocontrôle par la société cimentière.

Le ciment est livré en vrac ou en sacs et l'entreprise présente lors de chaque livraison un certificat de l'usine productrice précisant la quantité livrée et la date de fabrication. Il est mis à l'abri de toute altération due aux agents atmosphériques pendant son transport et son stockage.

Le liant employé devra être frais, mais avoir été fabriqué depuis plus de 15 jours et être à une température inférieure à 40°C.

Au point de vue de la finesse de mouture, ce ciment ne doit présenter aucun refus au tamis AFNOR n°20 (0,080 mm) et moins de 2 % au tamis AFNOR n°17 (0,040 mm). Il doit être débarrassé de tout grumeau.

Les silos ou hangars doivent être complètement clos et non exposés à l'humidité. Les prélèvements de ciment en stock sont effectués de telle manière que le ciment soit renouvelé régulièrement.

En cas de changement de ciment, l'Entreprise soumet le ciment proposé à l'approbation du MOE.

### **3.5.3. Agent de dispersion**

La défloculation des particules fines et ultrafines du ciment nécessite l'utilisation d'un agent de dispersion, type superplastifiant. Ce produit est choisi par l'Entreprise mais reste soumis à l'approbation du maître d'œuvre.

### **3.5.4. Eau**

Les coulis sont préparés avec de l'eau satisfaisant aux prescriptions de la norme NF EN 1008.

### **3.5.5. Accélérateur de prise**

L'emploi d'accélérateurs de prise est envisagé localement, en cas de circulations d'eau parasites gênant le déroulement des opérations d'injection.

L'usage de silicate de soude ou similaire est autorisé en tant qu'additif destiné à accélérer l'évolution du seuil de cisaillement du coulis de ciment.

Le silicate utilisé doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Ratio  $\text{SiO}/\text{Na}_2\text{O} = 3.3$  ;
- Densité = 1.35 à 1.37.

### **3.5.6. Tube à manchettes**

Les injections sont réalisées à partir de tubes à manchettes. L'espacement entre manchettes est de 33 cm.



### 3.6. PONT D'ADHERENCE

Le produit doit être conforme à la NF EN 1504-2 et répondre à plusieurs caractéristiques techniques notamment :

- Adhérence élevée : le pont d'adhérence doit assurer une adhérence forte et durable entre la maçonnerie et le béton frais ;
- Compatibilité avec le milieu humide : Le produit utilisé doit être résistant à l'eau et pouvoir s'appliquer sur un support humide ou en atmosphère humide sans perdre ses propriétés ;
- Il doit éviter le glissement ou la dilution par l'eau.

L'entrepreneur respectera les prescriptions du fabricant, et fournira la fiche technique du produit pour approbation du maître d'œuvre avant démarrage des travaux.

### 3.7. PRODUIT DE SCCELLEMENT DES BARRES D'ANCRAGE

Dans le cadre de la mise en œuvre des barres d'ancrages sur le mur existant, l'application des produits de scellement est essentielle pour assurer la transmission des efforts mécaniques et ainsi constituer un bloc monolithique.

Les produits de scellement doivent être conforme à la NF EN 1504-6 (scellement) et P 18-821 (calage), et seront sélectionnés en fonction de plusieurs critères (liste non exhaustive) :

- Nature du support ;
- Diamètre et longueur des barres ;
- Conditions environnementales (humidité, température ambiante, agressivité du milieu) ;

Les produits utilisés doivent garantir :

- Une excellente adhérence au support et à la barre ;
- Une résistance mécanique conforme aux spécifications du projet ;
- Une bonne tenue aux agents chimiques et à la corrosion.

La mise en œuvre impose un nettoyage rigoureux des forages (soufflage, brossage) avant l'injection du produit. Le scellement doit être réalisé dans le respect strict des indications du fabricant : volume de résine, profondeur et diamètre du forage, temps de durcissement, température minimale d'application, et contrôle visuel.

### 3.8. MORTIER DE REJOINTOIEMENT

#### 3.8.1. Principes

Le mortier utilisé pour le montage et le jointoiment des maçonneries peut être un mortier prédosé spécifique ou bien est préparé sur place.

S'il s'agit d'un mortier prédosé, il est soumis à l'agrément du maître d'œuvre.

Si le mortier est préparé sur le site, les matériaux doivent répondre aux spécifications suivantes.

### 3.8.2. Ciments

Le liant hydraulique est le même que celui utilisé pour les bétons, soit un CPJ-CEM II/B 42,5 N.

### 3.8.3. Sables

Le sable utilisé pour la préparation du mortier est un sable de rivière siliceux ou silico-calcaire. La granulométrie et la propreté du sable est conforme à la norme NF EN 13139.

Dans le cadre du P.A.Q., l'Entreprise effectue au minimum une analyse granulométrique et un essai de propreté du sable.

### 3.8.4. Eau de gâchage

L'eau de gâchage satisfait aux prescriptions de la norme NF EN 1008.

## 3.9. MORTIERS DE RAGREAGE

Les mortiers de ragréage utilisés pour la réparation des parements en béton sont obligatoirement des mortiers prédosés conformes à la norme NF EN 1504-3 comme produit de réparation classe 2 ou supérieure.

L'eau de gâchage satisfait aux prescriptions de la norme NF EN 1008.

## 3.10. PRODUITS DE CURE

Le produit de cure est soumis par l'Entreprise à l'agrément du maître d'œuvre au moment de l'étude des bétons. Il doit figurer sur une liste d'agrément du COPLA.

Dans le cadre d'emploi d'un enduit temporaire imperméable, le produit figurera sur une liste d'agrément ministérielle.

## 3.11. SIGNALISATION

### 3.11.1. Signalisation fluviale

Une signalisation temporaire conforme à la réglementation en vigueur sera mise en place afin d'assurer la sécurité des usagers de la voie d'eau et des intervenants. Cette signalisation comprendra notamment un balisage flottant adapté (bouées et balises jaunes) délimitant la zone de chantier, ainsi que des panneaux ou signalisation lumineuse en cas de nécessité d'interruption ou de régulation de la navigation. Des feux clignotants jaunes pourront également être installés pour alerter les navigateurs en période nocturne ou de visibilité réduite. Par ailleurs, un Avis à la Batellerie sera publié en amont de l'intervention afin d'informer les usagers des restrictions temporaires de navigation (interdiction, gabarit réduit, vitesse limitée). La signalisation sera mise en place avant le démarrage du chantier et fera l'objet d'un suivi régulier pendant toute la durée des travaux.

L'Entrepreneur devra en outre se référer au document suivant :

- Règlement Général de Police de la Navigation Intérieure (RGPNi).

### 3.11.2. Signalisation verticale

D'une manière générale, les matériaux de signalisation verticale devront être conformes à la norme NF EN 12899-1. L'entrepreneur devra en outre se référer aux documents suivants :

- Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière (IISR)
- Normes spécifiques au RN et RD.
- Guide Technique (SETRA) ; Manuel du chef de chantier : routes bidirectionnelles.
- Guide Technique (SETRA) : Manuel du chef de chantier – routes à chaussée séparées.
- Arrêté du 26 juillet 1985 relatif à l'homologation des panneaux de signalisation.
- Lettre circulaire du 18 septembre 1985 du ministère de l'équipement relative aux panneaux de signalisation et aux dimensions des panneaux.
- Exploitation sous chantier "dossier pilote de la cellule d'exploitation et de sécurité routière" et "dossier pilote du directeur des travaux", du Ministère de l'Urbanisme - du Logement et des Transports, Direction des Routes, Direction de la Sécurité et de la Circulation Routière.
- Livre 1 à 9 de l'instruction interministérielle sur la signalisation routière (IISR).

Les ensembles panneaux + mâts seront en acier galvanisé. Le panneau aura une classe de rétro-réflexion de classe 2. Les dimensions des panneaux respecteront l'IISR.

### 3.11.3. Signalisation temporaire et gestion de la déviation de l'Eurovéloroute

Une signalisation temporaire sera mise en place afin d'informer et de sécuriser les usagers de l'Eurovéloroute 6. En amont du chantier, des panneaux de type AK5 (travaux) accompagnés de messages explicites tels que « Véloroute fermée » seront implantés pour prévenir les cyclistes. L'itinéraire de déviation cyclable sera jalonné à l'aide de panneaux à fond jaune comportant un pictogramme vélo noir et des flèches directionnelles. Ce balisage sera répété à chaque intersection afin de garantir une lisibilité optimale du parcours de substitution. À l'entrée du tronçon fermé, des barrières accompagnées d'une signalisation d'interdiction (type B9b) seront installées, complétées par un panneau d'information précisant la nature des travaux, leur durée estimée, et les coordonnées du maître d'ouvrage. L'ensemble de la signalisation temporaire sera conforme aux prescriptions de l'Instruction interministérielle sur la signalisation routière et au guide technique du CEREMA relatif aux aménagements cyclables en zone de chantier.

## 3.12. TRAITEMENT DE LA VEGETATION

### 3.12.1. Généralités

Les emprises à couper/débroussailler/élaguer, ainsi que les arbres à abattre devront faire l'objet d'un marquage ou d'un piquetage préalable, et d'une validation par le maître d'œuvre.

### 3.12.2. Débroussaillage et élagage

Préalablement à l'engagement des terrassements, les emprises seront dégagées, comprenant au besoin débroussaillage et élagage des branches basses.

Un élagage des branches basses sera éventuellement nécessaire pour permettre la circulation et la manœuvre des engins de chantier. L'élagage se limitera à une hauteur de 8 m et uniquement aux branches marquées et validées avec le maître d'œuvre.

Les coupes d'élagage seront effectuées avec des outils désinfectés suivant une coupe nette et franche. Les plaies éventuelles excédant 5 cm de diamètre seront traitées par un badigeon facilitant la cicatrisation de l'arbre.

Cette prestation inclut la mise en sécurité et l'évacuation des débris végétaux vers une filière adaptée.

### **3.12.3. Abattage d'arbres**

L'abattage éventuels des arbres en place comprend les travaux suivants :

- Mise en sécurité du site et mise en conformité au titre des normes et textes réglementant les travaux d'élagage et les travaux en hauteur ;
- Démontage soigneux et abattage des arbres au ras du sol ;
- Découpe, broyage et évacuation des déchets végétaux ;
- Dessouchage des arbres (soit par grignotage soit par extraction et broyage), y compris évacuation des déchets végétaux ;
- Remise en état.

Cette prestation inclut la mise en sécurité et l'évacuation des débris végétaux vers une filière adaptée.

La coupe de la végétation sera effectuée au ras du sol pour permettre ensuite un dessouchage mécanique durant les opérations de terrassement.

Les coupes et abattages se limiteront aux emprises validées par le maître d'œuvre, d'abord sur plan au moment des études d'exécution puis sur site après marquage.

Les strates arbustives (haie, taillis, buissons) seront coupées et les résidus de coupes seront acheminés vers les plateformes de traitement par porteur. Ils seront obligatoirement broyés et idéalement valorisés vers une plateforme bois-énergie. Le cas échéant, ils seront évacués vers un site agréé par le maître d'œuvre.

L'abattage des arbres sera réalisé un à un, de façon raisonnée et au moyen d'un matériel de coupe adapté (cisaille d'abattage). Les bois seront acheminés par porteur vers la plateforme de traitement avant d'être mis en tas sur site ou broyés et évacués vers une filière de valorisation.

Les souches qui seront extraites une à une à la pelle mécanique seront également acheminées vers la plateforme de traitement pour y être broyées et évacuées vers une filière de valorisation.

### **3.12.4. Enherbement**

#### **3.12.4.1. Généralités**

L'enherbement se pratique presque exclusivement sur des surfaces remaniées et mises à nu par des travaux de terrassement.

Il s'agit d'un enherbement à réaliser sur les parties supérieures des berges, en accotement des voiries existantes.

#### **3.12.4.2. Prescriptions**

L'Entrepreneur se doit de justifier la provenance des graines par une copie des factures et du certificat d'origine du Service Officiel de Contrôle et de Certification des Semences et des Plantes (S.O.C.C.).

Les graines proviennent de fournisseurs agréés par le Maître d'Œuvre. Il est utilisé en priorité des espèces à croissance lente et à développement réduit, mais couvrant entièrement le sol.

Avant l'exécution des semis, l'Entrepreneur exécutera un fraissage et un réglage. Les semis seront exécutés sur les surfaces indiquées.

Il appartient à l'Entrepreneur de proposer au Maître d'Œuvre les modifications qui lui paraîtraient souhaitables si les conditions d'emploi se révèlent défavorables.

Les travaux de semis sont réalisés le plus tôt possible après les travaux de mises en œuvre et compactage de la terre végétale pour éviter les ruissellements et l'érosions des parties concernées.

L'enherbement se fera manuellement. La dose du mélange de graines à épandre uniformément est de 40 g/m<sup>2</sup> minimum selon un mélange adapté de 10 à 20 espèces. Le roulage sera réalisé après épandage des graines.

### 3.12.4.3. Mélange grainier pour surface à enherber

L'ensemencement se pratique sur des surfaces remaniées et mises à nu, par des travaux de terrassement.

Pour de bons résultats, les principes suivants seront à respecter dans le choix des mélanges grainiers :

- Ne pas appliquer un mélange composé à 100 % de graminées. L'introduction de légumineuses (*Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina*, *Trifolium repens*, etc...) renforce les capacités de protection par une meilleure couverture du sol, par un pouvoir stabilisateur général plus performant ;
- Elaborer des mélanges grainiers composés d'une assez grande diversité d'espèces (minimum 10 – 15).

L'époque favorable au réensemencement est de la mi-octobre à la mi-mars.

Les espèces suivantes devront être utilisées :

Tableau 12. Détail du mélange grainier pour l'ensemencement des talus ou berges

| Nom latin                     | Nom vernaculaire       | % du mélange |
|-------------------------------|------------------------|--------------|
| <i>Agrostis stolonifera</i>   | Agrostis stolonifère   | 5%           |
| <i>Alopecurus pratensis</i>   | Vulpin des prés        | 5%           |
| <i>Cynosurus cristatus</i>    | Crételle               | 10%          |
| <i>Deschampsia caespitosa</i> | Canche gazonnante      | 5%           |
| <i>Dactylis glomerata</i>     | Dactyle                | 5%           |
| <i>Festuca arundinacea</i>    | Fétuque élevée         | 10%          |
| <i>Festuca rubra</i>          | Fétuque rouge          | 10%          |
| <i>Lolium perenne</i>         | Ray-grass anglais      | 5%           |
| <i>Phalaris arundinacea</i>   | Baldingère faux roseau | 10%          |
| <i>Phleum pratense</i>        | Fléole des prés        | 5%           |
| <i>Poa trivialis</i>          | Paturin commun         | 5%           |
| <i>Lotus corniculatus</i>     | Lotier corniculé       | 5%           |
| <i>Medicago lupulina</i>      | Luzerne lupuline       | 5%           |
| <i>Lamium album</i>           | Lamier blanc           | 5%           |
| <i>Silene dioica</i>          | Compagnon rouge        | 5%           |
| <i>Trifolium repens</i>       | Trèfle blanc           | 5%           |

### 3.12.4.4. Provenance des mélanges grainiers

Avant tout approvisionnement à pied d'œuvre des mélanges de graines nécessaires au semis des surfaces travaillées, l'Entreprise préparant les mélanges sera choisie d'entente avec le Maître d'Œuvre.



L'Entrepreneur justifie de la provenance des mélanges et des espèces distinctes par la remise des étiquettes figurant sur et dans les sacs de graines utilisées portant le numéro de conditionnement, le poids et la date de fermeture du sac, ainsi que le détail des espèces et variétés des composants.

Pour chaque espèce, la graine sera pure, correspondant bien au genre de l'espèce ou variété demandées :

- Bien constituée dans toutes les parties ;
- D'une bonne faculté germinative ;
- D'une couleur homogène ;
- Non atteinte de maladie parasitaire ou cryptogamique.

Les mélanges grainiers proposés à l'agrément du Maître d'Œuvre seront conformes aux prescriptions du fascicule 35 du CCTG.

En cas de doute sur la composition des mélanges de graines, le Maître d'Œuvre est autorisé à prélever un échantillon dans l'un ou l'autre sac et à le faire analyser dans un laboratoire spécialisé aux frais de l'Entrepreneur concerné si le résultat d'analyse démontre des différences notables avec les compositions exigées.

#### **3.12.4.5. Travaux après semis**

L'arrosage est laissé à l'appréciation de l'Entrepreneur, suivant les conditions climatiques, pour assurer une bonne végétation.

### **3.12.5. Garantie et entretien de la végétation**

#### **3.12.5.1. Durée et nature de la garantie**

La durée de la garantie s'étend durant **l'année de parfait achèvement**.

Cette garantie et le suivi des aménagements portent sur :

- L'entretien, les soins, le traitement contre les différentes maladies des végétaux ;
- Elimination des mauvaises herbes, etc. dans le seul but de permettre une reprise et croissance optimale ;
- L'arrosage au besoin ;
- La lutte contre d'éventuelles espèces exotiques envahissantes ;
- La fauche des surfacesensemencées et réensemencements éventuels.

#### **3.12.5.2. Espèces exotiques envahissantes**

Un contrôle régulier de toutes les surfaces travaillées doit être opéré afin de repérer tout rejet d'espèces exotiques envahissantes :

- Renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) et de Sakhaline (*Polygonum Sachalinense*), balsamine géante (*Impatiens glandulifera*), ailante (*Ailanthus altissima*) ;
- Robinier Faux acacia, cultivars de peupliers (*Populus* sp.), érable negundo (*Acer negundo*) : arrachage manuel dès la plus petite pousse et élimination du site ;
- Verges d'or (*Solidago graminifolia*, *Solidago altissima* et *Solidago gigantea*), fauchage répété deux fois dans l'an et élimination du site.

Cette liste n'étant pas limitative, l'Entrepreneur informera immédiatement le Maître d'Œuvre en cas de repérage d'espèces végétales non désirées sur les surfaces travaillées.

**L'attention du titulaire est attirée sur le fait qu'en cas de constat d'apparition spontanée d'un foyer de plantes invasives à l'endroit même des travaux, sur les emprises qui en sont dépourvues avant le démarrage des travaux, dans les 12 mois après réception du chantier, preuve d'une défaillance de contrôle de sa part, il lui sera expressément demandé d'en assurer le traitement à ses frais sous visa et acceptation du protocole par le maître d'ouvrage, jusqu'à l'éradication complète de la ou des espèces posant problème.**

# ANNEXES



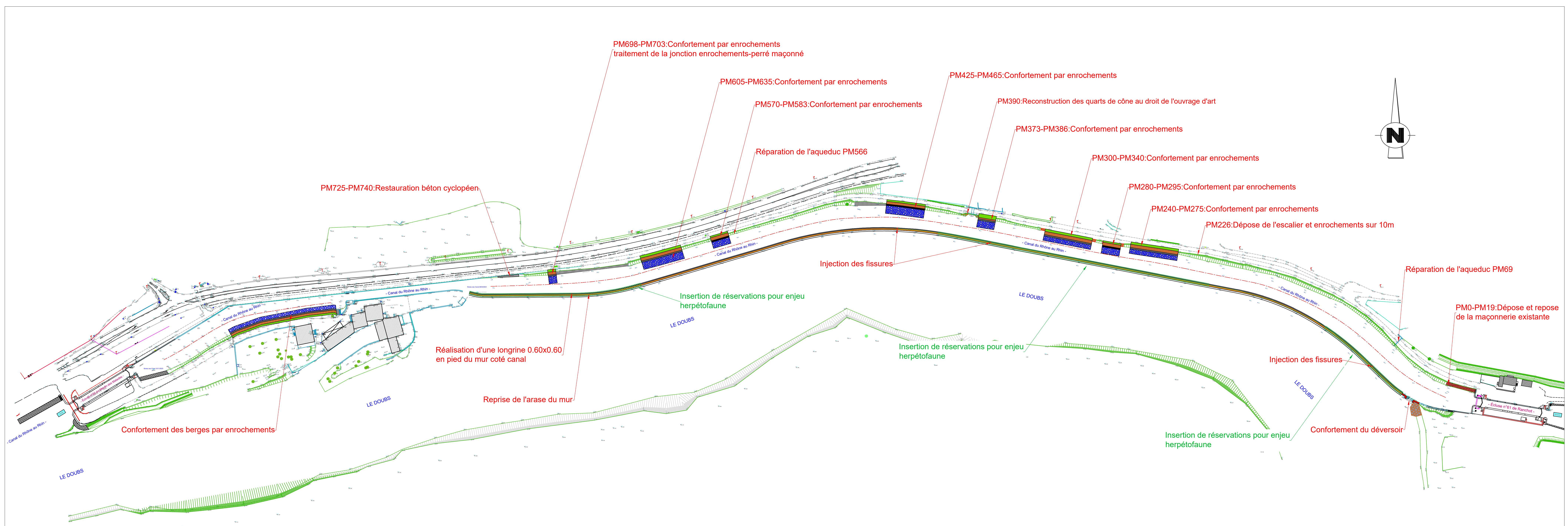
- 1- PLANS DES AMENAGEMENTS PROJETES
- 2- RAPPORT GEOTECHNIQUE G2-PRO



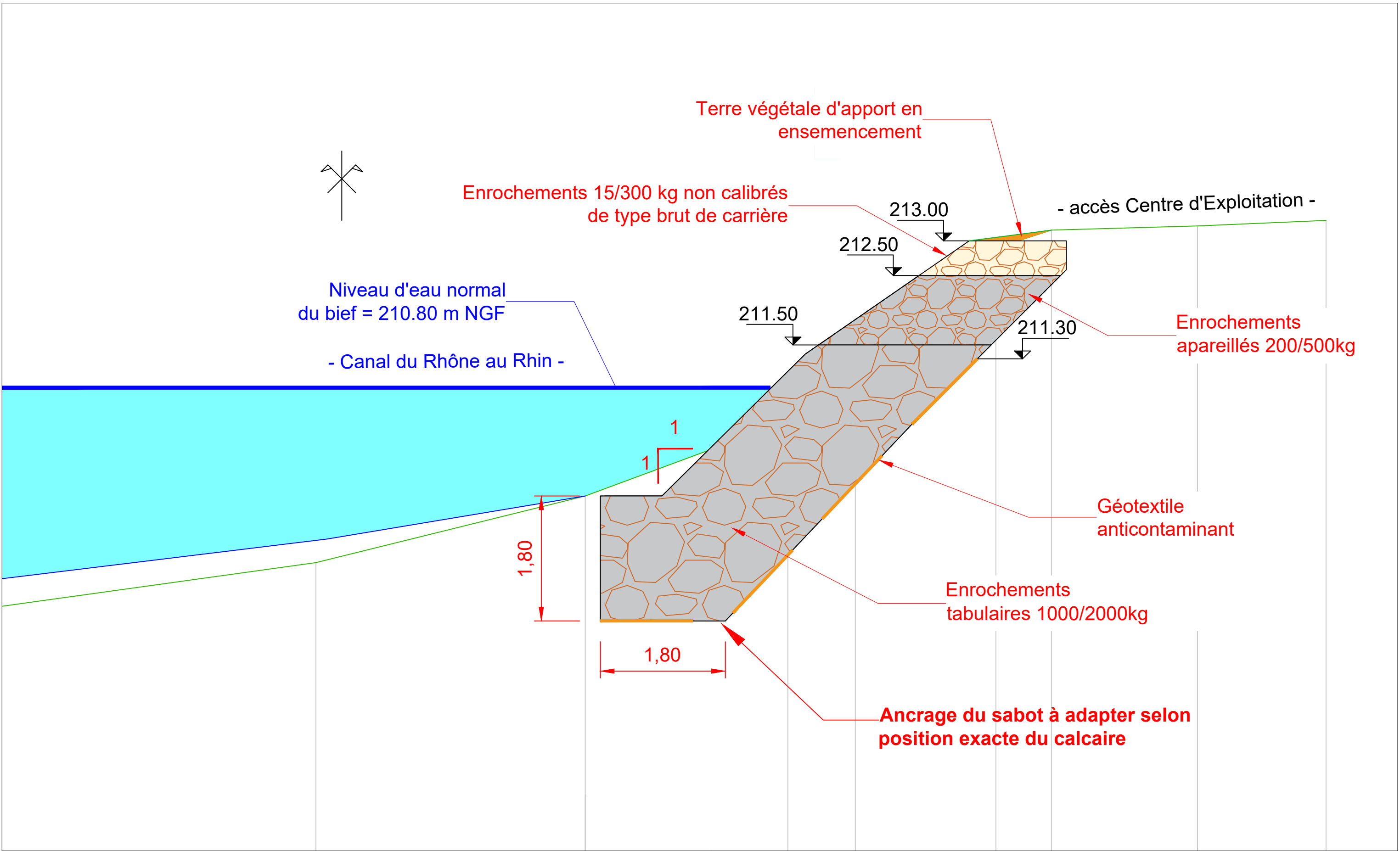
# ANNEXE 1

## PLANS DES AMENAGEMENTS PROJETES





|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |            |                   |                   |            |        |          |                      |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------|-------------------|------------|--------|----------|----------------------|--|--|
| <div><div><div><div></div><div>vnf</div><div>VNF</div><div>Voies<br/>navigables<br/>de France</div></div><div><div>Restoration du mur du Moulin des Malades et confortement des berges en rives droite et gauche<br/>du bief 61/62 du canal du Rhône au Rhin sur la commune de Ranchot (39)</div></div></div></div> |            |                   |                   |            |        |          | Plan de masse global |  |  |
| <div><div><div><div></div><div>ARTELIA</div></div><div><div>21, Avenue Albert Camus<br/>21 000 DIJON<br/>Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50</div></div><div><div>Vérifié par : MML</div><div>Date : 23/07/2025</div></div></div></div>                                                                                      |            |                   |                   |            |        |          | Phase Projet         |  |  |
| 4163326N° d'affaire                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            | Etabli par : KSI  | Vérifié par : MML | N° de Plan | Indice | Format   | Vue en plan          |  |  |
| 1/1000 Echelle(s)                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 23/07/2025 | Date : 23/07/2025 | Date : 23/07/2025 | PM         | A      | 420x1120 |                      |  |  |



Restauration du mur du Moulin des Malades et confortement des berges en rives droite et gauche  
du bief 61/62 du canal du Rhône au Rhin sur la commune de Ranchot (39)

**Stabilisation des berges sur la rive gauche**



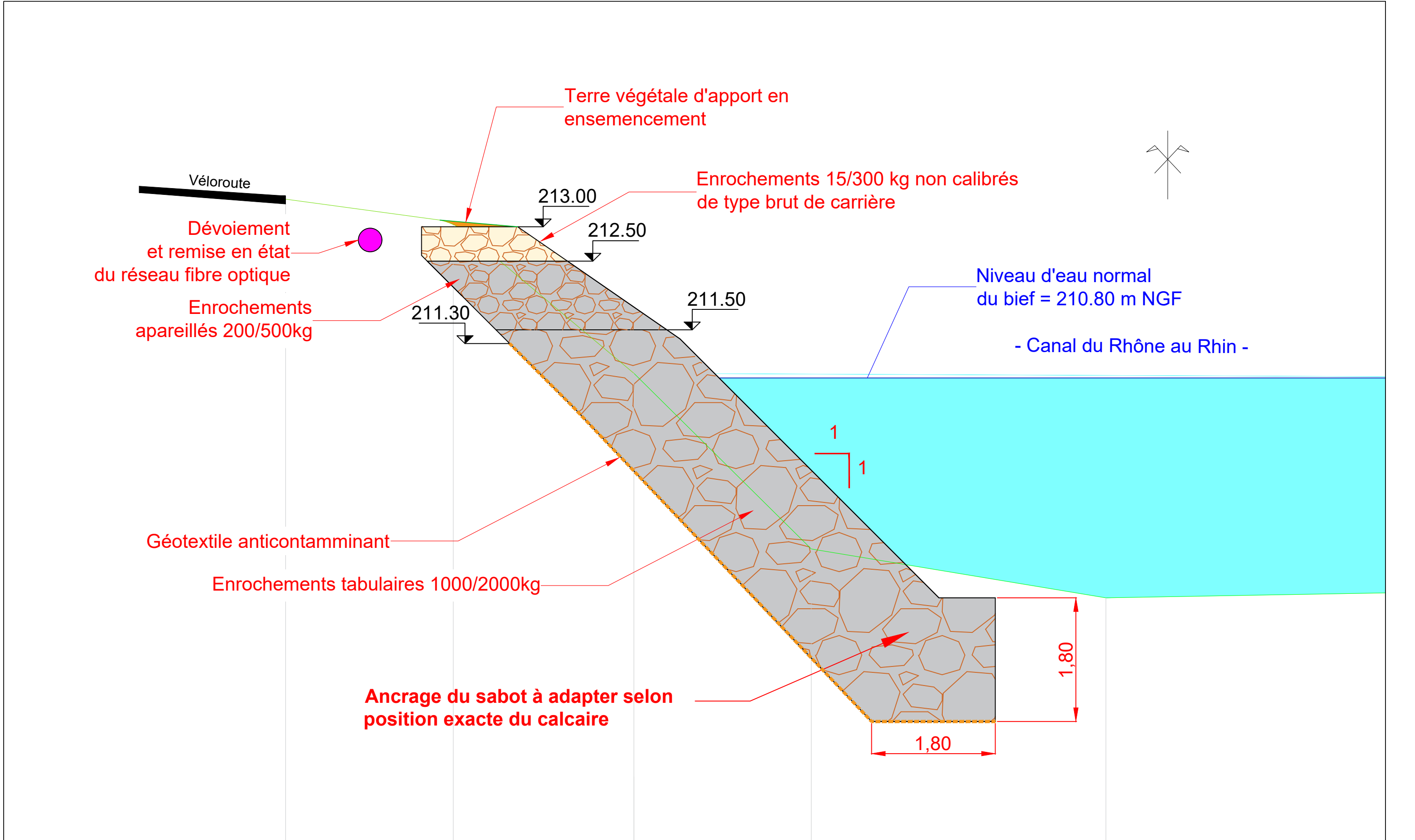
21, Avenue Albert Camus  
21 000 DIJON  
Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50

Phase PRO

|              |         |                   |                   |            |        |        |
|--------------|---------|-------------------|-------------------|------------|--------|--------|
| N° d'affaire | 4163326 | Etabli par : KSI  | Vérifié par : MML | N° de Plan | Indice | Format |
| Echelle(s)   | 1/50    | Date : 23/07/2025 | Date : 23/07/2025 |            | A      | A3     |

Confortement de berge-Coupe transversale en rive gauche





|                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |                   |                   |            |        |        |                                                                    |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------|-------------------|------------|--------|--------|--------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| <div><div><div><div><div></div><div>vnf</div></div><div>VOIES<br/>navigables<br/>de France</div></div></div><div>Restauration du mur du Moulin des Malades et confortement des berges en rives droite et gauche<br/>du bief 61/62 du canal du Rhône au Rhin sur la commune de Ranchot (39)</div></div> |         |                   |                   |            |        |        | <div>Stabilisation des berges sur la rive droite</div>             |  |  |  |  |  |  |
| <div><div><div><div></div><div>ARTELIA</div></div><div>21, Avenue Albert Camus<br/>21 000 DIJON<br/>Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50</div></div></div>                                                                                                                                                       |         |                   |                   |            |        |        | <div>Phase Projet</div>                                            |  |  |  |  |  |  |
| N° d'affaire                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 4163326 | Etabli par : KSI  | Vérifié par : MML | N° de Plan | Indice | Format | <div>Confortement de berge-Coupe transversale en rive droite</div> |  |  |  |  |  |  |
| Echelle(s)                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1/50    | Date : 23/07/2025 | Date : 23/07/2025 |            | A      | A3     |                                                                    |  |  |  |  |  |  |

Réalisation d'une longrine en pied du mur coté canal

Z crête = 211.19 m NGF

- Canal du Rhône au Rhin -

- Le Doubs -

Mur existant

Produit de scellement

0.60  
0.60  
Min 160mm

Min 02 Barres d'ancrage Ø16 / 10m



Restauration du mur du Moulin des Malades et confortement des berges en rives droite et gauche du bief 61/62 du canal du Rhône au Rhin sur la commune de Ranchot (39)



21, Avenue Albert Camus  
21 000 DIJON  
Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50

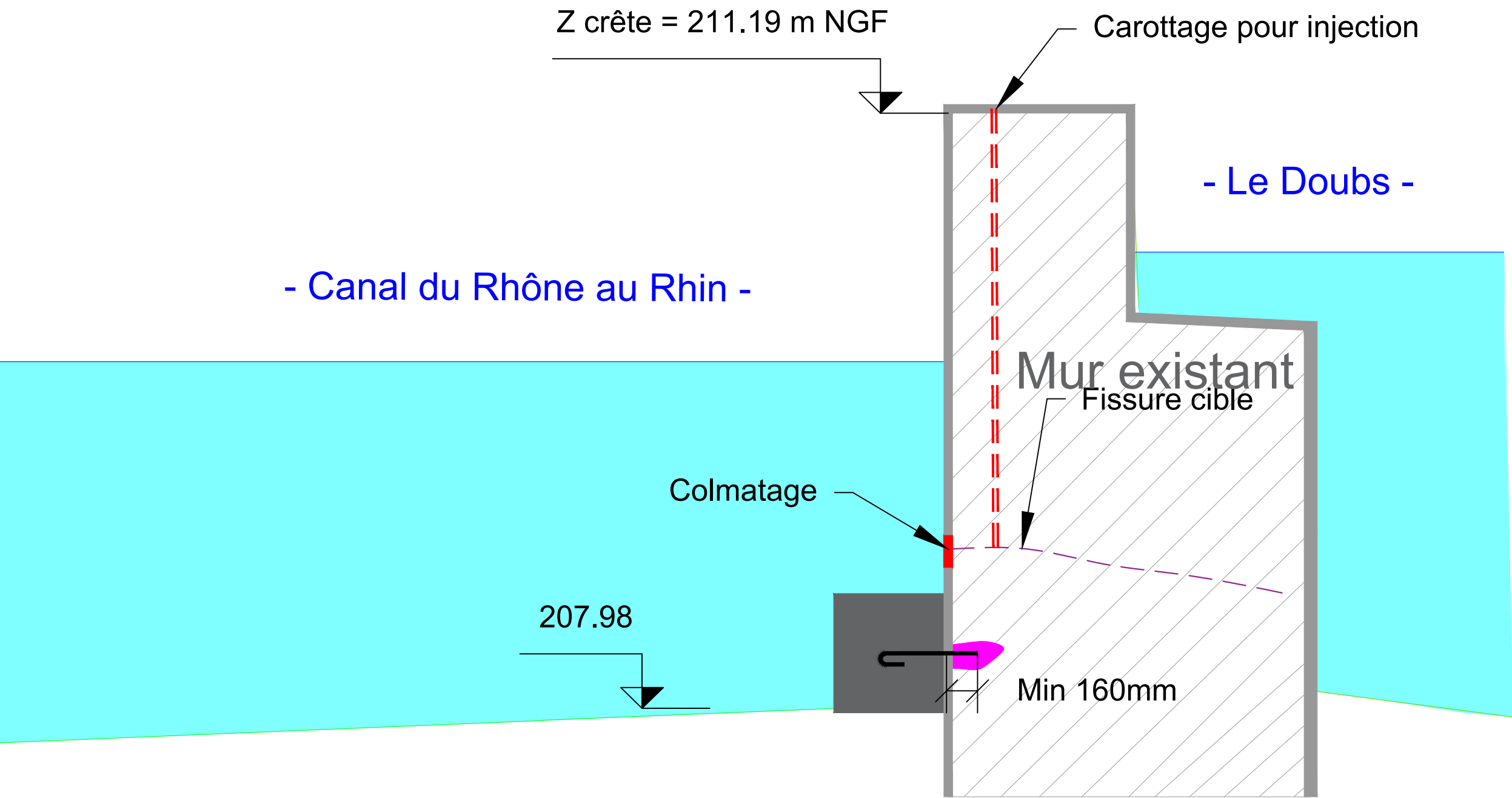
Réalisation de la longrine

Phase Projet

|              |         |                   |                   |            |        |        |
|--------------|---------|-------------------|-------------------|------------|--------|--------|
| N° d'affaire | 4163326 | Etabli par : KSI  | Vérifié par : MML | N° de Plan | Indice | Format |
| Echelle(s)   | 1/25    | Date : 23/07/2025 | Date : 23/07/2025 | PT1        | A      | A3     |

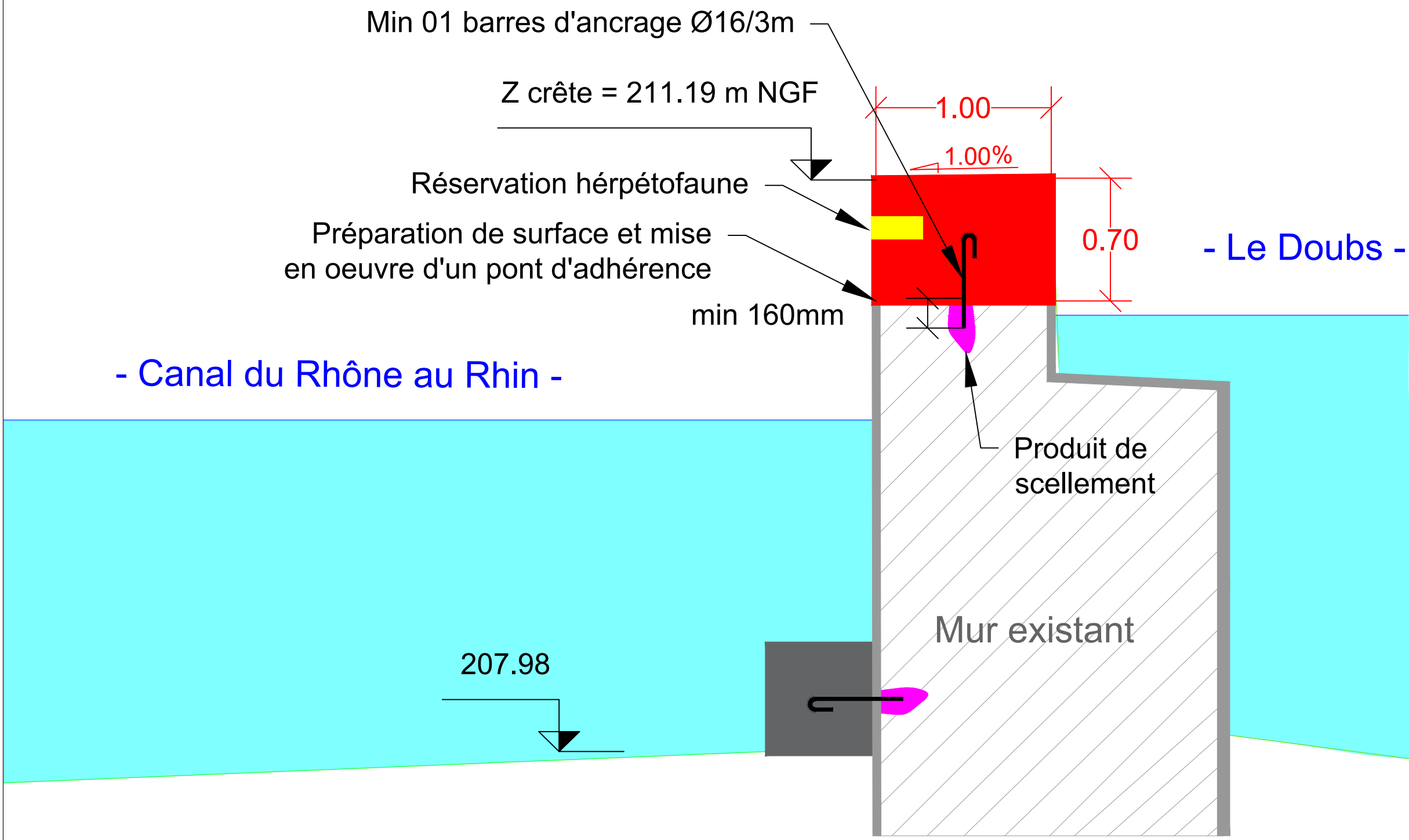
Coupe transversale

Réalisation d'un carottage jusqu'à la fissure cible et injection

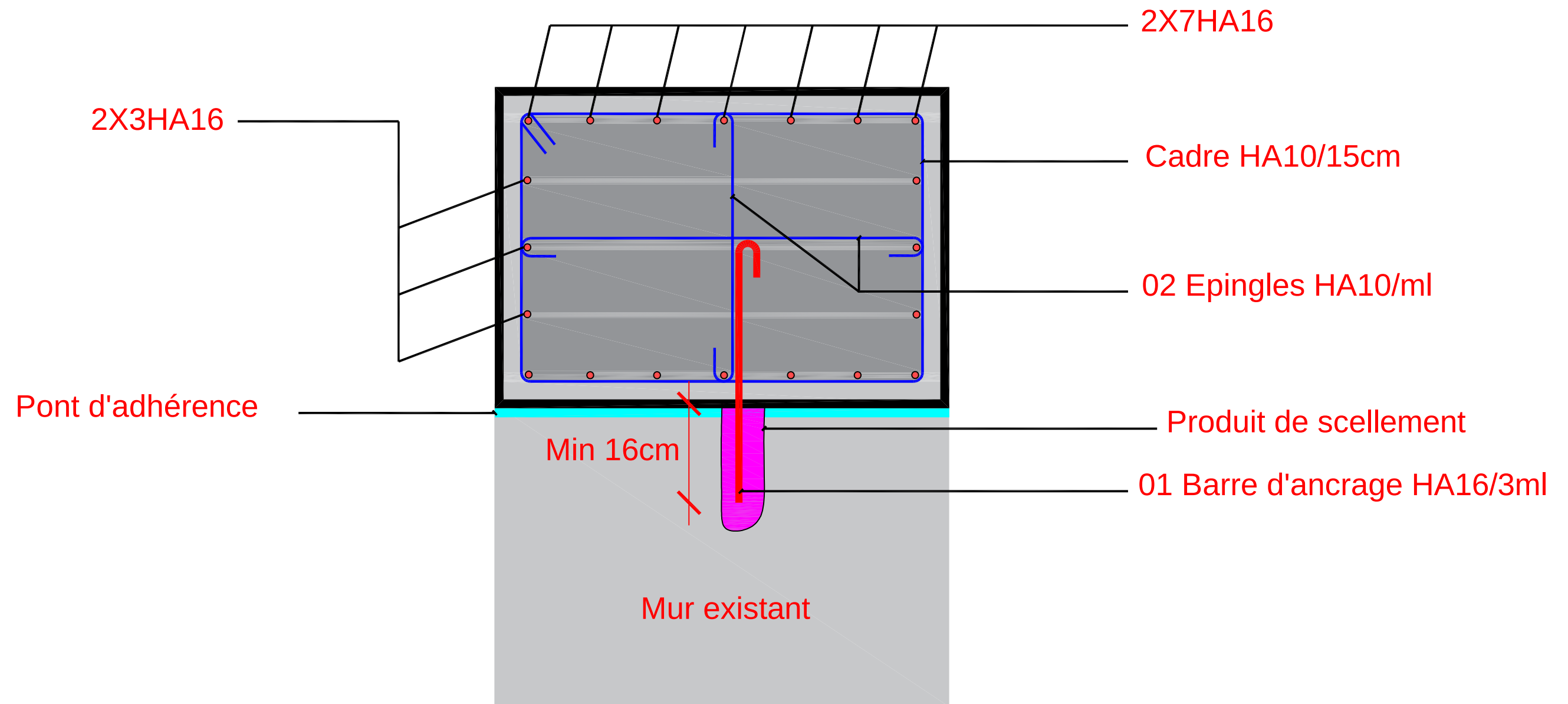


|                                                                                                                                                                                                       |         |                   |                   |            |        |        |                                      |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------|-------------------|------------|--------|--------|--------------------------------------|--|
| <div><div></div><div>Restoration du mur du Moulin des Malades et confortement des berges en rives droite et gauche du bief 61/62 du canal du Rhône au Rhin sur la commune de Ranchot (39)</div></div> |         |                   |                   |            |        |        | Réalisation de l'injection au coulis |  |
| <div><div><div></div><div>ARTELIA</div></div><div>21, Avenue Albert Camus<br/>21 000 DIJON<br/>Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50</div></div>                                                                 |         |                   |                   |            |        |        | Phase Projet                         |  |
| N° d'affaire                                                                                                                                                                                          | 4163326 | Etabli par : KSI  | Vérifié par : MML | N° de Plan | Indice | Format | Coupe transversale                   |  |
| Echelle(s)                                                                                                                                                                                            | 1/25    | Date : 23/07/2025 | Date : 23/07/2025 | PT2        | A      | A3     |                                      |  |

# Réalisation d'une poutre de couronnement



|                                                                                                                                                                                                                                                       |         |                   |                   |            |        |        |                           |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------|-------------------|------------|--------|--------|---------------------------|--|
| <div><div><div></div><div>voies navigables de France</div></div><div>Restoration du mur du Moulin des Malades et confortement des berges en rives droite et gauche du bief 61/62 du canal du Rhône au Rhin sur la commune de Ranchot (39)</div></div> |         |                   |                   |            |        |        | Reprise de l'arase du mur |  |
| <div><div><div><div></div><div>ARTELIA</div></div><div>21, Avenue Albert Camus<br/>21 000 DIJON<br/>Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50</div></div></div>                                                                                                      |         |                   |                   |            |        |        | Phase Projet              |  |
| N° d'affaire                                                                                                                                                                                                                                          | 4163326 | Etabli par : KSI  | Vérifié par : MML | N° de Plan | Indice | Format | Coupe transversale        |  |
| Echelle(s)                                                                                                                                                                                                                                            | 1/25    | Date : 23/07/2025 | Date : 23/07/2025 | PT3        | A      | A3     |                           |  |



Enrobage minimal: 4cm



Restauration du mur du Moulin des Malades et confortement des berges en rives droite et gauche  
du bief 61/62 du canal du Rhône au Rhin sur la commune de Ranchot (39)



21, Avenue Albert Camus  
21 000 DIJON  
Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50

**Réfection de l'arase du mur**

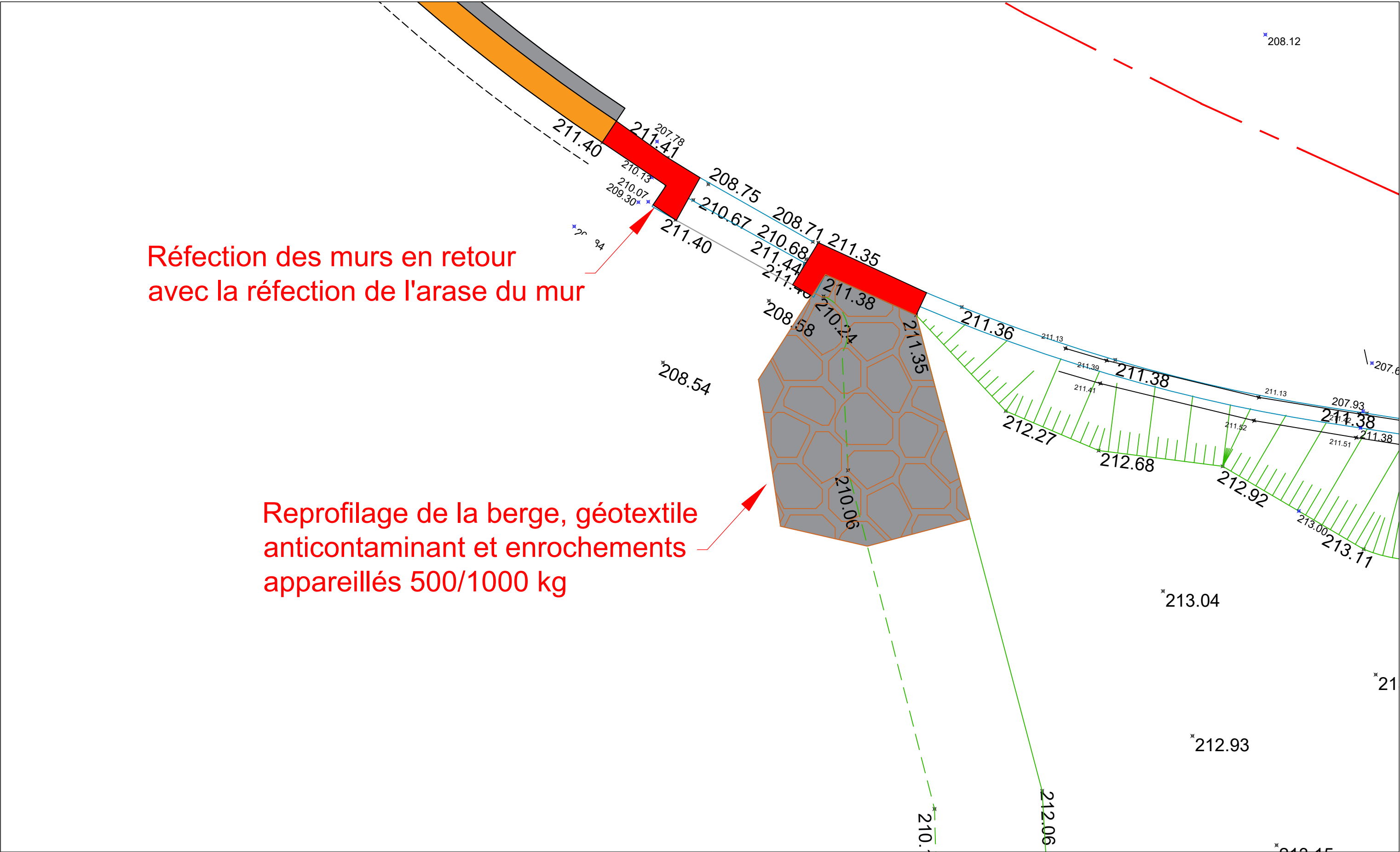
Phase PRO

|              |         |                   |                   |            |        |        |
|--------------|---------|-------------------|-------------------|------------|--------|--------|
| N° d'affaire | 4163326 | Etabli par : KSI  | Vérifié par : MML | N° de Plan | Indice | Format |
| Echelle(s)   | 1/500   | Date : 23/07/2025 | Date : 23/07/2025 |            | A      | A3     |

Coupe de principe du ferrailage minimal

Réfection des murs en retour  
avec la réfection de l'arase du mur

Reprofilage de la berge, géotextile  
anticontaminant et enrochements  
appareillés 500/1000 kg



Restauration du mur du Moulin des Malades et confortement des berges en rives droite et gauche  
du bief 61/62 du canal du Rhône au Rhin sur la commune de Ranchot (39)



21, Avenue Albert Camus  
21 000 DIJON  
Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50

Confortement du deversoir

Phase PRO

|              |         |                   |                   |            |        |        |
|--------------|---------|-------------------|-------------------|------------|--------|--------|
| N° d'affaire | 4163326 | Etabli par : KSI  | Vérifié par : MML | N° de Plan | Indice | Format |
| Echelle(s)   | 1/50    | Date : 23/07/2025 | Date : 23/07/2025 |            | A      | A3     |

Vue en plan





## ANNEXE 2

# RAPPORT GEOTECHNIQUE G2-PRO



# RAPPORT

## Étude Géotechnique de conception

### Phase Projet (G2 PRO)

## Confortement localisé par enrochements de la berge rive droite

RANCHOT

Bief 61-62 du canal du Rhône au Rhin

| Référence : 240269401/BESAN |            |                               |                    | Mission G2 Phase PRO                                                                              |               |               |
|-----------------------------|------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
| Indice                      | Date       | Modifications<br>Observations | Nbre pages         | Établi par                                                                                        | Vérifié par   | Approuvé par  |
|                             |            |                               | Texte +<br>annexes |                                                                                                   |               |               |
| 0                           | 24/07/2025 |                               | 35 + 4             | S. VALFORT<br> | S. MONTBARBON | S. MONTBARBON |
| A                           |            |                               |                    |                                                                                                   |               |               |
| B                           |            |                               |                    |                                                                                                   |               |               |
| C                           |            |                               |                    |                                                                                                   |               |               |

**Nb :** l'indice le plus récent de la même mission, annule et remplace les indices précédents

**AGENCE DIJON**  
 2 Bis rue Champeau  
 21800 QUETIGNY  
 Tél : 03.80.48.93.21  
 Mail : agence.dijon@geotec.fr

**Siège social :**  
 9 bld de l'Europe 21800 QUETIGNY  
 Tél. : 03.80.48.93.20  
 SAS au capital de 952 200 € - Siret 778 196501 00028  
 Code NAF 7112B – Qualité OPQIBI  
 Membre SYNTEC, USG et UPDS - www.geotec.fr

# SOMMAIRE

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. CADRE D'INTERVENTION .....</b>                                              | <b>4</b>  |
| 1.1 INTERVENANTS .....                                                            | 4         |
| 1.2 PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES .....                                   | 4         |
| 1.3 MISSION .....                                                                 | 7         |
| 1.3.1 Mission existante sur le site .....                                         | 7         |
| 1.3.2 Mission G2 PRO .....                                                        | 7         |
| 1.4 REMARQUES .....                                                               | 8         |
| <b>2. CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE .....</b>                  | <b>9</b>  |
| 2.1 LE SITE .....                                                                 | 9         |
| 2.2 CONTENU DE LA RECONNAISSANCE .....                                            | 10        |
| 2.3 IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES .....                                | 10        |
| <b>3. CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE .....</b>                 | <b>11</b> |
| 3.1 NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS .....                                     | 11        |
| 3.2 ESSAIS DE LABORATOIRE .....                                                   | 12        |
| 3.3 RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES .....                                        | 14        |
| 3.4 HYDROGÉOLOGIE .....                                                           | 15        |
| 3.5 DONNEES SISMIQUES – RISQUE DE LIQUEFACTION .....                              | 15        |
| 3.5.1 Accélération de référence au rocher et de calcul .....                      | 15        |
| 3.5.2 Classe de sol .....                                                         | 16        |
| 3.5.3 Risque de liquéfaction .....                                                | 16        |
| 3.6 POLLUTION .....                                                               | 16        |
| <b>4. TERRASSEMENTS .....</b>                                                     | <b>17</b> |
| 4.1 CONTRAINTES DU SITE .....                                                     | 17        |
| 4.1.1 Scénarios de travaux : .....                                                | 17        |
| 4.1.2 Niveaux d'eau du canal .....                                                | 18        |
| 4.2 EXTRACTION .....                                                              | 18        |
| 4.3 STABILITE DES TALUS ET DES AVOISINANTS – TERRASSEMENT EN PLEINE FOUILLE ..... | 18        |
| 4.4 TRAFICABILITE EN PHASE CHANTIER .....                                         | 19        |
| <b>5. ETUDE DES OUVRAGES GÉOTECHNIQUES .....</b>                                  | <b>20</b> |
| 5.1 FAISABILITE D'UN RENFORCEMENT DE TALUS PAR MASQUE POIDS .....                 | 20        |
| 5.1.1 Principe .....                                                              | 20        |
| 5.1.2 Remarques sur l'agencement des enrochements .....                           | 21        |
| 5.1.3 Dimensionnement définitif .....                                             | 21        |

|            |                                                                                                                                                                |           |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.1.4      | Sujétions d'exécution .....                                                                                                                                    | 21        |
| <b>5.2</b> | <b>METHODE DE CALCUL ET HYPOTHESES CONSIDEREES .....</b>                                                                                                       | <b>22</b> |
| 5.2.1      | Méthode de calcul de stabilité .....                                                                                                                           | 22        |
| 5.2.2      | Hypothèses géotechniques .....                                                                                                                                 | 23        |
| 5.2.3      | Hypothèses géométriques .....                                                                                                                                  | 23        |
| 5.2.4      | Hypothèses hydrogéologiques .....                                                                                                                              | 23        |
| 5.2.5      | Hypothèses de sismicité.....                                                                                                                                   | 24        |
| 5.2.6      | Hypothèses de surcharges .....                                                                                                                                 | 24        |
| 5.2.7      | Coefficient de sécurité considérés .....                                                                                                                       | 24        |
| <b>5.3</b> | <b>EXAMEN DE LA STABILITE .....</b>                                                                                                                            | <b>24</b> |
| 5.3.1      | Résultats des calculs de modélisation de l'état actuel .....                                                                                                   | 24        |
| 5.3.2      | Résultats des calculs de modélisation pour la phase provisoire avec un abaissement du canal à 209.75 m NGF : travaux en approche fluviale (scénario n°2) ..... | 26        |
| 5.3.3      | Résultats des calculs de modélisation pour la phase provisoire avec une mise à sec du canal : travaux en approche terrestre (scénario n°1) .....               | 27        |
| 5.3.4      | Résultats des calculs de modélisation pour la phase définitive .....                                                                                           | 28        |
| <b>6.</b>  | <b>RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET .....</b>                                                                                                   | <b>29</b> |
|            | <b>CONDITIONS GENERALES .....</b>                                                                                                                              | <b>30</b> |
|            | <b>ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE .....</b>                                                                                               | <b>33</b> |
|            | <b>TABLEAU 2 - CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE .....</b>                                                                                 | <b>34</b> |
|            | <b>ANNEXES .....</b>                                                                                                                                           | <b>36</b> |
|            | <b>ANNEXE 1 – PLAN DE SITUATION</b>                                                                                                                            |           |
|            | <b>ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES</b>                                                                                                             |           |
|            | <b>ANNEXE 3 – SONDAGES ET ESSAIS</b>                                                                                                                           |           |
|            | <b>ANNEXE 4 – CALCULS DE STABILITE</b>                                                                                                                         |           |

## 1. CADRE D'INTERVENTION

### 1.1 INTERVENANTS

A la demande et pour le compte de **VNF** (Direction de l'ingénierie et de la Maîtrise d'Ouvrage, Unité opérationnelle de Dijon – Pôle 2, 01 chemin Jacques de Baerze, CS 36229, 21062 DIJON cedex), **GÉOTEC** a réalisé la présente mission d'investigations géotechniques sur le site suivant :

- Bief 61-62 du canal du RHONE au RHIN, Confortements localisés par enrochements de la berge RD sur la commune de RANCHOT (39700).

Les autres intervenants connus au moment de la mission sont les suivants :

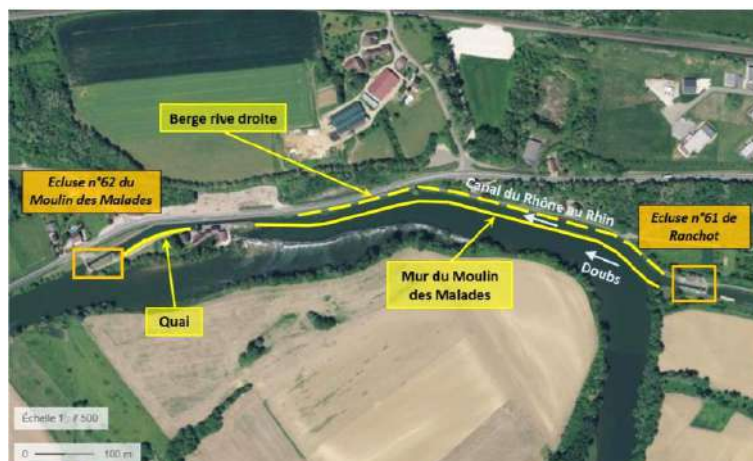
- Maître d'œuvre : ARTELIA agence de Bourgogne / Franche-Comté, 21 avenue Albert CAMUS, 21000 DIJON.

### 1.2 PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES

Les documents suivants ont été mis à la disposition de GÉOTEC :

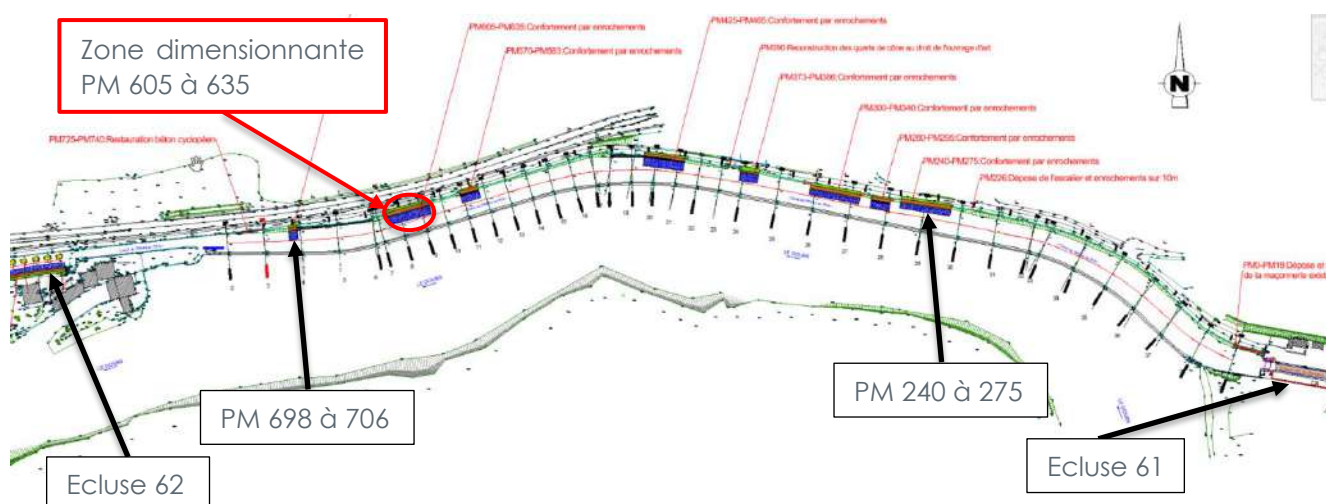
| Document                                                                                                                            | Émetteur | Référence                                            | Date       | Éch. | Cote alti. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------|------------|------|------------|
| Mission G0                                                                                                                          |          |                                                      |            |      |            |
| Rapport de synthèse des investigations complémentaires                                                                              | ARTELIA  | Version A                                            | 26/02/2024 | -    | -          |
| Plans topographiques                                                                                                                | -        | version dwg                                          | -          | -    | NGF        |
| Mission G2 PRO                                                                                                                      |          |                                                      |            |      |            |
| Plan masse du projet                                                                                                                | -        | Plan de masse-global.dwg                             | -          | -    | NGF        |
| Cahier de profil en travers                                                                                                         | -        | Berge_Rive_Droite.dwg                                | -          | -    | NGF        |
| Vues en plan des zones de confortements par enrochements                                                                            | -        | Berge_Rive_Gauche_Plan de détails                    | -          | -    | NGF        |
| Etude AVP de Maîtrise d'œuvre pour la restauration du Moulin des Malades, confortement des berges RD et d'un quai sur le bief 61-62 | ARTELIA  | Version A                                            | 09/2024    |      |            |
| Chronique des niveaux d'eau du bief 61-62 (fichier excel) sept. 2020 à juin 2025                                                    | VNF      | DTRS - AXCRR - Bief n°62 du Moulin des Malades 61-62 | 15/07/2025 |      | NGF        |

Le projet s'inscrit dans une opération globale comprenant des travaux de restauration du mur du Moulin des Malades, de confortement des berges en rive droite et d'un quai sur le bief 61-62 du canal du RHONE au RHIN à Ranchot.



Plus particulièrement dans la cadre de la présente étude, le projet comprend le confortement localisé en section courante de la berge rive droite du bief 61-62 par enrochements dans les zones suivantes, orientées de l'écluse n°61 à l'Est vers la n°62 à l'Ouest:

| Zones de confortements par enrochements | Profil en travers correspondant | Linéaire concerné (ml) | Caractéristiques des travaux                                                                             |
|-----------------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PM 240 à 275                            | PT 29                           | 35                     | Enrochements à créer                                                                                     |
| PM 280 à 295                            | PT 28                           | 15                     | Enrochements à compléter et repositionner                                                                |
| PM 300 à 340                            | PT 26 et 27                     | 40                     |                                                                                                          |
| PM 373 à 386                            | PT 24                           | 13                     | Enrochements à créer                                                                                     |
| PM 425 à 465                            | PT 20 et 21                     | 40                     |                                                                                                          |
| PM 570 à 583                            | PT 11                           | 13                     |                                                                                                          |
| PM 605 à 635                            | PT 08 et 09                     | 30                     |                                                                                                          |
| PM 698 à 706                            | PT 04                           | 8                      | Reprise de cavité par extension des enrochements existants au niveau de la jonction avec le perré PM 698 |





Le principe des travaux est illustré ci-après par le profil en travers P06 et la vue en plan du PM 566 à 706 :

CRR Mur des Malades

X(Axe) : 905062.175

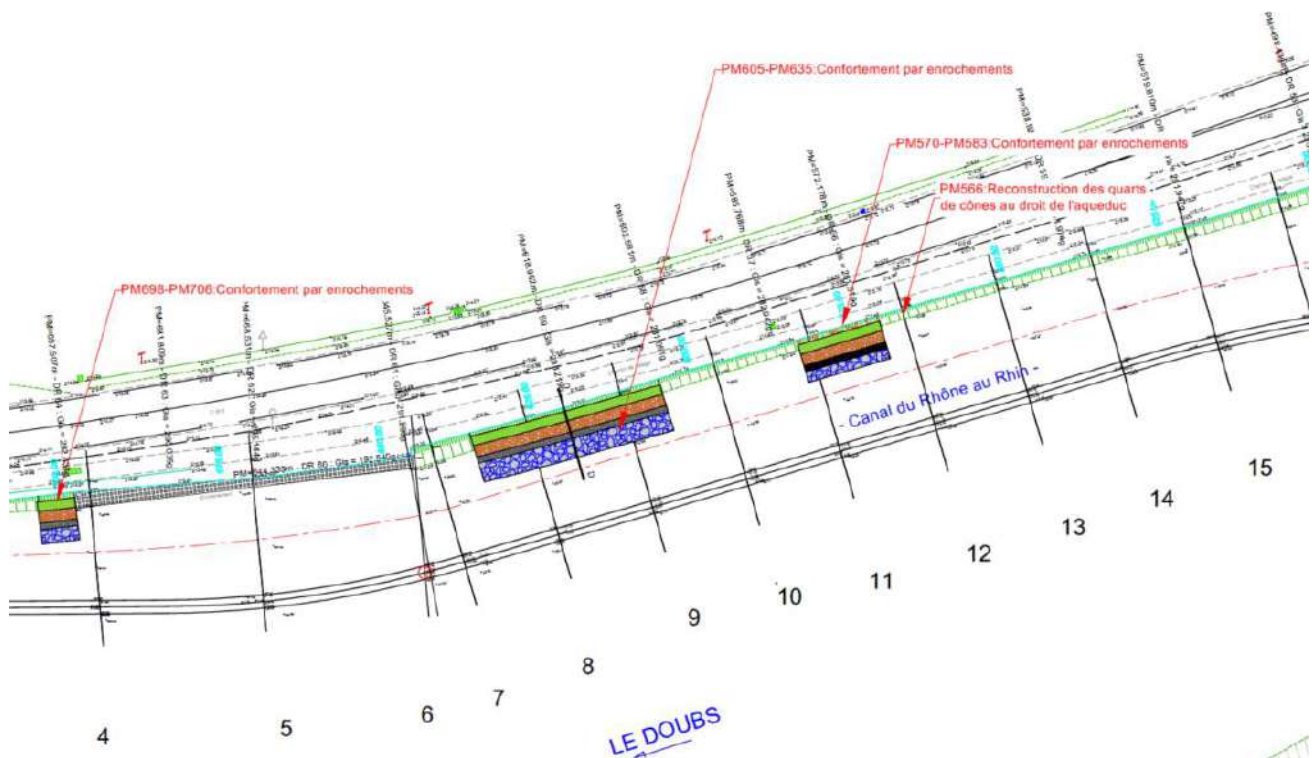
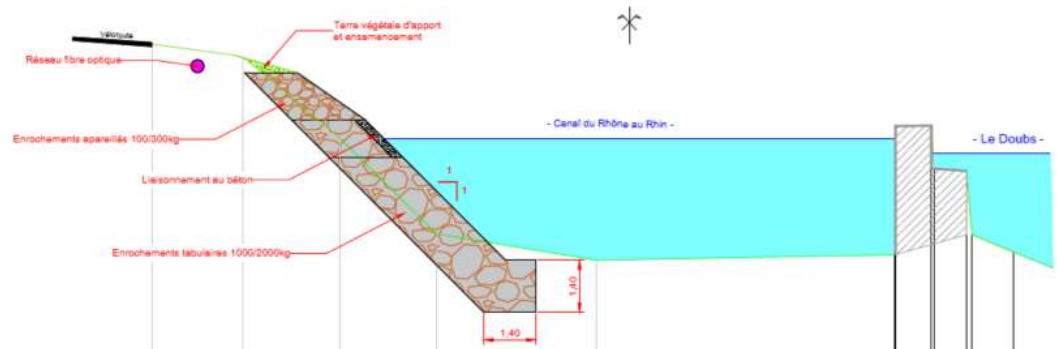
Y(Axe) : 6675772.217

Profil n°: P06

Abscisse : 104.68 m

Echelle des longueurs : 1/100

Echelle des altitudes : 1/100



Les caractéristiques de la protection en enrochements envisagée par ARTELIA en avant-projet sont les suivantes :

- Partie inférieure :
  - Enrochements tabulaires de blocométrie 1000 / 2000 Kg ancrés dans le fond du canal , directement sur le substratum calcaire présent à faible profondeur ;
  - Et disposés jusqu'à +1.00 m au-dessus du niveau moyen d'exploitation, soit  $210.81 + 1.00 = 211.81$  m NGF ;
  - Épaisseur « horizontale » de l'ordre de 1.60 m ;
  - Liaisonnement des blocs sur une hauteur moyenne de 1.00 m au niveau de la zone de batillage ;
  - Absence de géotextile anticontaminant à l'arrière de la carapace en enrochements
- Partie supérieure :
  - Enrochements de blocométrie 100 / 300 kg jusqu'à la cote moyenne 212.90 m NGF ;
  - Agencement soigné et progressif de la base vers le sommet, des plus gros éléments vers les plus modestes.

#### **Remarque importante :**

Comme le souligne ARTELIA p67/100, l'absence de géotextile anticontaminant présente un risque de lessivage des matériaux à l'arrière des enrochements susceptible de réduire la durabilité de la protection.

## **1.3 MISSION**

### **1.3.1 Mission existante sur le site**

Les études suivantes ont été réalisées au préalable par GEOTEC sur le site :

- Rapport de campagne d'investigations géotechnique Réf. 2402694/DIJON (mission G0) en date du 28/06/2024.

### **1.3.2 Mission G2 PRO**

Conformément à son offre Réf. 240269401/BESAN du 18/06/2025, GÉOTEC a reçu une mission de conception géotechnique phase projet (G2 PRO). Cette étude vise à présenter le dimensionnement géotechnique des enrochements à créer.

Le présent rapport de mission G2-PRO s'appuie sur les résultats partiels de la campagne d'investigations géotechniques réalisée par GEOTEC dans le cadre de la mission initiale citée ci-avant. Cette mission concernait le projet global de travaux. Nous nous limiterons alors aux investigations réalisées au droit de la berge rive droite du bief 61-62.

La présente mission ne comprend pas l'estimation des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages.

Il est rappelé que la phase projet de la mission d'étude géotechnique de conception G2-PRO doit être complétée par la phase DCE/ACT puis par les missions de réalisation G3 (étude et suivi de conception réalisée par le géotechnicien de l'entreprise) et supervision G4 (supervision géotechnique et suivi d'exécution) afin de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours ou après réception des ouvrages. GÉOTEC reste à la disposition des intervenants, et notamment de l'équipe de maîtrise d'œuvre, pour l'exécution des missions complémentaires G2 DCE/ACT et G4, la mission G3 étant réalisée par les entreprises de travaux.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les « Conditions générales » données en fin de rapport.

## **1.4 REMARQUES**

Toutes les abréviations utilisées dans ce rapport sont conformes à la norme XP 94-010 hormis les suivantes :

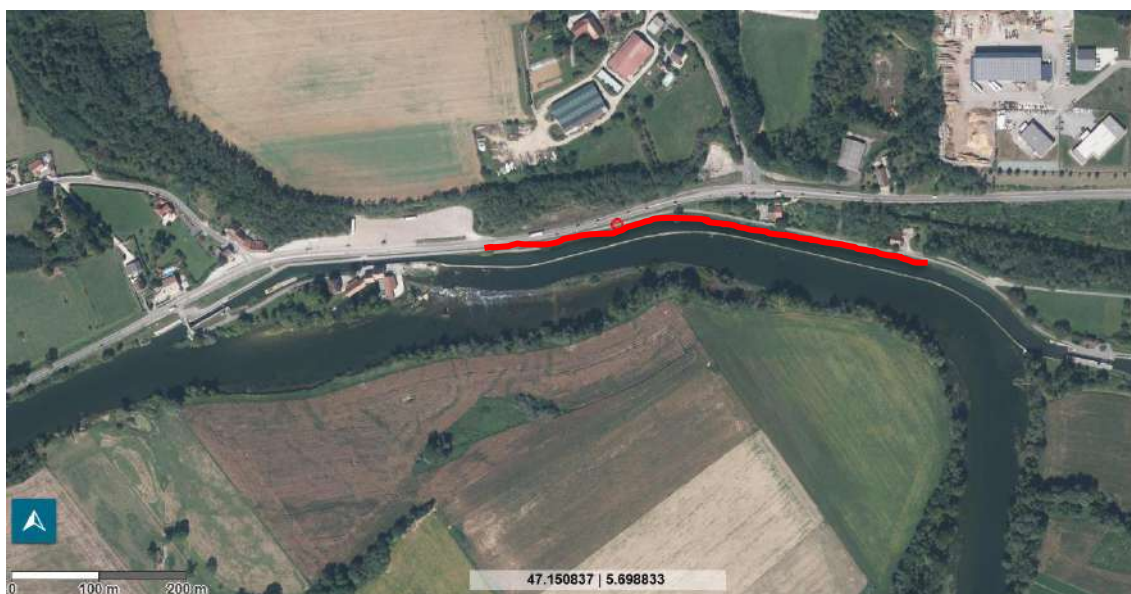
- TA : terrain actuel
- NGF : nivellement général de la France défini selon l'IGN69

## 2. CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

### 2.1 LE SITE

La zone étudiée se trouve à RANCHOT. La berge rive droite du bief 61-62 est délimitée par :

- l'Eurovéloroute n°6 et la RD673 au Nord
- le bief 61-62 du canal puis le mur du Moulin des Malades qui permet la séparation physique entre le canal et le Doubs sur environ 700.00 ml au Sud ;
- l'écluse 61 à l'Est ;
- l'écluse 62 à l'Ouest.



Dans la zone étudiée en section courante, la berge RD du canal du Rhône au Rhin présente des hauteurs variables entre 3.50 et 4.50 m de haut pour une pente de l'ordre de 1H/1V à 3H/2V. Elle est globalement recouverte de végétation herbacée, plus localement arbustives avec présence ponctuelle d'arbres et de souches. Elle présente des effondrements de talus à de nombreux reprises sur des linéaires variables, des zones érodées, et des affaissements de la partie supérieure du talus.

Elle supporte en sommet de talus l'Eurovélo 6 et un réseau de fibre optique déployé par VNF en 2024.

Le profil en long de l'Eurovélo 6 est relativement plan et varie entre 213.80 m et 213.10 m NGF.

L'altitude au droit de nos sondages réalisés sur ou en bordure de l'Eurovélo6 varie entre les cotes 212.60 m et 213.65 m NGF.

## 2.2 CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

Dans le cadre de la mission précédente, la campagne de reconnaissance précisée dans le rapport de synthèse concernant le programme d'investigations complémentaires et définie par ARTELIA a consisté en l'exécution de reconnaissances en site terrestre depuis les berges rive droite du canal.

Elle a consisté en l'exécution de :

- **4 sondages carottés** (SC6 à SC9) réalisés au carottier échantillonneur 114 mm et poursuivis au carottier simple enveloppe en Ø116mm à l'aide d'un atelier de forage de type TB225 de marque GEOTEC jusqu'à 7.00 m/TA. Ils ont permis de déterminer la nature et les épaisseurs des différentes couches de sol, et de prélever des échantillons pour les essais de laboratoire.
- **2 sondages pressiométriques** (SP2 et SP3) réalisés à la tarière de 63 mm et poursuivi en rotopercussion au taillant de 64 mm. La sondeuse utilisée est de marque GÉOTEC type TB225. Ces sondages ont atteint une profondeur de 7.00 m par rapport au TA. Les essais pressiométriques ont été répartis selon un intervalle moyen de 1.50 m.
- **Des séries d'analyses et essais en laboratoire**, comprenant la réalisation de :
  - 8 analyses granulométriques/sédimentométries,
  - 6 limites d'Atterberg,
  - 3 essais au bleu de méthylène (VBS),
  - 8 teneurs en eau W%,
  - 6 mesures de masse volumiques,
  - 2 essais de cisaillement triaxial Cu+u,
  - 2 essais de cisaillement à la boîte CD.

## 2.3 IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES

La position des sondages et essais figure sur le plan d'implantation en annexe.

L'implantation a été réalisée au mieux des conditions d'accès, de la présence de réseaux et au mieux de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance.

Les sondages et essais ont été nivelés à partir des repères topographiques cotés figurant sur les fonds de plans topographiques transmis par VNF.

Les profondeurs sont comptées par rapport au Terrain Actuel (TA).

### 3. CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

D'après la carte géologique du B.R.G.M. de DOLE au 1/50 000<sup>ème</sup>, et notre connaissance de ce secteur, la géologie attendue est la suivante :

- des remblais d'aménagement du site ;
- des formations alluvionnaires récentes ;
- le substratum calcaire d'âge Callovien et Oxfordien.



#### 3.1 NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

La campagne de reconnaissance réalisée en berge rive droite a mis en évidence sous une couche d'enrobé de 5 cm les formations suivantes :

- des **remblais hétérogènes** (argile graveleuse beige, sable et graviers beige, grave sablo-argileuse brune), identifiés dans tous les sondages jusqu'à une profondeur variant entre 0.70 m et 0.90 m/TA. Cet horizon correspond aux structures granulaires sous ou en bordure d'Eurovélo 6.

Interceptés sur de faibles épaisseurs, leurs caractéristiques mécaniques n'ont pas été mesurées.

- des **limons +/- sablo-argileux à graviers** identifiés sous l'horizon précédent dans tous les sondages sauf SP2 jusqu'à une profondeur variant entre 3.00 m et 3.90 m/TA. Cet horizon correspond à une fraction fine des formations alluvionnaires.

Leurs caractéristiques mécaniques sont globalement faibles, telles que :

$$0.25 \leq p_l^* \leq 0.42 \text{ MPa (2 valeurs)}$$

$$E_M \approx 3.5 \text{ MPa (2 valeurs)}$$



- des **sables et graviers** identifiés très ponctuellement sous l'horizon précédent uniquement dans les sondages SC6 et SC9 jusqu'à une profondeur variant entre 3.90 m (SC6) et 6.20 m/TA (SC9). Cet horizon correspond à une fraction plus grossière des formations alluvionnaires. Notons que la lentille sableuse rencontrée à proximité de l'écluse 61 en SC9 jusqu'à 6.20 m/TA est excentrée à l'Est des zones de confortement par enrochements envisagées.

Les sables et graviers n'ont pas été interceptés par les sondages SP2 et SP3, leurs caractéristiques mécaniques n'ont ainsi pas été évaluées.

- le **substratum calcaire beige +/- fracturé**, identifié sous les horizons précédents jusqu'en fond de tous les sondages à 7.00 m / TA. Le toit +/- altéré de cet horizon présente des variations altimétriques généralement observée entre 3.0 m et 3.90 m/TA. Plus ponctuellement, nous l'avons rencontré à 2.00 m/TA (SP2) et 6.20 m/TA (SC9). Notons pour SP2 la potentielle présence d'un bloc d'enrochement entre 1.10 m et 2.00 m/TA, le sondage ayant été réalisé en extrémité d'une zone déjà confortée en enrochements. Les caractéristiques mécaniques ainsi mesurée ont été sorties de l'analyse.

Ses caractéristiques mécaniques sont très élevées, telles que :

$$p_l^* \geq 4.69 \text{ MPa}$$

$$341.1 \leq E_M \leq 500.0 \text{ MPa}$$

NB : Compte tenu de la méthode de forage semi-destructive en diamètre 63mm des sondages SP2 et SP3, les limites entre chaque faciès ne peuvent pas être identifiées de façon précises. La nature des terrains pourra être confirmée en phase exécution (mission G3) par des sondages complémentaires spécifiques (fouilles, carottages, ...).

## 3.2 ESSAIS DE LABORATOIRE

Les **essais de laboratoire** réalisés sur des échantillons de sols prélevés dans les sondages réalisés depuis la berge rive droite ont donné les résultats suivants :

| Sondage                                     |          | SC6                                        | SC6                                         | SC7                                   | SC7                                              | SC8                                             | SC8                                   | SC9                       | SC9                     |
|---------------------------------------------|----------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Description                                 |          | Limon sableux lgt argileux brun à graviers | Graviers et galets beige +/- sablo-limoneux | Limon argileux lgt sableux brun beige | Limon argileux brun lgt sableux à rares graviers | Limon argileux marron lgt sableux à qq graviers | Limon argileux brun beige lgt sableux | Limon sablo-argileux brun | Graviers et sable beige |
| Profondeur (m)                              |          | 1.90-3.00                                  | 3.45-3.90                                   | 1.50-2.15                             | 3.00-3.80                                        | 0.90-1.50                                       | 2.30-3.00                             | 1.60-3.00                 | 3.80-4.50               |
| W <sub>nat</sub> (%)                        |          | 27.2                                       | 10.1                                        | 31.6                                  | 27.7                                             | 21.4                                            | 23.9                                  | 34.2                      | 6.5                     |
| D (mm)                                      |          | 30.0                                       | 75.0                                        | 7.0                                   | 30.0                                             | 19.0                                            | 25.0                                  | 3.0                       | 24.0                    |
| Passant à 63mm (%)                          |          | 100.0                                      | 88.7                                        | 100.0                                 | 100.0                                            | 100.0                                           | 100.0                                 | 100.0                     | 100.0                   |
| Passant à 50mm (%)                          |          | 100.0                                      | 88.7                                        | 100.0                                 | 100.0                                            | 100.0                                           | 100.0                                 | 100.0                     | 100.0                   |
| Passant à 2mm (%)                           |          | 84.7                                       | 22.1                                        | 99.8                                  | 92.3                                             | 88.3                                            | 97.9                                  | 100.0                     | 22.8                    |
| Passant à 80µm (%)                          |          | 51.9                                       | 10.6                                        | 86.8                                  | 74.2                                             | 79.2                                            | 84.0                                  | 70.0                      | 3.2                     |
| Passant à 63µm (%)                          |          | 50.9                                       | 10.4                                        | 86.0                                  | 73.5                                             | 78.8                                            | 82.9                                  | 69.0                      | 3.1                     |
| Passant à 2µm (%)                           |          | 15.1                                       | 3.0                                         | 27.7                                  | 27.0                                             | 29.2                                            | 22.7                                  | 20.5                      | -                       |
| VBS (g/100g)                                |          |                                            | 0.31                                        |                                       | 2.41                                             |                                                 |                                       |                           | 0.07                    |
| Limite de liquidité W <sub>l</sub> (%)      |          | 42.8                                       |                                             | 42.7                                  | 39.8                                             | 43.4                                            | 32.6                                  | 49.9                      |                         |
| Limite de plasticité W <sub>p</sub> (%)     |          | 26.7                                       |                                             | 25.4                                  | 23.1                                             | 25.8                                            | 20.2                                  | 30.3                      |                         |
| Indice de plasticité I <sub>p</sub> (-)     |          | 16.1                                       |                                             | 17.3                                  | 16.7                                             | 17.6                                            | 12.4                                  | 19.6                      |                         |
| Indice de consistance I <sub>c</sub> (-)    |          | 0.58                                       |                                             | 0.63                                  | 0.33                                             | 1.04                                            | 0.57                                  | 0.78                      |                         |
| Classe selon le GTR 1992                    |          | A2 th                                      | C1 B4                                       | A2 th                                 | A2 th                                            | A2 th                                           | A2 th                                 | A2 th                     | D2                      |
| Classe selon le GTR 2023                    |          | F2 th                                      | VC2 G3                                      | F2 th                                 | F2 th                                            | F2 th                                           | F2 th                                 | F2 th                     | G1 ins                  |
| Masse volumique humide (g/cm <sup>3</sup> ) |          | 2.03                                       |                                             | 1.85                                  | 1.99                                             | 2.04                                            | 2.02                                  | 1.90                      |                         |
| Masse volumique sèche (g/cm <sup>3</sup> )  |          | 1.58                                       |                                             | 1.38                                  | 1.53                                             | 1.71                                            | 1.63                                  | 1.49                      |                         |
| Indice des vides e                          |          | 0.70                                       |                                             | 0.95                                  | 0.77                                             | 0.55                                            | 0.65                                  | 0.78                      |                         |
| Degré de saturation S <sub>r</sub> (%)      |          | 109                                        |                                             | 95                                    | 107                                              | 94                                              | 99                                    | 93                        |                         |
| Triaxial Cu+u                               | C' (KPa) |                                            |                                             |                                       |                                                  | 12                                              |                                       | 12                        |                         |
|                                             | Φ' (°)   |                                            |                                             |                                       |                                                  | 31                                              |                                       | 33                        |                         |
| Cisaillement CD                             | C' (KPa) | 10                                         |                                             |                                       | 11                                               |                                                 |                                       |                           |                         |
|                                             | Φ' (°)   | 36                                         |                                             |                                       | 23                                               |                                                 |                                       |                           |                         |

Ces résultats permettent de classer ces matériaux en **A<sub>2</sub> th**, **C1 B4** et **D2** selon le GTR. Les sols A2 sont des sols fins moyennement argileux et moyennement plastiques, sensibles au retrait gonflement. Ils ont été rencontrés dans un état hydrique très humide « th ».

Les sols C1B4 sont des sols sablo-graveleux à matrice argileuse. Les sols D2 sont des graves sableuses alluvionnaires insensibles à l'eau.

### 3.3 RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES

Selon le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant sur la délimitation des zones de sismicité, la commune de RANCHOT est inscrite en zone de sismicité 2 (faible).

D'après la base de données du BRGM relative à l'aléa retrait / gonflement des argiles, le site est classé en zone d'aléa moyen.

D'après la base de données du BRGM relative au phénomène de remontée de nappe, le site est situé dans l'enveloppe approchée des inondations potentielles de cours d'eau de plus de 1 Ha.

La commune de RANCHOT n'est par répertoriée au sein d'un Atlas des Zones Inondables (AZI) ni comme Territoire à Risque important d'inondation. Elle ne possède pas de Plan de Prévention des Risques.

La commune de RANCHOT a fait l'objet de 14 arrêtés de catastrophes naturelles concernant des phénomènes d'inondations et/ou coulées de boues, et mouvement de terrain :

| Code national CATNAT | Date début événement | Date fin événement | Date publication arrêté | Date publication jo | Libelle commune | Libelle risque Jo                 |
|----------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------------------|
| INTE0600495A         | 01/07/2003           | 30/09/2003         | 16/06/2006              | 14/07/2006          | RANCHOT         | Sécheresse                        |
| INTE1824833A         | 15/05/2018           | 15/05/2018         | 17/09/2018              | 20/10/2018          | RANCHOT         | Inondations et/ou Coulées de Boue |
| INTE1824833A         | 15/05/2018           | 15/05/2018         | 17/09/2018              | 20/10/2018          | RANCHOT         | Inondations et/ou Coulées de Boue |
| INTE1824833A         | 05/06/2018           | 05/06/2018         | 17/09/2018              | 20/10/2018          | RANCHOT         | Inondations et/ou Coulées de Boue |
| INTE1824833A         | 05/06/2018           | 05/06/2018         | 17/09/2018              | 20/10/2018          | RANCHOT         | Inondations et/ou Coulées de Boue |
| INTE1914147A         | 01/07/2018           | 31/12/2018         | 21/05/2019              | 22/06/2019          | RANCHOT         | Sécheresse                        |
| INTE9000113A         | 13/02/1990           | 19/02/1990         | 16/03/1990              | 23/03/1990          | RANCHOT         | Inondations et/ou Coulées de Boue |
| INTE9900148A         | 19/02/1999           | 24/02/1999         | 14/04/1999              | 02/05/1999          | RANCHOT         | Inondations et/ou Coulées de Boue |
| INTE9900627A         | 25/12/1999           | 29/12/1999         | 29/12/1999              | 30/12/1999          | RANCHOT         | Inondations et/ou Coulées de Boue |
| INTE9900627A         | 25/12/1999           | 29/12/1999         | 29/12/1999              | 30/12/1999          | RANCHOT         | Mouvement de Terrain              |
| IOME2421328A         | 18/06/2024           | 18/06/2024         | 31/07/2024              | 21/08/2024          | RANCHOT         | Inondations et/ou Coulées de Boue |
| NOR19830204          | 08/12/1982           | 31/12/1982         | 04/02/1983              | 06/02/1983          | RANCHOT         | Inondations et/ou Coulées de Boue |
| NOR19830621          | 01/04/1983           | 31/05/1983         | 21/06/1983              | 24/06/1983          | RANCHOT         | Inondations et/ou Coulées de Boue |
| NOR19830621          | 01/04/1983           | 31/05/1983         | 21/06/1983              | 24/06/1983          | RANCHOT         | Glissement de Terrain             |

D'après les données issues de la carte BRGM relative à la présence de cavité souterraine, il n'y a pas de cavité souterraine référencée dans un périmètre de 200 m du projet.

Les alluvions, du fait de leur mode de dépôt lenticulaire, peuvent présenter des variations latérales de faciès. Ainsi, il sera possible de rencontrer des lentilles sableuses ou graveleuse au sein des horizons limoneux.

Le toit du substratum calcaire correspond à une surface d'érosion et d'altération. Par conséquent, il sera toujours possible de rencontrer des surprofondeurs ou des remontées du toit du substratum, comme observé en SP2 ou SC9.

Enfin, compte-tenu de l'aménagement de l'Eurovélo 6 et des confortements existants de la berge actuelle, il sera toujours possible de rencontrer des remblais de nature et d'épaisseur variable. Ces remblais pourront également contenir des vestiges de construction liés à l'occupation du site et des réseaux enterrés.

### 3.4 HYDROGÉOLOGIE

Lors de la précédente campagne de reconnaissance en avril 2024, nous avons observé les niveaux d'eau suivants :

| Sondage                                       | SP2    | SC6       | SC7       | SP3    | SC8       | SC9       |
|-----------------------------------------------|--------|-----------|-----------|--------|-----------|-----------|
| Cote NGF / Tête de sondage (m)                | 213.35 | 212.70    | 212.60    | 212.90 | 213.00    | 213.00    |
| Prof niveau d'eau en fin de forage (m)        | 2.90   | 2.50      | 1.20      | 2.00   | 1.00      | 2.50      |
| Cote NGF du niveau d'eau en fin de forage (m) | 210.45 | 210.20(*) | 211.40(*) | 210.90 | 212.00(*) | 210.50(*) |

(\*) carottage à l'eau en fin de sondage, niveau non représentatif

#### Observations importantes :

- Les niveaux d'eau donnés ci-dessus ont été mesurés en fin de sondage et ne correspondent pas forcément à des niveaux complètement stabilisés.
- Ces relevés ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de préciser les variations du niveau d'eau dans les talus des berges ou à leur base. Il en est de même pour les maçonneries béton du mur du moulin des malades.

Le contexte hydrogéologique du site est celui d'une nappe locale qui baigne les alluvions du secteur, dont le niveau est en lien avec le niveau du canal du Rhône au Rhin, de la nappe alluviale du Doubs, et celui d'infiltrations et de circulations gravitaires d'eau superficielles disparates et hétérogènes à la faveur des horizons les plus perméables (horizons graveleux, poches +/- sableuses).

Il appartient aux Responsables du Projet de se faire communiquer par les Services Compétents le niveau des plus hautes eaux au droit du site.

### 3.5 DONNEES SISMIQUES – RISQUE DE LIQUEFACTION

Les analyses sont menées suivant l'EC8 et les recommandations de l'AFPS.

En l'absence de donnée précise, nous supposons que l'ouvrage projeté est de catégorie d'importance **II**. Pour un ouvrage de catégorie d'importance **II**, le coefficient d'importance  $\gamma_i$  vaut **1.00**. Ces données devront être confirmées par le maître d'ouvrage.

#### 3.5.1 Accélération de référence au rocher et de calcul

Selon l'article 4 de l'arrêté du 26 octobre 2011 relatif aux règles de construction parasismique applicables aux ponts de la classe dite « à risque normal », l'accélération maximale de référence au niveau d'un sol rocheux, dénommée  $a_{gr}$ , vaut **0.7 m/s<sup>2</sup>** en zone de sismicité 2.

L'accélération horizontale de calcul au niveau d'un sol de type rocheux (classe A au sens de la norme NF EN 1998-1 septembre 2005 dite EC8-1),  $a_g$ , est égale à  $a_{gr}$  multipliée par le coefficient d'importance  $\gamma_i$  du bâtiment soit  **$a_g = \gamma_i \cdot a_{gr}$** .

### 3.5.2 Classe de sol

Selon l'article 3.1.2 « *Identification des classes de sol* » de l'EC8-1, l'identification des classes de sols nécessite la détermination de la vitesse des ondes de cisaillement sur les 30 mètres supérieurs, ou des mesures de l'indice de pénétration  $N_{SPT}$ . En l'absence de telles mesures, en première approche à partir de corrélation avec les essais réalisés et selon notre connaissance du contexte local, on pourra retenir :

Classe du sol = A (rocher comportant une couche superficielle d'au plus 5.00 m de matériau moins résistant) ; valeur du paramètre du sol correspondant  $S = 1.00$ .

Pour valider ou optimiser la classe de sol, il conviendrait de réaliser des investigations géophysiques (essais Cross Hole par exemple) ou géotechniques spécifiques (essais SPT ou CPT) jusqu'à 30 m de profondeur selon les exigences de l'EC8.

### 3.5.3 Risque de liquéfaction

En zone de sismicité 1 ou 2, l'analyse de la liquéfaction n'est pas requise selon l'arrêté du 26 octobre 2011 relatif à la prévention des risques sismiques applicables aux ponts de la classe dite « à risque normal ».

## 3.6 POLLUTION

Lors de notre intervention, nous n'avons détecté aucun indice évident de pollution dans les sondages réalisés (c'est-à-dire sous une forme détectable visuellement ou olfactivement).

Il n'est toutefois pas impossible que le terrain soit imprégné de substances polluantes. Cependant, la recherche de polluant n'est pas l'objet d'une mission géotechnique en général ni de notre mission en particulier.

Lors de travaux de démolition des ouvrages existants et de terrassement, dès lors que les terres sont excavées, ces dernières peuvent prendre le statut de déchet. Leur valorisation sur site et/ou leur élimination en dehors du site doit donc répondre aux réglementations « déchets », conformément à la loi AGEC et son décret d'application du 1er avril 2021 relatif à la sortie du statut de déchet ainsi qu'à l'arrêté du 4 juin 2021 fixant les critères du statut de déchet pour les terres excavées et sédiment.

Suite à cette évolution réglementaire, les terres excavées doivent faire l'objet d'une caractérisation selon une procédure normée et d'un enregistrement au sein d'un registre national assurant une traçabilité de l'opération de gestion de terres tassées.

En cas d'évacuation en centre de stockage celui-ci doit valider l'acceptation des terres après réception d'une Demande d'Acception Préalable (DAP) généralement portée par le terrassier ou l'entreprise générale (au nom du Maître d'Ouvrage). La DAP doit intégrer des analyses chimiques en laboratoire sur les terres à excaver.

GÉOTEC reste à la disposition des intervenants pour les accompagner dans la gestion de leurs terres dans leur projet d'aménagement depuis les études préliminaires afin d'anticiper des surcoûts éventuels, de proposer des solutions de gestion d'optimisation jusqu'à l'élaboration du plan de terrassement pour la phase opérationnelle.

La présence d'amiante qu'elle soit naturelle ou anthropique ne fait pas l'objet du présent rapport.

Il conviendra au maître d'ouvrage de solliciter un bureau d'étude pour en faire l'analyse si nécessaire.

## 4. TERRASSEMENTS

### 4.1 CONTRAINTES DU SITE

Le mode d'exécution des terrassements dépendra étroitement des conditions environnementales, en particulier :

- de la présence d'ouvrages avoisinants à proximité des certaines zones de travaux ;
- des possibilités de neutralisation partielle ou totale l'Eurovélo 6 ;
- des possibilités offertes de recharge du talus de la berge RD et des compensations hydrauliques associées à trouver, le cas échéant.

Mais de nombreux autres facteurs peuvent être déterminants pour le choix du mode d'exécution des terrassements (présence de réseaux, d'anciens ouvrages enterrés, etc.).

Les terrassements concerneront les phases provisoires de décaissement de la surface glissée ou non des talus actuels sur des épaisseurs relativement modérées au regard de la géométrie raidie actuelle, de creusement de la bêche appuyée au toit +/- fracturé du substratum, puis de remblaiement à l'aide d'enrochements de manière à constituer un masque poids.

Ces terrassements, pour le cas du profil en travers n°9 (zone d'enrochements n°1 PM 605 à 635) présentant la géométrie la plus défavorable, devraient présenter des hauteurs maximales de l'ordre de 4.50 m à 5.00 m de haut entre l'Eurovélo 6 (213.20 m NGF) et le toit du substratum rencontré aux environs de 208.8 m NGF au droit de SC6.

#### 4.1.1 Scénarios de travaux :

Plusieurs scénarios ont été analysés à ce stade pour la réalisation des travaux. Ils dépendent principalement des mises hors d'eau conditionnant la stabilité des talus actuels de la berge en phase provisoire d'abaissement du niveau d'eau du canal, du talutage provisoire à 1H/1V jusqu'au calcaire +/- fracturé ; mais aussi de la présence de surcharge en crête de talus :

##### 4.1.1.1 *Scenario n°1 : Abaissement du niveau du canal à 209.75 m NGF, soit - 1.00 m par rapport aux conditions normales d'exploitation*

Ce scénario correspond aux hypothèses de travaux envisagées par VNF et ARTELIA, sur la base de l'expérience des travaux d'enrochements précédemment conduits en 2021 ;

Il prévoit :

- La mise en œuvre des enrochements sous eau ;
- Les travaux seront pour partie réalisés par voie terrestre depuis la crête de talus, et pour partie par voie fluviale ;
- La présence de surcharges en crête de talus est maintenue pendant les phases de travaux.



#### 4.1.1.2 Scénario n°2 : Mise à sec du canal

- Nous proposerons ce scénario alternatif dans la suite de cette étude pour garantir les conditions de stabilité provisoire en phase travaux, et la qualité d'exécution des confortements par enrochements ;

Il comprend :

- la mise à sec du canal suivant un mode de vidange lente pour abaisser progressivement les pressions interstitielles déstabilisatrices dans les talus amont ;
- le maintien des surcharges en crête de talus ;
- la réalisation des terrassements / enrochements par voie terrestre, depuis la crête de talus et/ou le fond du canal avec circulation des engins au toit calcaire +/- fracturé

#### 4.1.2 Niveaux d'eau du canal

Les cotes des niveaux d'eau dans le bief 61-62 communiquées par VNF sont :

- Cotes de régulation normales du bief : 210.75 m à 210.81 m NGF ;
- Niveaux extrêmes issus de la chronique des niveaux mesurés entre juin 2025 et juin 2015 : 207.80 m à 213.12 m NGF (source fichier excel « DTRS - AXCRR - Bief n°62 du Moulin des Malades 61-62 »).

## 4.2 EXTRACTION

Pour la structure de chaussée existante de la véloroute, le cas échéant, il sera nécessaire de prévoir un prédécoupage des enrobés afin de ne pas déstructurer les structures au-delà de la zone de travaux.

Dans les sols meubles (remblais, limons +/- sablo-argileux à graviers, sables et graviers), les travaux de terrassement ne poseront pas de problèmes particuliers d'exécution. Les déblais pourront être extraits par des engins à lame ou à godet.

Dans les formations compactes (calcaire +/- fracturé) et plus localement en cas de rencontre de vestiges dans les remblais, les travaux de terrassement nécessiteront l'emploi d'engins de forte puissance (pelle de forte puissance, BRH, dent de déroctage par exemple).

Dans tous les cas, la méthodologie mise en œuvre devra tenir compte des avoisinants. Si nécessaire, une étude de vibrations sera menée.

## 4.3 STABILITE DES TALUS ET DES AVOISINANTS – TERRASSEMENT EN PLEINE FOUILLE

Pour les **talus provisoires et définitifs**, on se réfèrera aux préconisations d'exécution définies en § 5-1-4, fonction des scénarios n°1 et n°2 pour les mises hors d'eau en phases provisoires de travaux.

La méthodologie d'exécution devra être calée au démarrage des travaux lors de planches d'essai. Le recours à la technique des plots de terrassements successifs n'est pas à exclure.

#### **4.4 TRAFICABILITE EN PHASE CHANTIER**

L'entrepreneur vérifiera que la voirie existante de l'Eurovélo 6 peut supporter le trafic de chantier en fonction des moyens utilisés. Dans le cas contraire, l'entrepreneur procédera à la remise en l'état de la voirie existante à la fin du chantier.

Pour le trafic en pied de confortement lors de la mise à sec du canal, des pistes d'accès provisoires seront très probablement nécessaires.

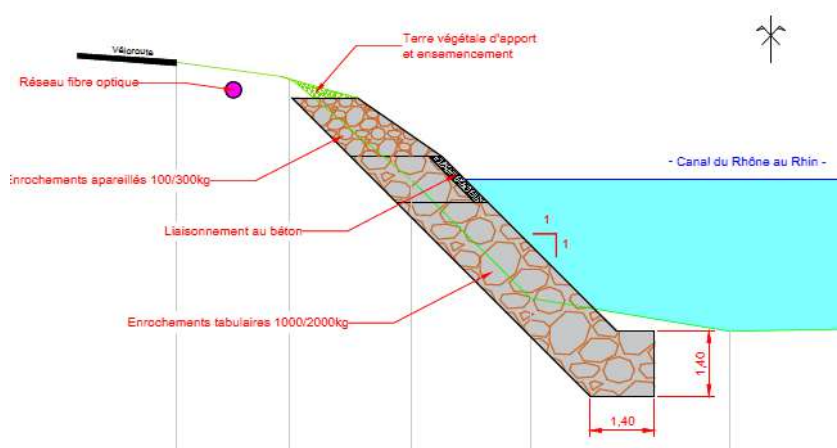
## 5. ETUDE DES OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

### 5.1 FAISABILITE D'UN RENFORCEMENT DE TALUS PAR MASQUE POIDS

#### 5.1.1 Principe

Cette solution technique visera à mettre en œuvre un masque poids appuyé par l'intermédiaire d'une bêche de pied (ou faiblement ancrée) dans les horizons compacts au toit du substratum calcaire +/- fracturé.

Ce masque sera réalisé après dégraissage des talus actuels et par substitution des matériaux de faibles caractéristiques en pied des talus actuels selon le principe ci-après, issu du dossier AVP d'ARTELIA :



L'ancrage de la bêche de pied au calcaire +/- fracturé est indicatif. Il sera à adapter selon les variations altimétriques du calcaire et son état d'altération. L'ancrage pourra être réduit à environ 0.50 m au calcaire sain.

Le masque poids sera constitué par un matériau de forte granulométrie du type enrochement normalisé pour son corps principal et de granulats d'apport insensibles à l'eau de moindre granulométrie (ex : concassé 0/100 mm de classe R<sub>61</sub>) pour **le comblement des espaces inter-blocs et la jonction arrière des blocs d'enrochements avec l'encaissant**.

Le corps principal du confortement sera composé :

- En partie inférieure : **Enrochements tabulaires de blocométrie 1000 / 2000 Kg** disposés **jusqu'à** +1.00 m au-dessus du niveau moyen d'exploitation, soit  $210.81 + 1.00 = 211.81$  m NGF ;
- En partie supérieure : Enrochements de blocométrie 100 / 300 kg jusqu'à la cote moyenne 212.90 m NGF ; avec agencement soigné et progressif de la base vers le sommet, des plus gros éléments vers les plus modestes.

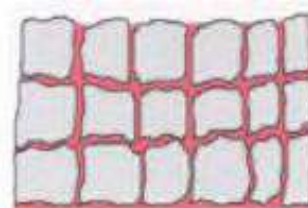
### 5.1.2 Remarques sur l'agencement des enrochements

Les blocs d'enrochement devront être mis en œuvre de façon à ce que les joints d'un rang à l'autre soient bien croisés tel que l'illustre les schémas décisionnaires suivants :

1. Enrochement stable (joints croisés) :



2. Enrochement instable (joints mal ou non croisés) :



3. Enrochement instable (bloc avec défaut de surface) :



Les caractéristiques, le mode de mise en œuvre et le contrôle de qualité des matériaux d'enrochement devront respecter les normes en vigueur (NF EN 13383-1 et -2). L'entreprise justifiera la qualité du matériau dans sa procédure d'exécution au titre de la mission géotechnique G3, sous le contrôle du maître d'œuvre et du géotechnicien superviseur.

### 5.1.3 Dimensionnement définitif

Lors de leur dimensionnement définitif, fonction de la géologie et de la constitution des matériaux d'apport, les masques poids devront être justifiés en stabilité interne et en stabilité externe (mission G3).

### 5.1.4 Sujétions d'exécution

Les travaux de terrassement ne poseront pas de problèmes d'extraction (voir § 4-2) sauf dans le calcaire ou des moyens spécifiques seront nécessaires (voir § 4-2).

Les talus et les fonds de fouilles seront terrassés de manière soignée au godet plat afin de limiter les remaniements des sols en place. Toute poche de matériaux glissés dans les talus demeurant après son dégraissement (cf § 5-1-1) devra être purgée et remplacée par des granulats d'apport insensibles à l'eau (ex : concassé 0/100 mm de classe R<sub>61</sub>). Dans ce cas, il est probable que l'entrée en terre du terrassement génère des hors profils impactant l'Eurovélo 6.

Les terrassements devront être réalisés avec toutes les précautions nécessaires afin de ne pas déstabiliser les ouvrages avoisinants.

La méthodologie d'exécution devra être calée au démarrage des travaux loin des éventuels ouvrages avoisinants dans les zones de terrassements les moins hautes et présentant le plus faible linéaire à conforter (ex : PM 570 à 583) par **des planches d'essai qui pourront conduire à adopter une technique de réalisation par plots successifs**, et à ancrer légèrement la bêche de pied dans le substratum compact (calcaire +/- fracturé).

Dans tous les cas (avec ou sans plots successifs), les délais entre l'ouverture des fouilles et leur comblement par les enrochements devront être réduits à leur strict minimum de manière à bénéficier des caractéristiques à court terme des sols. En première approche, la durée d'ouverture sera abordée de manière prudente et toute fouille ouverte devra être remblayée dans la journée par les enrochements. Des plots de 6.00 ml pourront être envisagés en première intention.

La réalisation du masque nécessitera également des moyens spécifiques qui dépendront du scénario retenu pour les mises hors d'eau en phase provisoires : pelle grand bras, pince pour l'agencement des blocs, accès fluvial par barge, ...).

#### 5.1.4.1 *Scénario n°1 : Abaissement du niveau du canal à 209.75 m NGF, soit - 1.00 m par rapport aux conditions normales d'exploitation*

Comme analysé au § 5-3-2, il sera impératif de procéder à un abaissement du canal en **vidange lente** et de laisser les **pressions interstitielles des talus amont se dissiper et s'équilibrer** avec le niveau d'abaissement du canal à 209.75 m NGF **avant d'ouvrir sous l'eau les talus provisoires à 1H/1V** pour la mise en œuvre des enrochements. **Aucune surcharge ne pourra être conservée en crête de talus pendant les travaux**, obligeant à une approche fluviale.

Dans ce scénario, les travaux sont réalisés sous eau. Cette approche n'offre pas les meilleures garanties de réalisation, et rend impossible le recours à un géotextile anti-contaminant pour maîtriser les phénomènes d'érosion interne du confortement. Nous déconseillons cette approche.

#### 5.1.4.2 *Scénario n°2 : Mise à sec du canal*

Au regard du contexte local, ce scénario est à privilégier car il minimise les contraintes d'exécution et offre les meilleures garanties de durabilité des ouvrages avec des travaux réalisés par voie terrestre, principalement depuis le fond du canal mis à sec.

Comme analysé au § 5-3-3, la mise à sec du canal devra correspondre à un cas de **vidange lente en l'absence de surcharge en crête de talus**. Une fois le **niveau de nappe suffisamment rabattu dans les talus amont**, **l'ouverture des talus provisoires à 1H/1V pourra être envisagée à condition de garantir l'absence de surcharge en crête de talus**.

**Nous recommandons fortement la mise en œuvre d'un dispositif anti-érosion à l'arrière des enrochements pour maîtriser les phénomènes d'érosion interne et de sous-tirage de matériaux.** Nous rappelons la présence de sols particulièrement sensibles dans les talus des berges (limons +/- sablo argileux identifiés A2 sur de fortes épaisseurs). A plus ou moins long terme, l'érosion conduira à la dégradation (voire à la ruine) des confortements par enrochements, et au recul du trait de berge avec des impacts potentiels sur les réseaux et la véloroute, comme c'est le cas actuellement sur les zones d'enrochements dégradés.

## 5.2 METHODE DE CALCUL ET HYPOTHESES CONSIDEREES

### 5.2.1 Méthode de calcul de stabilité

Un prédimensionnement de renforcement par masque est proposé ci-après au moyen du logiciel TALREN.

La méthode de calcul utilisée est la méthode de Bishop et les calculs sont menés selon les Eurocodes en approche 3, pour un ouvrage courant.

Cette méthode fournit un coefficient de sécurité global  $\Gamma$ . Celui-ci exprime le rapport entre la résistance au cisaillement mobilisable et la résistance au cisaillement effectivement mobilisée dans le sol le long d'un cercle de rupture.

### 5.2.2 Hypothèses géotechniques

A l'issu de la campagne d'investigations géotechniques, on pourra retenir les paramètres intrinsèques à long terme fournis dans le tableau ci-dessous :

| Couche considérée             | $E_M$ (MPa) | $PI^*$ (MPa) | $\alpha$ | $C'$ (kPa) | $\phi'$ (°) | $\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------------------|-------------|--------------|----------|------------|-------------|---------------------------------|
| Limons argileux +/- graveleux | 3.5         | 0.32         | 0.5      | 5          | 27          | 19.0                            |
| Calcaire +/- fracturé         | 340         | > 4.69       | 0.67     | 25         | 35          | 22.0                            |
| Enrochements                  |             |              |          | 0          | 45          | 22.0                            |
| Remblais                      |             |              |          | 0          | 35          | 20                              |

Ces caractéristiques intrinsèques ont été interprétées et ajustées en fonction de la nature des sols, des caractéristiques pressiométriques et des résultats des essais de laboratoire, en retenant une approche prudente concernant la cohésion et l'angle de frottement mobilisables dans les limons argileux +/- graveleux.

Ainsi pour les limons argileux +/- graveleux, nous retiendrons :

- en caractéristiques court terme :  $C_u = 10$  kPa,  $\phi_u = 25^\circ$
- en caractéristique long terme :  $C' = 5$  kPa,  $\phi' = 27^\circ$

Concernant la constitution du masque de substitution, on considèrera les paramètres intrinsèques suivants, en 1<sup>ère</sup> approche :

- un matériau de forte granulométrie de type enrochement avec  $C' = 0$  kPa,  $\phi' = 45^\circ$  et  $\gamma_h = 20$  kN/m<sup>3</sup> ;
- un matériau concassé d'apport avec :  $C' = 0$  kPa,  $\phi' = 35^\circ$  et  $\gamma_h = 20$  kN/m<sup>3</sup>.

Précisons que la révision et l'ajustement de ces paramètres pourront être réalisés dans le cadre des missions géotechniques ultérieures (missions G3) à partir d'investigations géotechniques complémentaires adaptées (mesures mécaniques in situ, essais mécaniques et d'identification en laboratoire) et des données de carrière (FTP des matériaux d'apport).

### 5.2.3 Hypothèses géométriques

Le profil n°9 dans la zone de confortement entre PM 605 et PM 635 présentant les épaisseurs de limons argileux +/- graveleux les plus défavorables observées en SC6 a été retenu pour bâtir la géométrie du modèle de calcul.

### 5.2.4 Hypothèses hydrogéologiques

Les relevés ponctuels réalisés en sondages lors de la précédente campagne en avril 2024 ne sont pas représentatifs, les sondages ayant été réalisés à l'eau.

Les conditions d'eau ont alors été modélisées sur la base des cotes de régulation normales du bief, entre 210.75 m et 210.81 m NGF :

- Talus amont :



- niveau de nappe à 210.81 m NGF ;
- rabattement +/- progressif suivant les cas de vidanges lente ou rapide du canal,
- Canal modélisé par une nappe extérieure à :
  - 210.75 m NGF pour le calage du modèle,
  - 209.75 m NGF pour des travaux par voie fluviale après abaissement de 1.00 m/conditions normales d'exploitation
  - absence de nappe extérieure en cas de mise à sec du canal

### 5.2.5 Hypothèses de sismicité

En zone de sismicité 2 (faible) pour les ouvrages de catégorie d'importance II, il n'est pas nécessaire de dimensionner l'ouvrage au séisme.

Par conséquent aucune accélération sismique n'a été prise en compte dans le modèle. Cette hypothèse devra être confirmée par le maître d'ouvrage.

### 5.2.6 Hypothèses de surcharges

Une surcharge répartie égale à 20 KPa sur toute la largeur de l'Eurovélo 6 a été considérée pour modéliser les conditions en travaux.

### 5.2.7 Coefficient de sécurité considérés

Les calculs de modélisation ont été conduits selon le jeu de coefficients de sécurité partiels suivant :

| Action / propriété des matériaux | Combinaison fondamentale (*) |
|----------------------------------|------------------------------|
| Poids propre du sol              | 1,00                         |
| Méthode de calcul                | 1,00                         |
| Tan $\phi'$                      | 1,25                         |
| Cohésion effective $C'$          | 1,25                         |
| Cohésion non drainé $C_u$        | 1,40                         |
| Actions variables type Q         | 1,30                         |

(\*) Le jeu de coefficients partiels en combinaison fondamentale a été considéré pour les modélisations de stabilité à l'état actuel, ainsi qu'en phase définitive.

L'ensemble des résultats des modélisations de stabilité TALREN sont disponibles en annexes.

## 5.3 EXAMEN DE LA STABILITE

### 5.3.1 Résultats des calculs de modélisation de l'état actuel

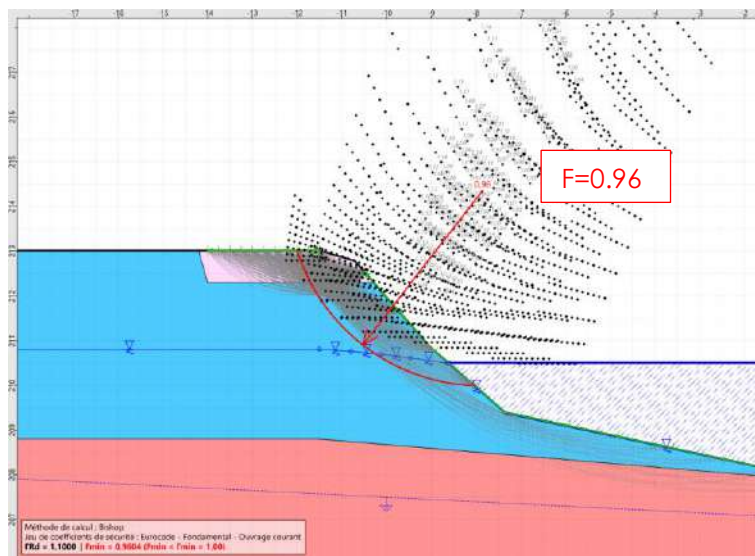
Compte-tenu des désordres observés, des résultats des reconnaissances et des essais de mécanique des sols pour déterminer les caractéristiques  $c'$  et  $\phi'$  des sols en place, le modèle de calcul a été établi en approche 3 combinaison fondamentale pour un ouvrage courant selon le principe suivant :

- en recherchant un coefficient de sécurité de l'ordre de  $F=0.95$  pour des cercles de rupture sortant en pied de talus des berges du canal ;

- avec les conditions d'eau décrites en § 5-2-4 (nappe dans les talus amont à 208.81 m NGF et niveau du canal à 208.75 m NGF).

Les coefficients de sécurité obtenus sont rappelés dans le tableau suivant :

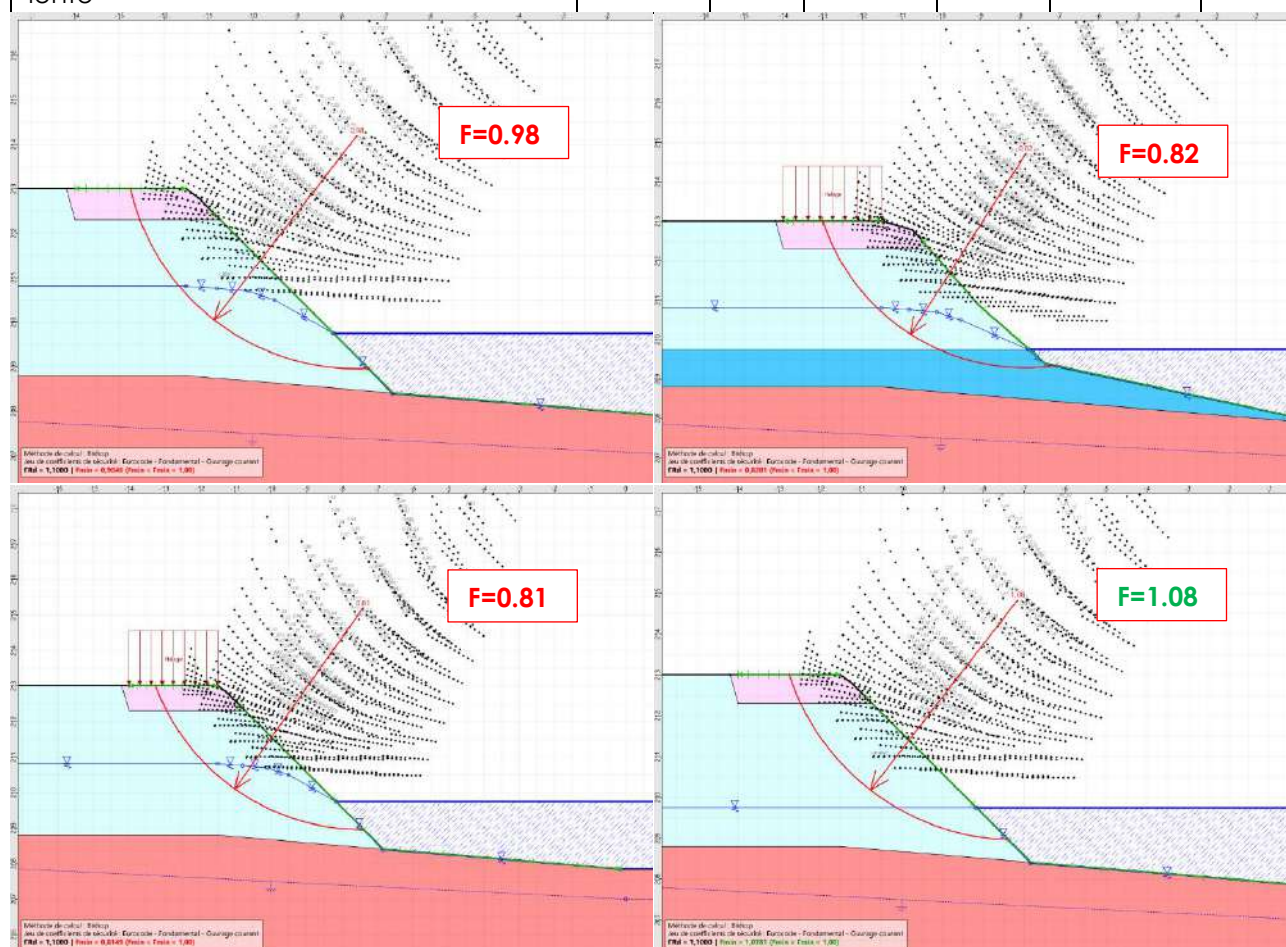
| Approche de calcul                     | C et $\phi$ | Conditions d'eau (m NGF) |        | Coefficient de sécurité F | Coefficient de modèle $\gamma_{RD}$ |
|----------------------------------------|-------------|--------------------------|--------|---------------------------|-------------------------------------|
|                                        |             | talus amont              | canal  |                           |                                     |
| Eurocode, Fondamental, ouvrage courant | LT          | 210.81                   | 210.75 | 0.96                      | 1.10                                |



### 5.3.2 Résultats des calculs de modélisation pour la phase provisoire avec un abaissement du canal à 209.75 m NGF : travaux en approche fluviale (scénario n°2)

Le coefficient de sécurité recherché est  $F = 1.00$ .

| Cas étudié                                 | Surch.<br>crête<br>KPa | C, $\phi$ | Cond. d'eau<br>(m NGF) |        | Coef.<br>sécurité<br>F | Coef.<br>modèle<br>$\gamma_{RD}$ |
|--------------------------------------------|------------------------|-----------|------------------------|--------|------------------------|----------------------------------|
|                                            |                        |           | Amont                  | Canal  |                        |                                  |
| Abaissement du canal en vidange rapide     | 20                     | CT        | 210.81                 | 209.75 | <b>0.82</b>            | 1.10                             |
| Ouverture du talus à 1H/1V, vidange rapide | 20                     | CT        | 210.81                 | 209.75 | <b>0.81</b>            | 1.10                             |
|                                            | 0                      | CT        | 210.81                 | 209.75 | <b>0.98</b>            | 1.10                             |
| Ouverture du talus à 1H/1V, vidange lente  | 0                      | CT        | 209.75                 | 209.75 | <b>1.07</b>            | 1.10                             |



En cas de vidange rapide, l'ouverture des talus provisoires pour la réalisation des enrochements n'est pas stable (même en l'absence de surcharge en crête de talus).

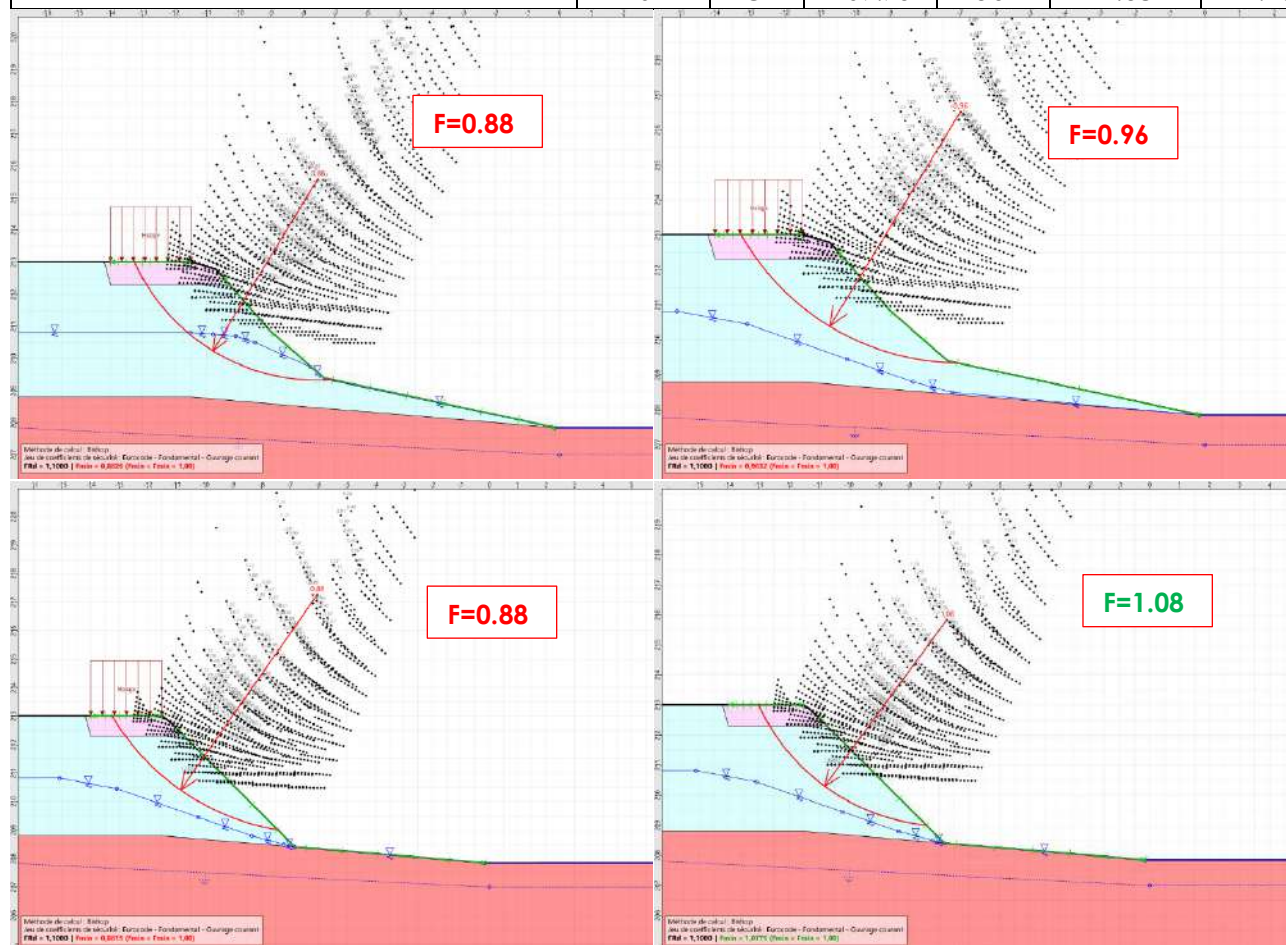
Il sera impératif de procéder à un abaissement du canal en vidange lente et de laisser les pressions interstitielles des talus amont se dissiper et s'équilibrer avec le niveau d'abaissement du canal à 209.75 m NGF avant d'ouvrir les talus provisoires à 1H/1V pour la mise en œuvre des enrochements. Aucune surcharge ne pourra être conservée en crête de talus pendant les travaux, obligeant à une approche fluviale.

Le coefficient de sécurité ainsi obtenu est de l'ordre de 1.07.

### 5.3.3 Résultats des calculs de modélisation pour la phase provisoire avec une mise à sec du canal : travaux en approche terrestre (scénario n°1)

Le coefficient de sécurité recherché est  $F = 1.00$ .

| Cas étudié                                | Surch. crête | C, $\phi$ | Cond. d'eau (m NGF) |       | Coef. sécurité F | Coef. modèle $\gamma_{RD}$ |
|-------------------------------------------|--------------|-----------|---------------------|-------|------------------|----------------------------|
|                                           | KPa          |           | Amont               | Canal |                  |                            |
| Mise à sec du canal en vidange rapide     | 20           | CT        | 210.81              | néant | <b>0.88</b>      | 1.10                       |
| Mise à sec du canal en vidange lente      | 20           | CT        | 210.81              | néant | <b>0.96</b>      | 1.10                       |
| Ouverture du talus à 1H/1V, vidange lente | 20           | CT        | 210.81              | néant | <b>0.88</b>      | 1.10                       |
|                                           | 0            | CT        | 209.75              | néant | <b>1.08</b>      | 1.10                       |



Pour les mêmes raisons que précédemment, la mise à sec du canal devra correspondre à un cas de vidange lente en l'absence de surcharge en crête de talus.

Une fois le niveau de nappe suffisamment rabattu dans les talus amont, l'ouverture des talus provisoires à 1H/1V pourra être envisagée à condition de garantir l'absence de surcharge en crête de talus.



### 5.3.4 Résultats des calculs de modélisation pour la phase définitive

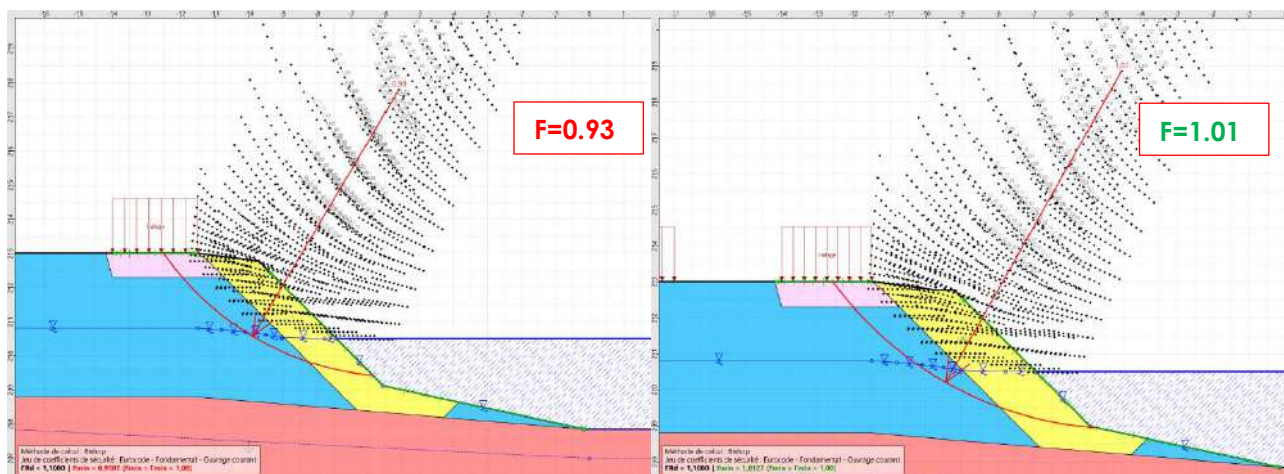
Le coefficient de sécurité recherché est  $F = 1.00$ .

La solution étudiée pour stabiliser le talus consiste à mettre en œuvre :

- en pied de berge du canal, une bêche appuyée ou faiblement ancrée dans le substratum calcaire +/- fracturé, et constituée par des enrochements soigneusement disposés sur une largeur de 2.50 m et une épaisseur moyenne de 1.00 m;
- surmontée pleine hauteur par un masque poids d'épaisseur horizontale 1.50 m à 2.00 m de large en enrochements soigneusement disposés selon une pente voisine de 1 H/1 V venant s'épauler sur la berge actuelle après décapage des matériaux glissés (léger hors-profil sortant de la géométrie actuelle).

| Cas étudié                                               | Surch.<br>crête | C, $\phi$ | Cond. d'eau<br>(m NGF) |        | Coef.<br>sécurité<br>F | Coef.<br>modèle<br>$\gamma_{RD}$ |
|----------------------------------------------------------|-----------------|-----------|------------------------|--------|------------------------|----------------------------------|
|                                                          | KPa             |           | Amont                  | Canal  |                        |                                  |
| Epaisseur d'enrochement $e_H = \text{à } 1.50 \text{ m}$ | 20              | LT        | 210.81                 | 210.75 | <b>0.93</b>            | 1.10                             |
| Epaisseur d'enrochement $e_H = \text{à } 2.00 \text{ m}$ | 20              | LT        | 209.75                 | néant  | <b>1.01</b>            | 1.10                             |

Le principe de la solution dimensionnée est présenté sur la figure suivante :



Dans le premier cas avec une épaisseur d'enrochement de 1.50 m, la sécurité n'est pas satisfaisante ( $F = 0.93$ ). **Pour obtenir un coefficient de sécurité  $F \geq 1.00$ , il sera nécessaire d'épaissir le confortement en enrochements jusqu'à obtenir une épaisseur horizontale de 2.00 m.**

## 6. RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET

Le présent rapport constitue le compte rendu et fixe la fin de la mission d'étude géotechnique de Projet. Cette mission G2 PRO confiée à GÉOTEC a permis de donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte en fonction des résultats des investigations et des données connues du projet, et définit le mode de confortement par enrochements.

Les principales incertitudes qui subsistent concernent le contexte géotechnique du site et le projet définitif, notamment :

- le scénario retenu pour la mise hors d'eau du canal (simple abaissement ou mise à sec) ;
- les sujétions d'exécutions pour les pistes d'accès après mise à sec du canal ;
- les variations d'épaisseur et de nature des formations meubles dans les talus conditionnant le dimensionnement définitif des confortements et la méthodologie d'exécution ;
- les variations altimétriques du calcaire +/- fracturé, conditionnant le niveau d'assise des enrochements et la hauteur des talus provisoires ;
- les conditions hydrogéologiques dans les talus amont afin de garantir la stabilité des talus en phase provisoire (vidange lente) ;
- le recours à un dispositif anti-érosion pour maîtriser les phénomènes d'érosion interne, impactant la durabilité des ouvrages ;
- les possibilités de neutralisation partielle ou totale de l'Eurovélo 6 pendant les travaux.

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le coût final des ouvrages géotechniques : il conviendra d'en tenir compte lors de la mise au point du projet. A cet effet, la mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques (G3 et G4) devra suivre la présente étude.

Nous restons à l'entière disposition des Responsables du Projet pour tout renseignement complémentaire.



## CONDITIONS GENERALES

### 1. Avertissement, préambule

Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du cocontractant, ci-après dénommé « le Client », signataire du contrat et des avenants, acceptation sans réserve des présentes conditions générales.  
 Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres, sauf conditions particulières contenues dans le devis ou dérogation formelle et explicite.  
 Toute modification de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit du Prestataire.

### 2. Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)

Dans tous les cas, la responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission.

Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles DICT (le délai de réponse est de 15 jours) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.

Conformément à l'article R 214-1 du code de l'environnement, le Client s'engage à déclarer à la DREAL tout forage réalisé de plus de 10 m de profondeur. De même, conformément à l'article R 214-1 du code de l'environnement, le Client s'engage à déclarer auprès de la DDT du lieu des travaux les sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

### 3. Cadre de la mission, objet et nature des prestations, prestations exclues, limites de la mission

Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu que le Prestataire s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Le Prestataire réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client.

La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission.

Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés.

Si le Prestataire déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte que le Prestataire puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

### 4. Plans et documents contractuels

Le Prestataire réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client. Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité.

### 5. Limites d'engagement sur les délais

Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager le Prestataire. Sauf stipulation contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard et si tel devait être le cas elles seraient plafonnées à 5% de la commande. En toute hypothèse, la responsabilité du Prestataire est dégagée de plein droit en cas d'insuffisance des informations fournies par le Client ou si le Client n'a pas respecté ses obligations, en cas de force majeure ou d'événements imprévisibles (notamment la rencontre de sols inattendus, la survenance de circonstances naturelles exceptionnelles) et de manière générale en cas d'événement extérieur au Prestataire modifiant les conditions d'exécution des prestations objet de la commande ou les rendant impossibles.

Le Prestataire n'est pas responsable des délais de fabrication ou d'approvisionnement de fournitures lorsqu'elles font l'objet d'un contrat de négoce passé par le Client ou le Prestataire avec un autre Prestataire.

### 6. Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures

Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'une part d'obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public, d'autre part de fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes. Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement ; il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, entrant dans ces domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée au Prestataire avant toutes interventions.

Sauf spécifications particulières, les travaux permettant l'accessibilité aux points de sondages ou d'essais et l'aménagement des plates-formes ou grutage nécessaires aux matériels utilisés sont à la charge du Client.

Les investigations peuvent entraîner d'inévitables dommages sur le site, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part de son exécutant. Les remises en état, réparations ou indemnités correspondantes sont à la charge du Client.

### 7. Implantation, nivellement des sondages

Au cas où l'implantation des sondages est imposée par le Client ou son conseil, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation. La mission ne comprend pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert avant remodelage du terrain. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

## 8. Hydrogéologie

Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

## 9. Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux

Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, le Prestataire a été amené à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions.

L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inéluctables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.

L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des missions de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

## 10. Rapport de mission, réception des travaux, fin de mission, délais de validation des documents par le client

A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. La date de la fin de mission est celle de l'approbation par le Client du dernier document à fournir dans le cadre de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client, et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

## 11. Réserve de propriété, confidentialité, propriété des études, diagrammes

Les coupes de sondages, plans et documents établis par les soins du Prestataire dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par le Prestataire qu'après règlement intégral des sommes dues. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire du Prestataire, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable écrit du Prestataire. Si dans le cadre de sa mission, le Prestataire mettait au point une nouvelle technique, celle-ci serait sa propriété. Le Prestataire serait libre de déposer tout brevet s'y rapportant, le Client bénéficiant, dans ce cas, d'une licence non exclusive et non cessible, à titre gratuit et pour le seul ouvrage étudié.

## 12. Modifications du contenu de la mission en cours de réalisation

La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de l'établissement de l'offre. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement de son offre touchant à la géologie, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant en cours de mission autorisent le Prestataire à proposer au Client un avenant avec notamment modification des prix et des délais. A défaut d'un accord écrit du Client dans un délai de deux semaines à compter de la réception de la lettre d'adaptation de la mission. Le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution de sa mission, les prestations réalisées à cette date étant rémunérées intégralement, et sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Dans l'hypothèse où le Prestataire est dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation de ses équipes est rémunéré par le client.

## 13. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport

Le rapport constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité du Prestataire et pourra entraîner des poursuites judiciaires. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet et à son environnement ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, nécessite une adaptation du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission.

Le client doit faire actualiser le dernier rapport de mission en cas d'ouverture du chantier plus de 1 an après sa livraison. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

## 14. Conditions d'établissement des prix, variation dans les prix, conditions de paiement, acompte et provision, retenue de garantie

Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils sont actualisés par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'Indice de base étant celui du mois de l'établissement du devis.

Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur le coût de la mission.

Dans le cas où le marché nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies. Lors de la passation de la commande ou de la signature du contrat, le Prestataire peut exiger un acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières et correspond à un pourcentage du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le montant de cet acompte est déduit de la facture ou du décompte final. En cas de sous-traitance dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.

Les paiements interviennent à réception de la facture et sans escompte. En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité de retard sera exigible sans qu'un rappel soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.

En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.

Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non-paiement des prestations de la mission réalisées antérieurement. La compensation est formellement exclue : le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue des honoraires dus.

### 15. Résiliation anticipée

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes du Prestataire, celui-ci a la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son Client par lettre recommandée avec accusé de réception. En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat peut être résilié de plein droit. La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par le Prestataire au jour de la résiliation et en sus, d'une indemnité égale à 20 % des honoraires qui resteraient à percevoir si la mission avait été menée jusqu'à son terme.

### 16. Répartition des risques, responsabilités et assurances

Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte tenu de sa compétence. Ainsi par exemple, l'attention du Client est attirée sur le fait que le béton armé est inévitablement fissuré, les revêtements appliqués sur ce matériau devant avoir une souplesse suffisante pour s'adapter sans dommage aux variations d'ouverture des fissures. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution de la mission spécifiquement confiée. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la mission doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une mission complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la mission complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir de données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des prestations est entachée d'une incertitude fonction de la représentativité de ces données ponctuelles extrapolées à l'ensemble du site. Toutes les pénalités et indemnités qui sont prévues au contrat ou dans l'offre remise par le Prestataire ont la nature de dommages et intérêts forfaitaires, libératoires et exclusifs de toute autre sanction ou indemnisation.

#### Assurance décennale obligatoire

Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances. Conformément aux usages et aux capacités du marché de l'assurance et de la réassurance, le contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'adaptation de la garantie pour les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€. Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Le client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voir inusuels sont exclus du présent contrat et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. Le prix fixé dans l'offre ayant été déterminé en fonction de conditions normales d'assurabilité de la mission, il sera réajusté, et le client s'engage à l'accepter, en cas d'éventuelle sur-cotation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. A défaut de respecter ces engagements, le client en supportera les conséquences financières (notamment en cas de défaut de garantie du Prestataire, qui n'aurait pu s'assurer dans de bonnes conditions, faute d'informations suffisantes). Le maître d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).

#### Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance

Les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire qui en référera à son assureur pour détermination des conditions d'assurance. Les limitations relatives au montant des chantiers auxquels le Prestataire participe ne sont pas applicables aux missions portant sur des ouvrages d'infrastructure linéaire, c'est-à-dire routes, voies ferrées, tramway, etc. En revanche, elles demeurent applicables lorsque sur le tracé linéaire, la/les mission(s) de l'assuré porte(nt) sur des ouvrages précis tels que ponts, viaducs, échangeurs, tunnels, tranchées couvertes... En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle sur-cotation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le client et le maître d'ouvrage.

Le Prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat. A ce titre, il est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable. Le Prestataire sera garanti en totalité par le Client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont il serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le Prestataire qu'au-delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses. La responsabilité globale et cumulée du Prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée à trois fois le montant de ses honoraires sans pour autant excéder les garanties délivrées par son assureur, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique. Il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements.

### 17. Cessibilité de contrat

Le Client reste redevable du paiement de la facture sans pouvoir opposer à quelque titre que ce soit la cession du contrat, la réalisation pour le compte d'autrui, l'existence d'une promesse de porte-fort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

### 18. Litiges

En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du siège social du Prestataire sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.

## Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

(Extraits de la norme NF P 94-500 du 30 novembre 2013 – Chapitre 4.2)

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

| Enchaînement des missions G1 à G4                     | Phases de la maîtrise d'œuvre     | Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission                                      |                                                                                                                                                                      | Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques                                                | Niveau de management des risques géotechniques attendu                                                                                                                                          | Prestations d'investigations géotechniques à réaliser                                                            |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Étape 1 : Etude géotechnique préalable (G1)           |                                   | Etude géotechnique préalable (G1)<br><b>Phase Etude de Site (ES)</b>                               |                                                                                                                                                                      | Spécificités géotechniques du site                                                                   | Première identification des risques présentés par le site                                                                                                                                       | Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique                                                 |
|                                                       | Etude préliminaire, Esquisse, APS | Etudes géotechnique préalable (G1)<br><b>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</b>        |                                                                                                                                                                      | Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site                                     | Première identification des risques pour les futurs ouvrages                                                                                                                                    | Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique                                                |
| Étape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)       | APD/AVP                           | Etude géotechnique de conception (G2)<br><b>Phase Avant-projet (AVP)</b>                           |                                                                                                                                                                      | Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet                                 | Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance                                      | Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)                                              |
|                                                       | PRO                               | Etudes géotechniques de conception (G2)<br><b>Phase Projet (PRO)</b>                               |                                                                                                                                                                      | Conception et justifications du projet                                                               |                                                                                                                                                                                                 | Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)                                              |
|                                                       | DCE/ACT                           | Etude géotechnique de conception (G2) <b>Phase DCE/ACT</b>                                         |                                                                                                                                                                      | Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux      |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                  |
| Étape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4) |                                   | A la charge de l'entreprise                                                                        | A la charge du maître d'ouvrage                                                                                                                                      |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                  |
|                                                       | EXE/VISA                          | Etude de suivi géotechniques d'exécution (G3)<br>Phase Etude (en interaction avec la phase suivi)  | <b>Supervision géotechnique d'exécution (G4)</b><br><b>Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)</b> | Etude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût | Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience) | Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent         |
|                                                       | DET/AOR                           | Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3)<br>Phase Suivi (en interaction avec la Phase Etude) | <b>Supervision géotechnique d'exécution (G4)</b><br><b>Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)</b> | Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage       |                                                                                                                                                                                                 | Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux |
| A toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant  | Diagnostic                        | Diagnostic géotechnique (G5)                                                                       |                                                                                                                                                                      | Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant               | Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés                                                                                                                  | Fonction de l'élément géotechnique étudié                                                                        |

## Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

### ETAPE 1 : ETUDE GÉOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

#### Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisants avec visite du site et des alentours.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

### ETAPE 2 : ETUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

#### Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

#### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

#### Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

### ETAPE 3 : ETUDES GÉOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ETUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

#### Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques: notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

#### Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

#### **SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)**

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

##### Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

##### Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

#### **DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)**

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

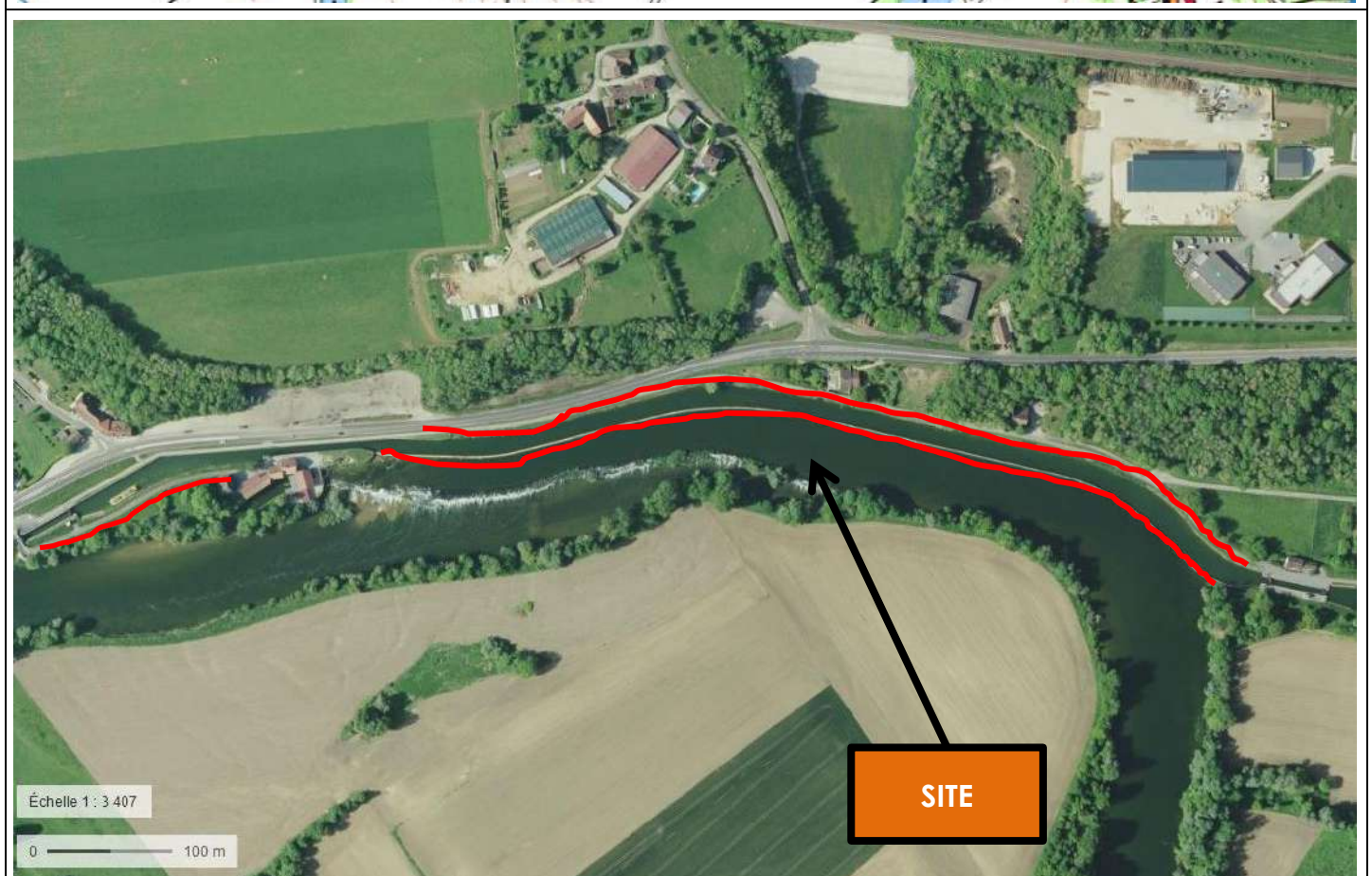
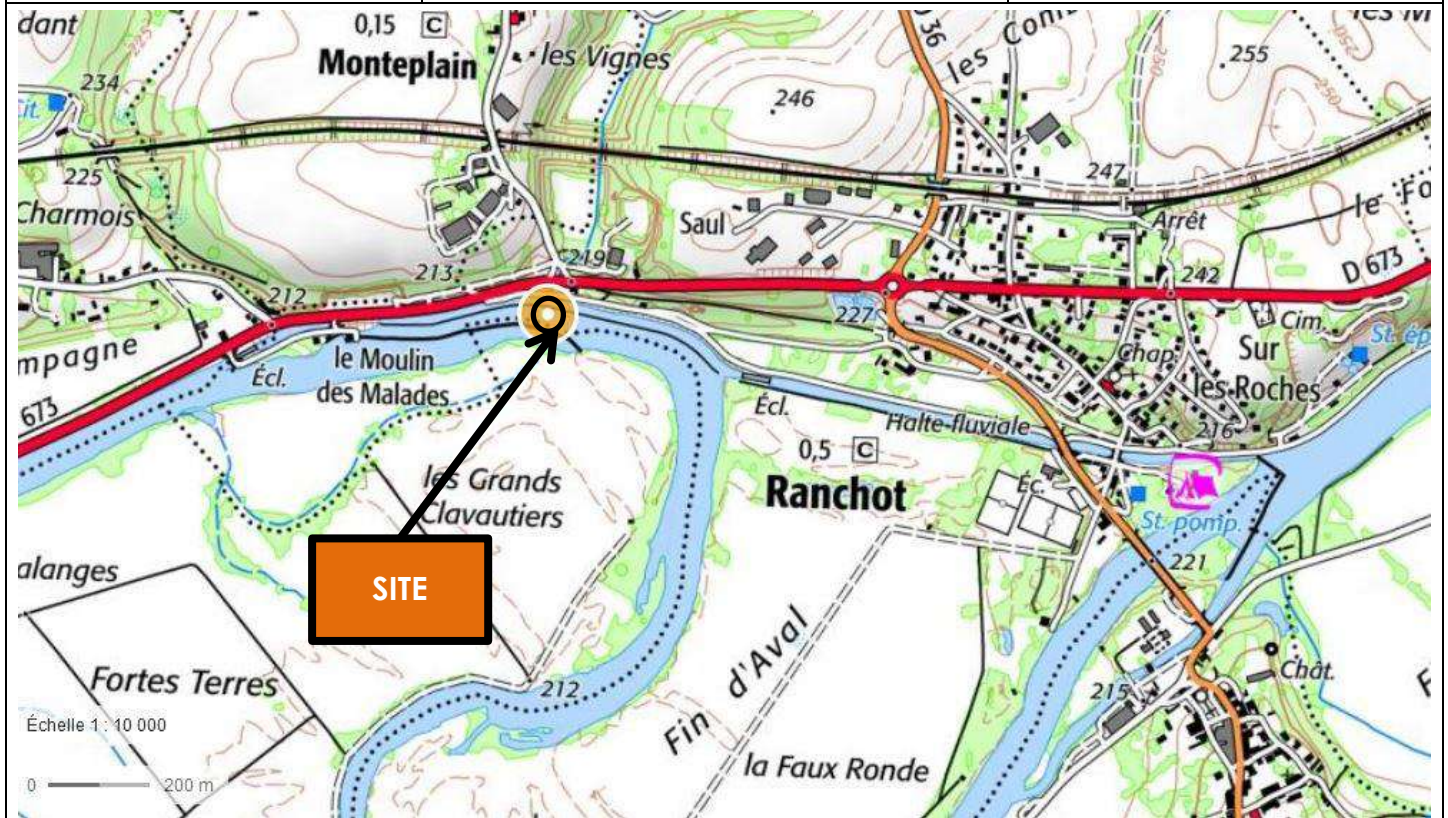
- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechnique seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3)



# ANNEXES

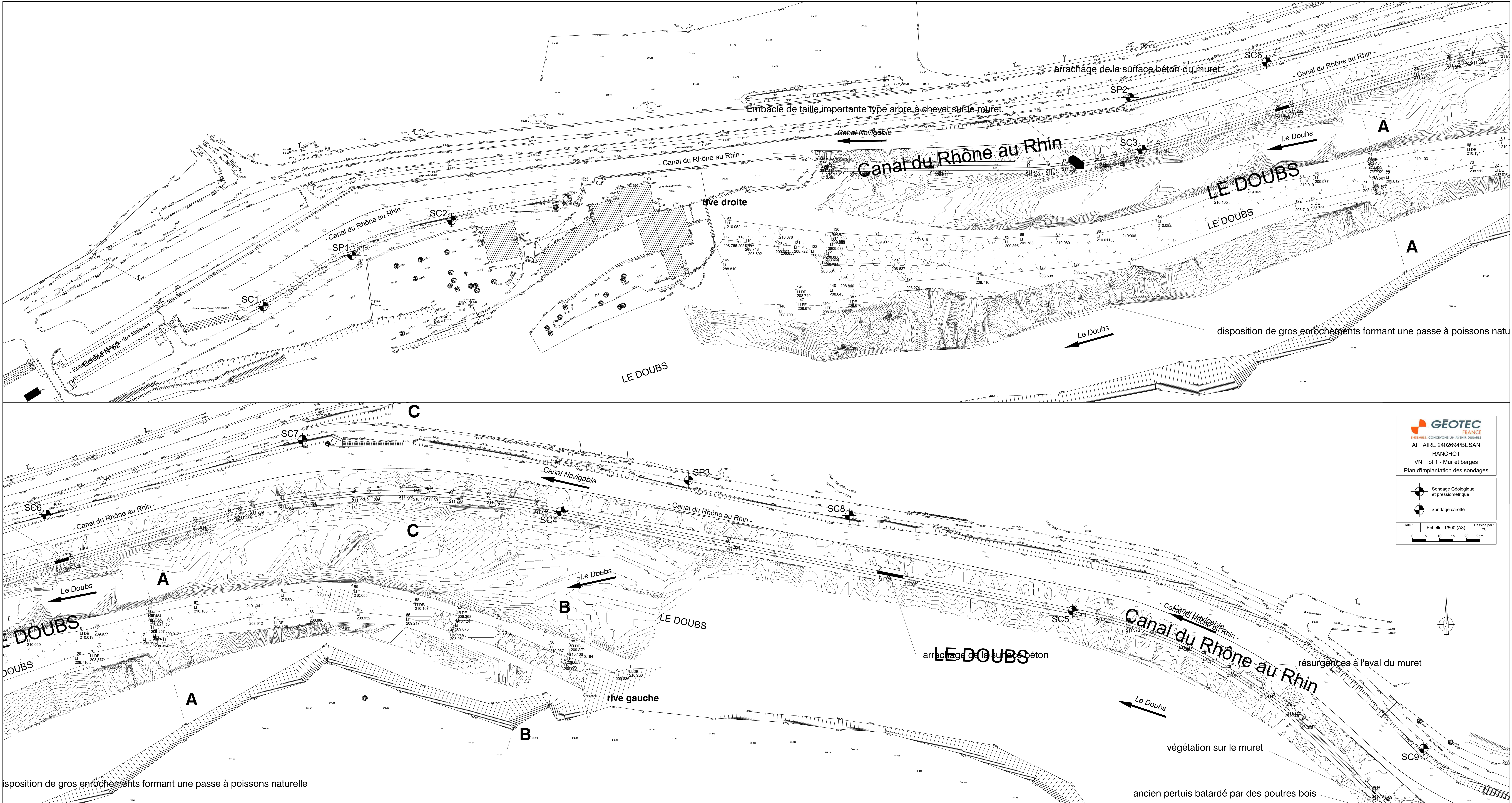
## Annexe 1 – Plan de situation

|                                                                                                                                                   |                                      |                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <b>GÉOTEC</b><br>FRANCE<br>ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE | RANCHOT (39700)                      | <b>NORD</b><br> |
|                                                                                                                                                   | 2402694/BESAN                        |                                                                                                    |
|                                                                                                                                                   | Investigations géotechniques         |                                                                                                    |
|                                                                                                                                                   | Bief 61-62 du canal du RHONE au RHIN |                                                                                                    |
|                                                                                                                                                   | Localisation du site d'étude         |                                                                                                    |



## Annexe 2 – plan d’implantation des sondages







## Annexe 3 – Sondages et essais



## Sondage SC6

| Longitude  |       | Latitude                                                                           |                                                               | Système de coordonnées |                 | Précision des relevés      |               |                  |                                    |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
|------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|---------------|------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 905 108,38 |       | 6 675 796,67                                                                       |                                                               | RGF93 / Lambert-93     |                 | Centimètre                 |               |                  |                                    |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
| Élévation  |       | Prof. atteinte                                                                     |                                                               | Angle                  | Nivellement     | Précision des nivellements |               |                  |                                    |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
| +212,7 m   |       | 7,0 m                                                                              |                                                               | 0,0 °                  | NGF             | Centimètre                 |               |                  |                                    |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
| Début      |       |                                                                                    | Fin                                                           |                        | Machine         |                            | Opérateur     |                  |                                    |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
| 08/04/2024 |       |                                                                                    | 08/04/2024                                                    |                        | 225             |                            | Non renseigné |                  |                                    |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
| Élévation  | Prof. | Lithologie                                                                         | Descriptions                                                  |                        |                 | Outils                     | Tubages       | Echantillons     | Taux de récupération               | FI                                        | Niveau d'eau                                                                        |                                                                                     |
| 212,65     | 0     |   | enrobé<br>0,05 m                                              |                        |                 | ECH 114                    | PW 140        | EI N°1<br>1,5 m  | 80,0 %<br>1,5 m                    | 3,9 m                                     |  |                                                                                     |
| 212        | 1     |                                                                                    | Remblai: sable et graviers beige type concassé (CDF)<br>0,7 m |                        |                 |                            |               |                  |                                    |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
| 211,2      | 2     | Argile sablo-graveleuse brune<br>1,5 m                                             |                                                               |                        | EI N°2<br>3 m   |                            |               | 87,0 %<br>3 m    |                                    |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
|            | 3     | Limon +/- sablo-argileux à graviers brun<br>3,45 m                                 |                                                               |                        | EI N°3<br>3,9 m |                            |               | 101,0 %<br>3,9 m |                                    |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
| 209,25     |       |   | Graviers et galets beige +/- sablo-limoneux<br>3,9 m          |                        |                 | 3,9 m                      | 4 m           |                  |                                    | 3,9 m                                     |                                                                                     |                                                                                     |
| 208,8      | 4     |  | calcaire beige +/- fracturé<br><br>7 m                        |                        |                 | CAR 116                    |               |                  | 100,0 %<br>5,4 m<br>101,0 %<br>7 m | 20<br>4,9 m<br>15<br>5,9 m<br>96<br>6,9 m |                                                                                     |                                                                                     |
|            | 5     |                                                                                    |                                                               |                        |                 |                            |               |                  |                                    |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
|            | 6     |                                                                                    |                                                               |                        |                 |                            |               |                  |                                    |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
| 205,7      | 7     |                                                                                    |                                                               |                        |                 | 7 m                        |               |                  |                                    | 7 m                                       |                                                                                     |  |

<sup>1</sup> 08/04/2024 - Eau en cours de sondage 0m  
<sup>2</sup> 08/04/2024 - Eau en fin de sondage 2,5m





Site  
Affaire

RANCHOT - VNF LOT 1 - MUR ET BERGE  
2402694

Sondage SC8

|            |                |                        |             |                            |
|------------|----------------|------------------------|-------------|----------------------------|
| Longitude  | Latitude       | Système de coordonnées |             | Précision des relevés      |
| 905 405,81 | 6 675 796,30   | RGF93 / Lambert-93     |             | Centimètre                 |
| Élévation  | Prof. atteinte | Angle                  | Nivellement | Précision des nivellements |
| +213,0 m   | 7,0 m          | 0,0 °                  | NGF         | Centimètre                 |
| Début      |                | Fin                    | Machine     | Opérateur                  |
| 09/04/2024 |                | 09/04/2024             | 225         | Non renseigné              |

| Élévation | Prof. | Lithologie | Descriptions                                                | Outils  | Tubages | Echantillons    | Taux de récupération | FI        | Niveau d'eau              |
|-----------|-------|------------|-------------------------------------------------------------|---------|---------|-----------------|----------------------|-----------|---------------------------|
| 212,95    | 0     |            | Enrobé<br>0,05 m<br>Remblai: Grave argileuse brune<br>0,9 m | ECH 114 | PW 140  | EI N°1<br>1,5 m | 94,0 %               | 3 m       | <div>1</div> <div>2</div> |
| 212,1     | 1     |            |                                                             |         |         |                 | 1,5 m                |           |                           |
|           | 2     |            | limon +/- sablo-argileux brun à qq graviers                 |         |         | EI N°2          | 94,0 %               |           |                           |
|           | 3     |            | 3 m                                                         | 3 m     | 3 m     |                 | 3 m                  | 3 m       |                           |
| 210       | 3     |            | Calcaire beige +/- fracturé                                 | CAR 116 |         |                 | 100,0 %              | 55        |                           |
|           | 4     |            |                                                             |         |         |                 | 4,5 m                | 75        |                           |
|           | 5     |            |                                                             |         |         |                 | 100,0 %              | 100       |                           |
|           | 6     |            |                                                             |         |         |                 | 6 m                  | 6 m       |                           |
|           | 7     |            | 7 m                                                         | 7 m     |         |                 | 100,0 %<br>7 m       | 30<br>7 m |                           |

2067



|                                                                                 |       |                                                                                   |                                    |                                                |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|---|----|-----|------|-------|---|-----|---|----|-------|--|--|--|--|---------|
|  |       | Site<br>Affaire                                                                   |                                    | RANCHOT - VNF LOT 1 - MUR ET BERGES<br>2402694 |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
|                                                                                 |       | Sondage SP2                                                                       |                                    |                                                |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
| Longitude                                                                       |       | Latitude                                                                          |                                    | Système de coordonnées                         |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
| 905 057,82                                                                      |       | 6 675 783,54                                                                      |                                    | RGF93 / Lambert-93                             |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
| Élévation                                                                       |       | Prof. atteinte                                                                    |                                    | Angle                                          |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
| +213,35 m                                                                       |       | 7,0 m                                                                             |                                    | 0,0 °                                          |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
| Données                                                                         |       | Type                                                                              |                                    | Début                                          |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
| SP2                                                                             |       | Pressiomètre                                                                      |                                    | 08/04/2024                                     |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
|                                                                                 |       |                                                                                   |                                    | Fin                                            |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
|                                                                                 |       |                                                                                   |                                    | 08/04/2024                                     |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
|                                                                                 |       |                                                                                   |                                    | Machine                                        |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
|                                                                                 |       |                                                                                   |                                    | 225                                            |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
|                                                                                 |       |                                                                                   |                                    | Opérateur                                      |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
|                                                                                 |       |                                                                                   |                                    | Non renseigné                                  |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
| Élévation                                                                       | Prof. | Lithologie                                                                        | Descriptions                       | Outils                                         | Niveau d'eau                                                                      | Em    |   |    |     |      | pM*   |   |     |   |    | pLM*  |  |  |  |  | Em/pLM* |
|                                                                                 |       |                                                                                   |                                    |                                                |                                                                                   | [MPa] |   |    |     |      | [MPa] |   |     |   |    | [MPa] |  |  |  |  |         |
|                                                                                 |       |                                                                                   |                                    |                                                |                                                                                   | 0,1   | 1 | 10 | 100 | 1000 | 0,1   | 1 | 100 | 1 | 10 |       |  |  |  |  |         |
| 213,25                                                                          | 0     |  | Terre végétale<br>0,1 m            | TAR 63                                         |  |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  | 16      |
|                                                                                 |       |                                                                                   | Argile graveleuse beige clair      |                                                |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
| 212,25                                                                          | 1     |  | 11 m<br>Calcaire beige très altéré |                                                |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  | 73      |
|                                                                                 |       |                                                                                   | 2 m                                | 2 m                                            |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
| 211,35                                                                          | 2     |  | Calcaire beige +/- fracturé        | RTP 64                                         |  |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  | < 107   |
|                                                                                 | 3     |                                                                                   |                                    |                                                |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
|                                                                                 | 4     |                                                                                   |                                    |                                                |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
|                                                                                 | 5     |                                                                                   |                                    |                                                |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
|                                                                                 | 6     |                                                                                   |                                    |                                                |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
|                                                                                 |       |                                                                                   | 7 m                                | 7 m                                            |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |
| 206,35                                                                          | 7     |                                                                                   |                                    |                                                |                                                                                   |       |   |    |     |      |       |   |     |   |    |       |  |  |  |  |         |

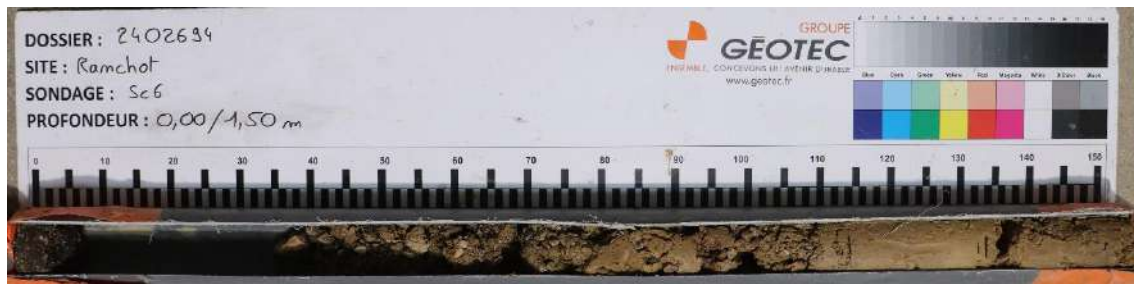
1

2

soilcloud.tech



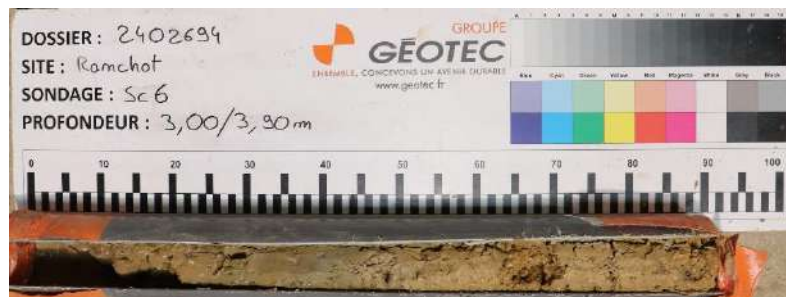




SC6 --- 0.00 m à 1.50 m



SC6 --- 1.50 m à 3.00 m



SC6 --- 3.00 m à 3.90 m

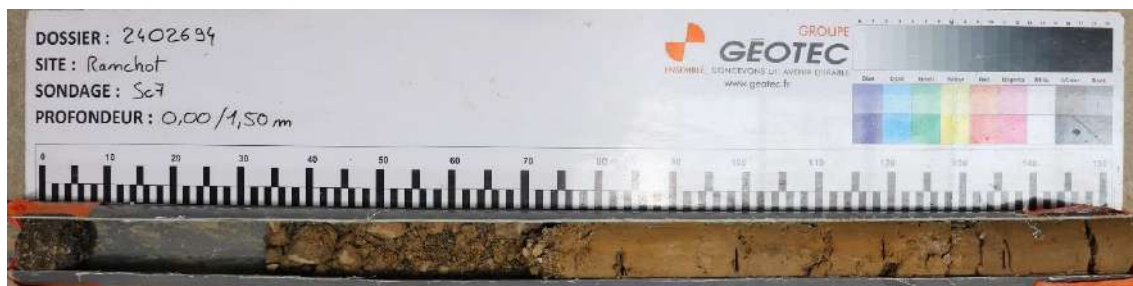


SC6 --- 3.90 m à 5.90 m



SC6 --- 5.90 m à 7.00 m





SC7 --- 0.00 m à 1.50 m



SC7 --- 1.50 m à 3.00 m



SC7 --- 3.00 m à 3.80 m



SC7 --- 3.80 m à 5.80 m



SC7 --- 5.80 m à 7.00 m

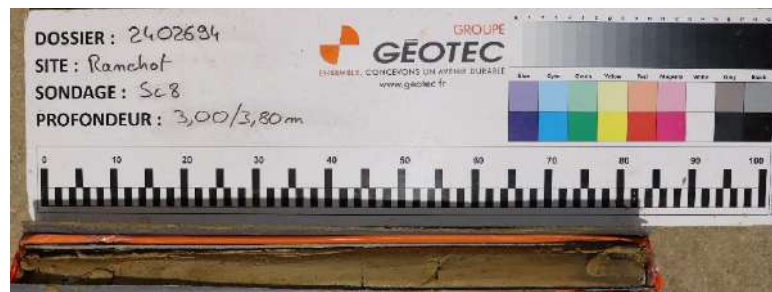




SC8 --- 0.00 m à 1.50 m



SC8 --- 1.50 m à 3.00 m



SC8 --- 3.00 m à 3.80 m



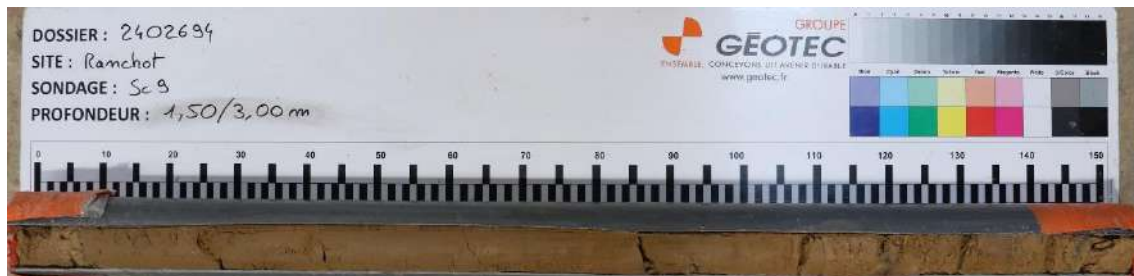
SC8 --- 3.80 m à 5.80 m



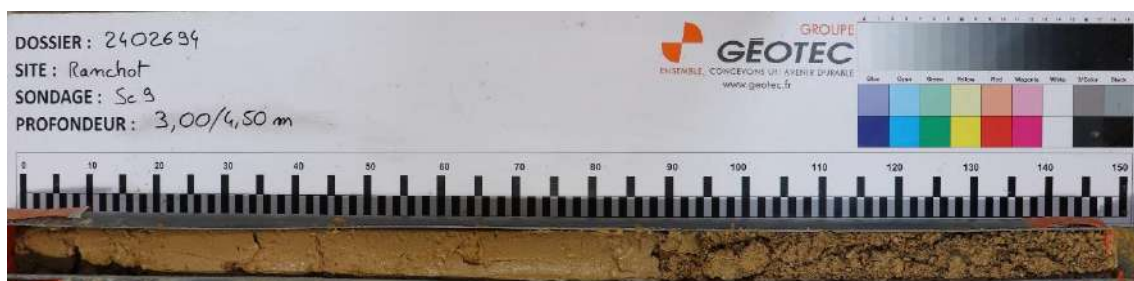
SC8 --- 5.80 m à 7.00 m



SC9 --- 0.00 m à 1.50 m



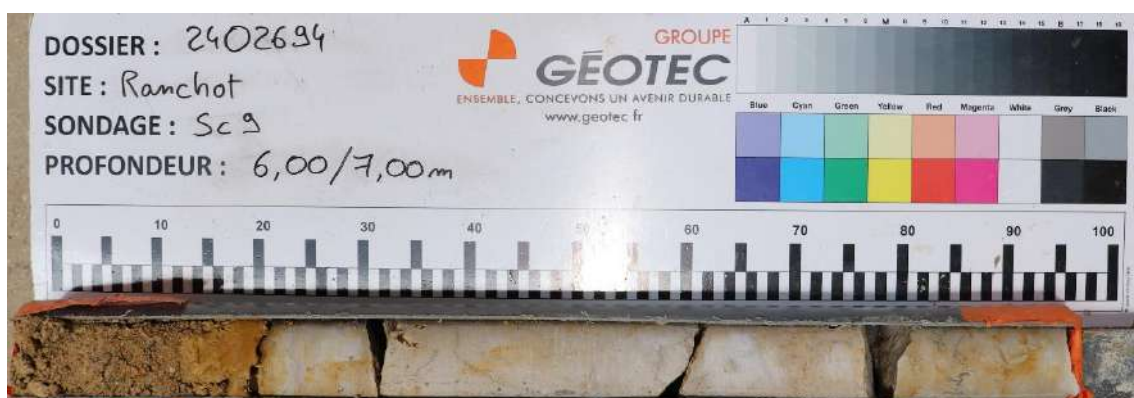
SC9 --- 1.50 m à 3.00 m



SC9 --- 3.00 m à 4.50 m



SC9 --- 4.50 m à 6.00 m



SC9 --- 6.00 m à 7.00 m



|         |            |              |              |                                                                                    |
|---------|------------|--------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| AFFAIRE | 2402694    | Opérateur    | BP           |  |
| SITE    | RANCHOT    | Vérificateur | C. LE BARBEY |                                                                                    |
| Date    | 31/05/2024 |              |              |                                                                                    |

\* : Paramètres déterminés sur échantillon reconstitué (et/ou écrêté)

| Sondage | Prof Sup (m) | Prof Inf (m) | Description                                                  | Teneur en eau naturelle (tD) What (%) | Granulométrie - Sédimentométrie |                             |                             |                           |                                       |                                       |                                     |                             |                         | Valeur au Bleu de Méthylène VBS (g/100g) | Limites d'Atterberg |                            |                             |                         | CLASSIFICATION (NF P 11-300) | CLASSIFICATION (EN 16907) | Masse volumique sur sols fins |                                         |                                        |                      | Triaxial CU+u                 |                     | Cisaillement rectiligne CD      |                     | Masse volumique sèche sur roche (g/cm3) | Résistance à la compression uniaxiale |                                                        |                           | Résistance à la traction indirecte $\sigma_{tb}$ (MPa) |                              |  |
|---------|--------------|--------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------|--|
|         |              |              |                                                              |                                       | Diamètre maximal Dmax (mm)      | Passant à 63 mm < 63 mm (%) | Passant à 50 mm < 50 mm (%) | Passant à 2 mm < 2 mm (%) | Passant à 80 $\mu$ m < 80 $\mu$ m (%) | Passant à 63 $\mu$ m < 63 $\mu$ m (%) | Passant à 2 $\mu$ m < 2 $\mu$ m (%) | Coefficient d'uniformité Cu | Fraction 63 $\mu$ m/2mm |                                          | Fraction 2mm/63mm   | Limite de liquidité WL (%) | Limite de plasticité WP (%) | Indice de plasticité IP |                              |                           | Indice de consistance IC      | Masse volumique humide $\rho_h$ (g/cm3) | Masse volumique sèche $\rho_d$ (g/cm3) | Indice des vides $e$ | Degré de saturation $S_r$ (%) | Cohésion $C'$ (kPa) | Angle de frottement $\phi'$ (°) | Cohésion $C'$ (kPa) |                                         | Angle de frottement $\phi'$ (°)       | Résistance à la compression uniaxiale $\sigma_c$ (MPa) | Module de Young $E$ (Mpa) |                                                        | Coefficient de Poisson $\nu$ |  |
|         |              |              |                                                              |                                       |                                 |                             |                             |                           |                                       |                                       |                                     |                             |                         |                                          |                     |                            |                             |                         |                              |                           |                               |                                         |                                        |                      |                               |                     |                                 |                     |                                         |                                       |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC1     | 1,90         | 3,00         | Limon sablo-argileux brun                                    | 30,2                                  | 14,0                            | 100,0                       | 100,0                       | 99,0                      | 85,8                                  | 84,7                                  | 18,0                                |                             | 14,3                    | 1,0                                      |                     | 46,1                       | 28,4                        | 17,7                    | 0,86                         | A2 th                     | F2 th                         | 1,91                                    | 1,55                                   | 0,74                 | 84                            |                     |                                 |                     |                                         |                                       |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC1     | 3,00         | 4,50         | Limon sableux brun légèrement argileux                       | 37,2                                  | 5,5                             | 100,0                       | 100,0                       | 99,9                      | 68,0                                  | 66,3                                  | 19,9                                |                             | 33,6                    | 0,1                                      | 2,04                |                            |                             |                         |                              | A1                        | F1                            | 1,92                                    | 1,39                                   | 0,95                 | 109                           | 8                   | 33                              |                     |                                         |                                       |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC2     | 1,75         | 3,00         | Limon sableux brun beige légèrement argileux                 | 28,0                                  | 19,5                            | 100,0                       | 100,0                       | 98,6                      | 78,0                                  | 76,4                                  | 20,1                                |                             | 22,2                    | 1,4                                      |                     | 41,1                       | 25,2                        | 15,9                    | 0,76                         | A2 th                     | F2 th                         | 1,92                                    | 1,47                                   | 0,81                 | 101                           | 5                   | 38                              |                     |                                         |                                       |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC2     | 4,50         | 4,90         | Limon sableux gris noir légèrement argileux                  | 46,2                                  | 7,0                             | 100,0                       | 100,0                       | 98,5                      | 86,0                                  | 84,7                                  | 19,3                                |                             | 13,8                    | 1,5                                      |                     | 53,6                       | 32,5                        | 21,1                    | 0,27                         | A2 th                     | F2 th                         | 1,72                                    | 1,22                                   | 1,22                 | 92                            |                     |                                 |                     |                                         |                                       |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC3     | 2,40         | 2,65         | Béton                                                        |                                       |                                 |                             |                             |                           |                                       |                                       |                                     |                             |                         |                                          |                     |                            |                             |                         |                              |                           |                               |                                         |                                        |                      |                               |                     |                                 |                     | 2,28                                    | 20,71                                 |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC3     | 2,70         | 2,90         | Béton                                                        |                                       |                                 |                             |                             |                           |                                       |                                       |                                     |                             |                         |                                          |                     |                            |                             |                         |                              |                           |                               |                                         |                                        |                      |                               |                     |                                 |                     |                                         |                                       |                                                        |                           |                                                        | 4,05                         |  |
| SC4     | 1,40         | 1,70         | Béton                                                        |                                       |                                 |                             |                             |                           |                                       |                                       |                                     |                             |                         |                                          |                     |                            |                             |                         |                              |                           |                               |                                         |                                        |                      |                               |                     |                                 |                     | 2,23                                    | 26,86                                 |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC4     | 1,75         | 1,90         | Béton                                                        |                                       |                                 |                             |                             |                           |                                       |                                       |                                     |                             |                         |                                          |                     |                            |                             |                         |                              |                           |                               |                                         |                                        |                      |                               |                     |                                 |                     |                                         |                                       |                                                        |                           |                                                        | 2,07                         |  |
| SC4     | 4,50         | 4,90         | Graviers et cailloux à matrice argileuse brune               | 9,4                                   | 70,0                            | 77,6                        | 68,4                        | 20,9                      | 14,1                                  | 14,0                                  |                                     |                             | 6,9                     | 56,7                                     | 2,21                |                            |                             |                         |                              | C2 B6                     | VC2 I2                        |                                         |                                        |                      |                               |                     |                                 |                     |                                         |                                       |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC5     | 0,50         | 0,80         | Béton                                                        |                                       |                                 |                             |                             |                           |                                       |                                       |                                     |                             |                         |                                          |                     |                            |                             |                         |                              |                           |                               |                                         |                                        |                      |                               |                     |                                 |                     | 2,25                                    | 28,55                                 |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC5     | 1,30         | 1,50         | Béton                                                        |                                       |                                 |                             |                             |                           |                                       |                                       |                                     |                             |                         |                                          |                     |                            |                             |                         |                              |                           |                               |                                         |                                        |                      |                               |                     |                                 |                     |                                         |                                       |                                                        |                           |                                                        | 3,76                         |  |
| SC6     | 1,90         | 3,00         | Limon sableux légèrement argileux brun à graviers            | 27,2                                  | 30,0                            | 100,0                       | 100,0                       | 84,7                      | 51,9                                  | 50,9                                  | 15,1                                |                             | 33,8                    | 15,3                                     |                     | 42,8                       | 26,7                        | 16,1                    | 0,58                         | A2 th                     | F2 th                         | 2,03                                    | 1,58                                   | 0,70                 | 108                           |                     |                                 | 10                  | 36                                      |                                       |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC6     | 3,45         | 3,90         | Graviers et galets beige à légèrè matrice sablo-limoneuse    | 10,1                                  | 75,0                            | 88,7                        | 88,7                        | 22,1                      | 10,6                                  | 10,4                                  | 3,0                                 | 338                         | 11,7                    | 66,6                                     | 0,31                |                            |                             |                         |                              | C1 B4                     | VC2 G3                        |                                         |                                        |                      |                               |                     |                                 |                     |                                         |                                       |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC7     | 1,50         | 2,15         | Limon argileux brun beige légèrement sableux                 | 31,6                                  | 7,0                             | 100,0                       | 100,0                       | 99,8                      | 86,8                                  | 86,0                                  | 27,7                                |                             | 13,8                    | 0,2                                      |                     | 42,7                       | 25,4                        | 17,3                    | 0,63                         | A2 th                     | F2 th                         | 1,85                                    | 1,38                                   | 0,95                 | 95                            |                     |                                 |                     |                                         |                                       |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC7     | 3,00         | 3,80         | Limon argileux brun légèrement sableux à rares graviers      | 27,7                                  | 30,0                            | 100,0                       | 100,0                       | 92,3                      | 74,2                                  | 73,5                                  | 27,0                                |                             | 18,8                    | 7,7                                      | 2,41                | 39,8                       | 23,1                        | 16,7                    | 0,33                         | A2 th                     | F2 th                         | 1,99                                    | 1,53                                   | 0,77                 | 107                           |                     |                                 | 11                  | 23                                      |                                       |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC8     | 0,90         | 1,50         | Limon argileux marron légèrement sableux à quelques graviers | 21,4                                  | 19,0                            | 100,0                       | 100,0                       | 88,3                      | 79,2                                  | 78,8                                  | 29,2                                |                             | 9,5                     | 11,7                                     |                     | 43,4                       | 25,8                        | 17,6                    | 1,04                         | A2 h                      | F2 h                          | 2,04                                    | 1,71                                   | 0,55                 | 94                            | 12                  | 31                              |                     |                                         |                                       |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC8     | 2,30         | 3,00         | Limon argileux brun beige légèrement sableux                 | 23,9                                  | 25,0                            | 100,0                       | 100,0                       | 97,9                      | 84,0                                  | 82,9                                  | 22,7                                |                             | 15,0                    | 2,1                                      |                     | 32,6                       | 20,2                        | 12,4                    | 0,57                         | A2 th                     | F2 th                         | 2,02                                    | 1,63                                   | 0,65                 | 99                            |                     |                                 |                     |                                         |                                       |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC9     | 1,60         | 3,00         | Limon sablo-argileux brun                                    | 34,2                                  | 3,0                             | 100,0                       | 100,0                       | 100,0                     | 70,0                                  | 69,0                                  | 20,5                                |                             | 31,0                    | 0,0                                      |                     | 49,9                       | 30,3                        | 19,6                    | 0,78                         | A2 th                     | F2 th                         | 1,90                                    | 1,49                                   | 0,78                 | 93                            | 12                  | 33                              |                     |                                         |                                       |                                                        |                           |                                                        |                              |  |
| SC9     | 3,80         | 4,50         | Graviers et sable beige                                      | 6,5                                   | 24,0                            | 100,0                       | 100,0                       | 22,8                      | 3,2                                   | 3,1                                   | -                                   | 11                          | 19,7                    | 77,2                                     | 0,07                |                            |                             |                         |                              | D2                        | G1 ins                        |                                         |                                        |                      |                               |                     |                                 |                     |                                         |                                       |                                                        |                           |                                                        |                              |  |



ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Méthode par tamisage à sec  
Méthode par sédimentation

|                 |            |
|-----------------|------------|
| AFFAIRE         | 2402694    |
| SITE            | RANCHOT    |
| Date            | 21/05/2024 |
| Opérateur       | JG         |
| T°C de séchage  | 105°C      |
| Sédimentométrie | OUI        |

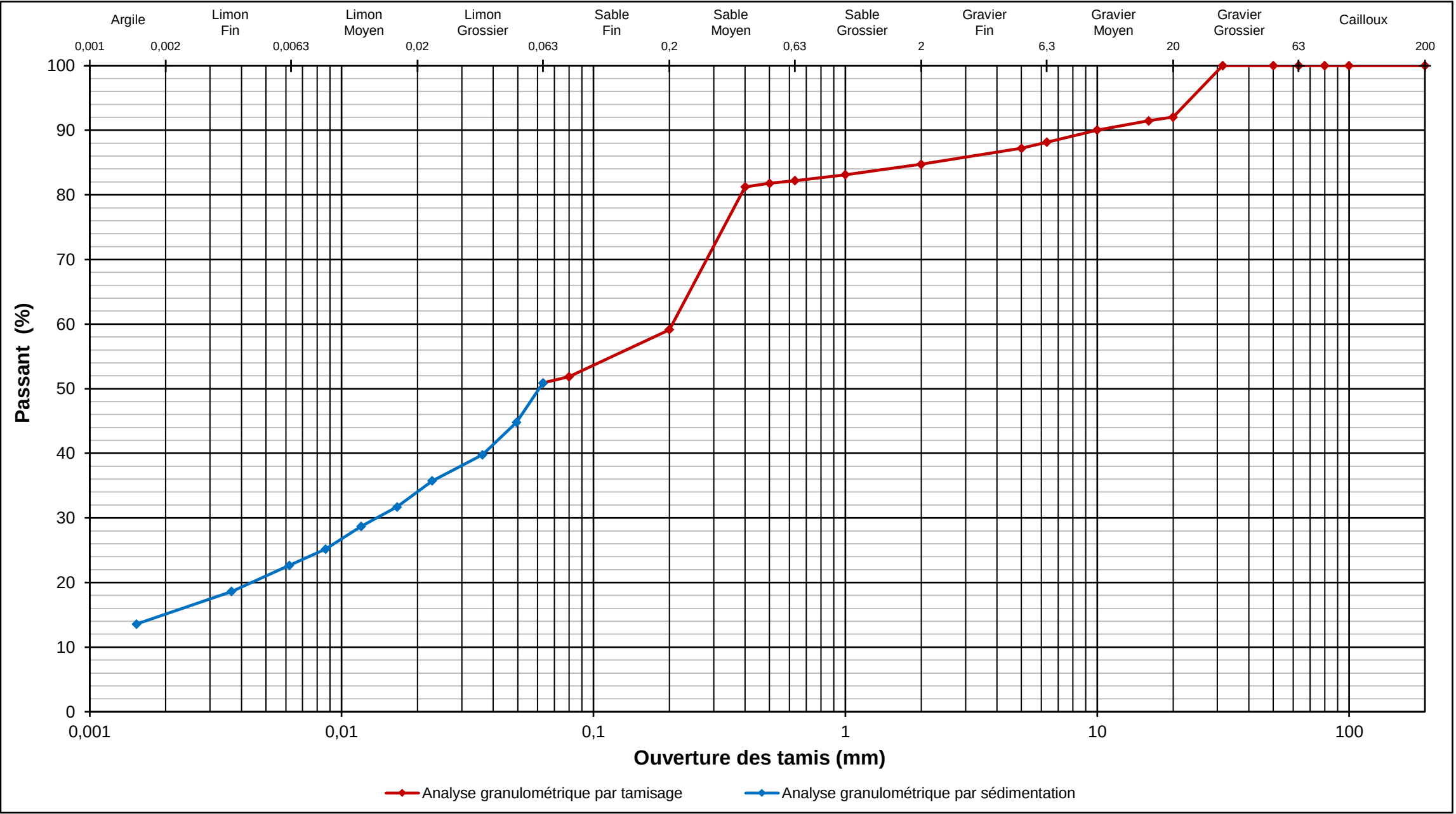
|                                   |  |        |                   |       |       |
|-----------------------------------|--|--------|-------------------|-------|-------|
| W% sur 0/D (NF EN ISO 17892-1)    |  | 27,2   | Dmax (mm)         |       | 30,0  |
| W% sur 0/20mm (NF EN ISO 17892-1) |  | 27,2   | Passants (%)      | 63 mm | 100,0 |
| D10 (mm)                          |  |        |                   | 50 mm | 100,0 |
| D60 (mm)                          |  | 0,2056 |                   | 2 mm  | 84,7  |
| Coefficient d'uniformité Cu       |  |        |                   | 80 µm | 51,9  |
|                                   |  |        |                   | 63 µm | 50,9  |
| Fraction 63µm/2mm                 |  | 33,8   |                   | 2 µm  | 15,1  |
| Fraction 2mm/63mm                 |  | 15,3   | VBS (NF P 94-068) |       | -     |

|            |               |
|------------|---------------|
| Sondage    | SC6           |
| Profondeur | 1,90 - 3,00 m |

|             |                                                   |
|-------------|---------------------------------------------------|
| Description | Limon sableux légèrement argileux brun à graviers |
|-------------|---------------------------------------------------|

|              |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Ø tamis (mm) | 200   | 100   | 80    | 63    | 50    | 31,5  | 20   | 16   | 10   | 6,3  | 5    | 2    | 1    | 0,63 | 0,5  | 0,4  | 0,2  | 0,080 | 0,063 |
| Passant (%)  | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 92,0 | 91,5 | 90,0 | 88,2 | 87,2 | 84,7 | 83,1 | 82,2 | 81,8 | 81,2 | 59,1 | 51,9  | 50,9  |

|              |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| Ø tamis (µm) | 49,47 | 36,21 | 22,86 | 16,59 | 11,95 | 8,63 | 6,19 | 3,66 | 1,53 |
| Passant (%)  | 44,8  | 39,8  | 35,7  | 31,7  | 28,7  | 25,2 | 22,6 | 18,6 | 13,6 |



|                                                 |                       |         |                       |      |                       |                        |                         |        |
|-------------------------------------------------|-----------------------|---------|-----------------------|------|-----------------------|------------------------|-------------------------|--------|
| Densimètre                                      | H <sub>0</sub> (cm) = | 13,45   | H <sub>1</sub> (cm) = | 3,85 | h <sub>1</sub> (cm) = | 16,4                   | Vd (cm <sup>3</sup> ) = | 78,075 |
| Facteurs correcteurs                            |                       | Cm =    | -0,0003               | Cd = | -0,0008               | Eprouvette : A (cm²) = |                         | 47,39  |
| Masse volumique des grains (g/cm <sup>3</sup> ) |                       | estimée |                       | 2,70 |                       |                        |                         |        |

| Temps de lecture (min) | R      | T°C  | Ct      | p (%) | D (µm) |
|------------------------|--------|------|---------|-------|--------|
| 1                      | 1,0215 | 20,2 | 0,00174 | 88,03 | 49,47  |
| 2                      | 1,0190 | 20,2 | 0,00174 | 78,13 | 36,21  |
| 5                      | 1,0170 | 20,2 | 0,00174 | 70,21 | 22,86  |
| 10                     | 1,0150 | 20,2 | 0,00174 | 62,30 | 16,59  |
| 20                     | 1,0135 | 20,2 | 0,00174 | 56,36 | 11,95  |
| 40                     | 1,0118 | 20,2 | 0,00174 | 49,44 | 8,63   |
| 80                     | 1,0105 | 20,2 | 0,00174 | 44,49 | 6,19   |
| 240                    | 1,0085 | 20,2 | 0,00174 | 36,57 | 3,66   |
| 1440                   | 1,0060 | 20,2 | 0,00174 | 26,68 | 1,53   |

|              |  |
|--------------|--|
| Observations |  |
|--------------|--|







ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Méthode par tamisage à sec  
Méthode par sédimentation

|                 |            |
|-----------------|------------|
| AFFAIRE         | 2402694    |
| SITE            | RANCHOT    |
| Date            | 27/05/2024 |
| Opérateur       | BP         |
| T°C de séchage  | 105°C      |
| Sédimentométrie | OUI        |

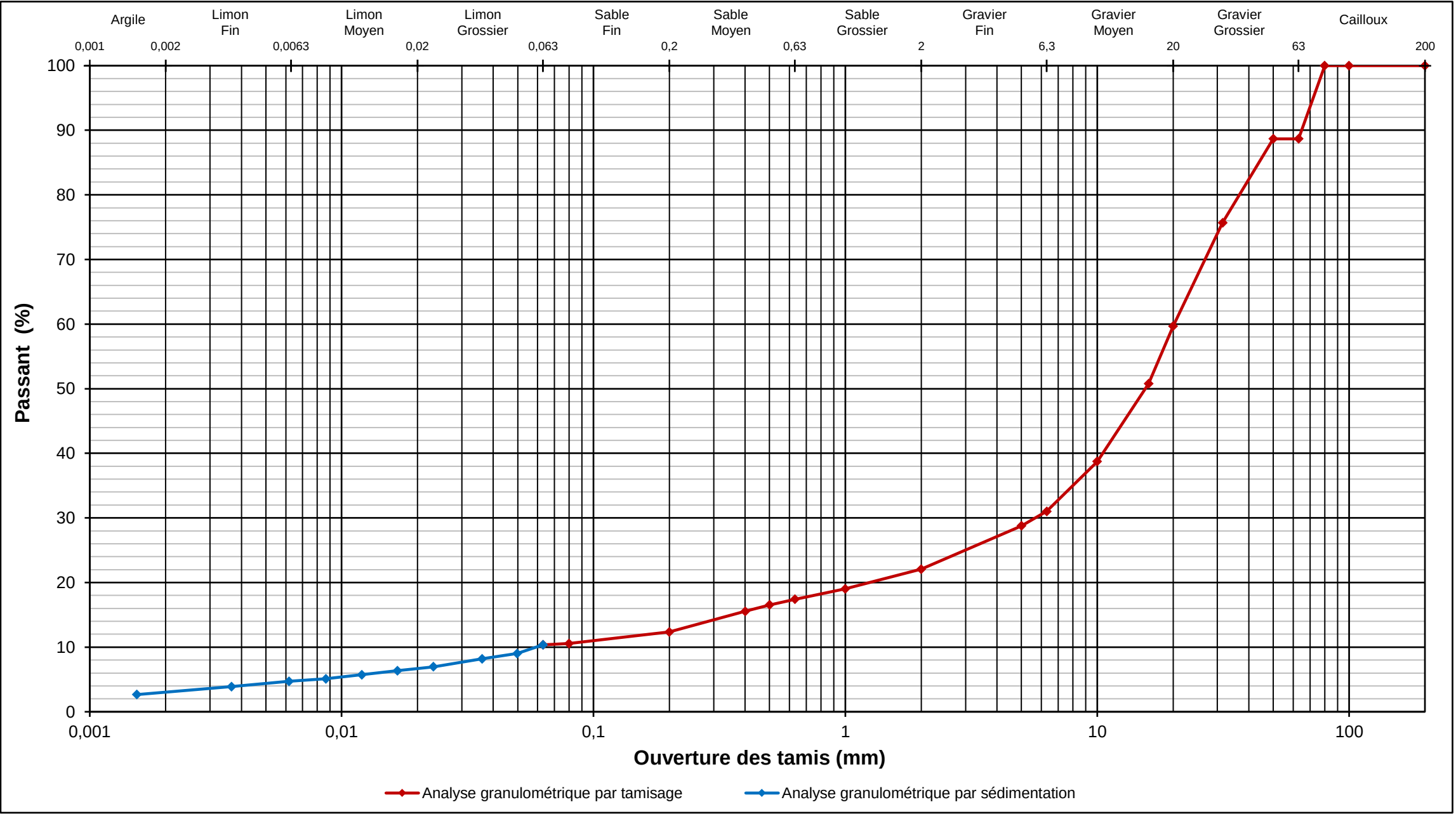
|                                   |         |      |                   |       |      |
|-----------------------------------|---------|------|-------------------|-------|------|
| W% sur 0/D (NF EN ISO 17892-1)    |         | 10,1 | Dmax (mm)         |       | 75,0 |
| W% sur 0/20mm (NF EN ISO 17892-1) |         | 10,1 | Passants (%)      | 63 mm | 88,7 |
| D10 (mm)                          | 0,0592  |      |                   | 50 mm | 88,7 |
| D60 (mm)                          | 20,1817 |      |                   | 2 mm  | 22,1 |
| Coefficient d'uniformité Cu       | 341     |      |                   | 80 µm | 10,6 |
|                                   |         |      |                   | 63 µm | 10,4 |
| Fraction 63µm/2mm                 |         | 11,7 |                   | 2 µm  | 3,0  |
| Fraction 2mm/63mm                 |         | 66,6 | VBS (NF P 94-068) |       | 0,31 |

|            |               |
|------------|---------------|
| Sondage    | SC6           |
| Profondeur | 3,45 - 3,90 m |

|             |                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------|-----------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Description | Graviers et galets beige à légère matrice sablo-limoneuse |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------|-----------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|              |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Ø tamis (mm) | 200   | 100   | 80    | 63   | 50   | 31,5 | 20   | 16   | 10   | 6,3  | 5    | 2    | 1    | 0,63 | 0,5  | 0,4  | 0,2  | 0,080 | 0,063 |
| Passant (%)  | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 88,7 | 88,7 | 75,7 | 59,7 | 50,8 | 38,7 | 31,0 | 28,8 | 22,1 | 19,0 | 17,4 | 16,5 | 15,5 | 12,4 | 10,6  | 10,4  |

|              |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| Ø tamis (µm) | 49,71 | 36,13 | 23,13 | 16,67 | 12,01 | 8,65 | 6,18 | 3,65 | 1,54 |
| Passant (%)  | 9,0   | 8,2   | 7,0   | 6,3   | 5,7   | 5,1  | 4,7  | 3,9  | 2,7  |



|                                                 |                       |         |                       |         |                        |       |                         |        |
|-------------------------------------------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|------------------------|-------|-------------------------|--------|
| Densimètre                                      | H <sub>0</sub> (cm) = | 13,85   | H <sub>1</sub> (cm) = | 3,85    | h <sub>1</sub> (cm) =  | 16,25 | Vd (cm <sup>3</sup> ) = | 76,279 |
| Facteurs correcteurs                            | Cm =                  | -0,0003 | Cd =                  | -0,0005 | Eprouvette : A (cm²) = |       | 47,39                   |        |
| Masse volumique des grains (g/cm <sup>3</sup> ) |                       | estimée | 2,70                  |         |                        |       |                         |        |

| Temps de lecture (min) | R      | T°C  | Ct      | p (%) | D (µm) |
|------------------------|--------|------|---------|-------|--------|
| 1                      | 1,0220 | 20,2 | 0,00074 | 87,04 | 49,71  |
| 2                      | 1,0200 | 20,2 | 0,00074 | 79,12 | 36,13  |
| 5                      | 1,0170 | 20,2 | 0,00074 | 67,25 | 23,13  |
| 10                     | 1,0155 | 20,2 | 0,00074 | 61,31 | 16,67  |
| 20                     | 1,0140 | 20,2 | 0,00074 | 55,37 | 12,01  |
| 40                     | 1,0125 | 20,2 | 0,00074 | 49,44 | 8,65   |
| 80                     | 1,0115 | 20,2 | 0,00074 | 45,48 | 6,18   |
| 240                    | 1,0095 | 20,2 | 0,00074 | 37,56 | 3,65   |
| 1440                   | 1,0065 | 20,2 | 0,00074 | 25,69 | 1,54   |

|              |  |
|--------------|--|
| Observations |  |
|--------------|--|



ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Méthode par tamisage à sec  
Méthode par sédimentation

|                 |            |
|-----------------|------------|
| AFFAIRE         | 2402694    |
| SITE            | RANCHOT    |
| Date            | 27/05/2024 |
| Opérateur       | BP         |
| T°C de séchage  | 105°C      |
| Sédimentométrie | OUI        |

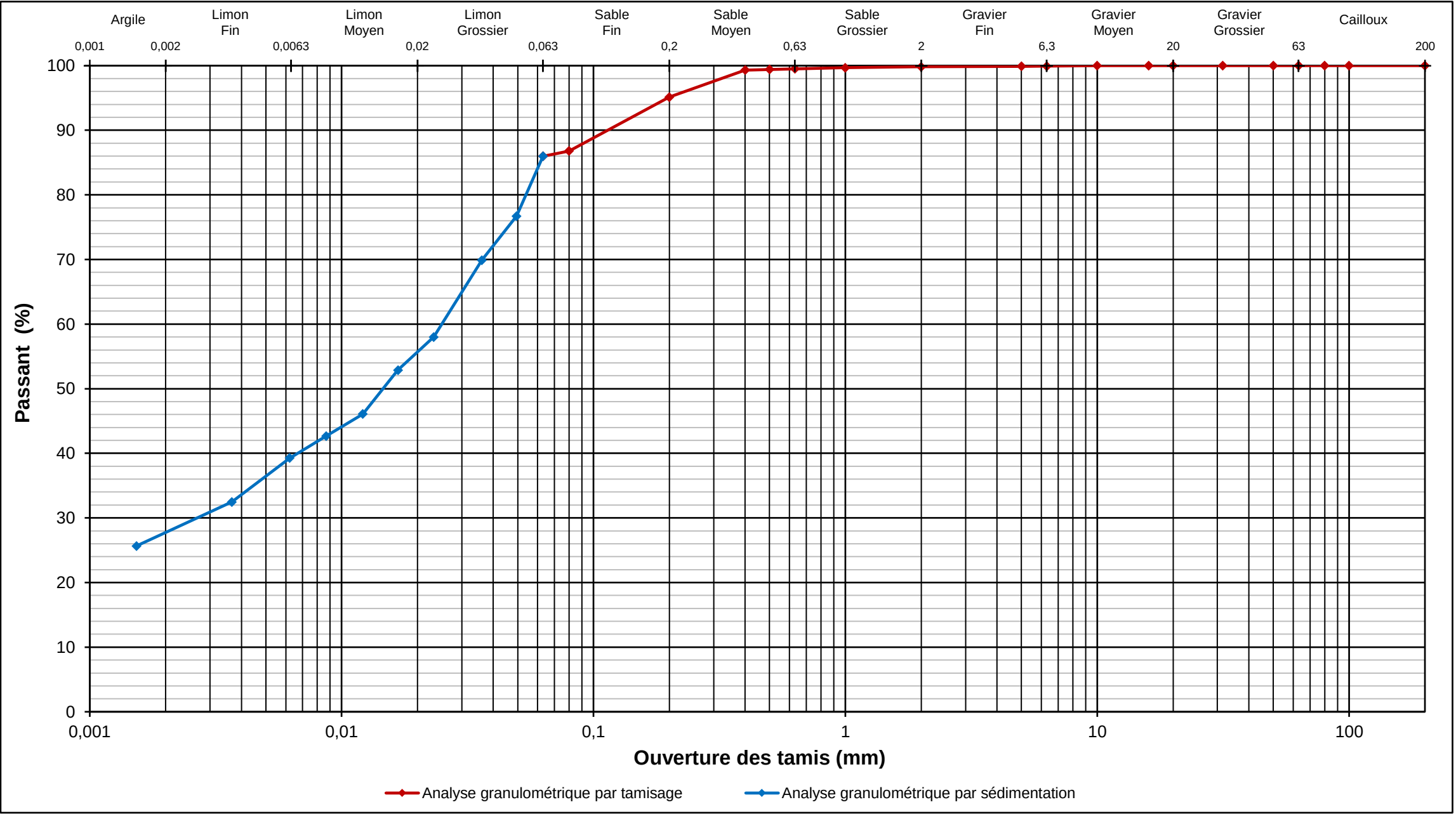
|                                   |        |                   |       |       |
|-----------------------------------|--------|-------------------|-------|-------|
| W% sur 0/D (NF EN ISO 17892-1)    | 31,6   | Dmax (mm)         |       | 7,0   |
| W% sur 0/20mm (NF EN ISO 17892-1) | 31,6   | Passants (%)      | 63 mm | 100,0 |
| D10 (mm)                          |        |                   | 50 mm | 100,0 |
| D60 (mm)                          | 0,0250 |                   | 2 mm  | 99,8  |
| Coefficient d'uniformité Cu       |        |                   | 80 µm | 86,8  |
|                                   |        |                   | 63 µm | 86,0  |
| Fraction 63µm/2mm                 | 13,8   |                   | 2 µm  | 27,7  |
| Fraction 2mm/63mm                 | 0,2    | VBS (NF P 94-068) |       | -     |

|            |               |
|------------|---------------|
| Sondage    | SC7           |
| Profondeur | 1,50 - 2,15 m |

|             |                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------|----------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Description | Limon argileux brun beige légèrement sableux |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------|----------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Ø tamis (mm) | 200   | 100   | 80    | 63    | 50    | 31,5  | 20    | 16    | 10    | 6,3  | 5    | 2    | 1    | 0,63 | 0,5  | 0,4  | 0,2  | 0,080 | 0,063 |
| Passant (%)  | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 99,9 | 99,9 | 99,8 | 99,7 | 99,5 | 99,4 | 99,3 | 95,1 | 86,8  | 86,0  |

|              |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| Ø tamis (µm) | 49,49 | 36,00 | 23,20 | 16,73 | 12,13 | 8,68 | 6,21 | 3,67 | 1,53 |
| Passant (%)  | 76,7  | 69,9  | 58,0  | 52,9  | 46,1  | 42,7 | 39,3 | 32,5 | 25,7 |



|                                                 |                       |         |                       |         |                        |       |                         |        |
|-------------------------------------------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|------------------------|-------|-------------------------|--------|
| Densimètre                                      | H <sub>0</sub> (cm) = | 13,9    | H <sub>1</sub> (cm) = | 3,95    | h <sub>1</sub> (cm) =  | 16,3  | Vd (cm <sup>3</sup> ) = | 79,153 |
| Facteurs correcteurs                            | Cm =                  | -0,0003 | Cd =                  | -0,0005 | Eprouvette : A (cm²) = | 47,39 |                         |        |
| Masse volumique des grains (g/cm <sup>3</sup> ) | estimée               | 2,70    |                       |         |                        |       |                         |        |

| Temps de lecture (min) | R      | T°C  | Ct      | p (%) | D (µm) |
|------------------------|--------|------|---------|-------|--------|
| 1                      | 1,0220 | 20,2 | 0,00134 | 89,21 | 49,49  |
| 2                      | 1,0200 | 20,2 | 0,00134 | 81,30 | 36,00  |
| 5                      | 1,0165 | 20,2 | 0,00134 | 67,44 | 23,20  |
| 10                     | 1,0150 | 20,2 | 0,00134 | 61,51 | 16,73  |
| 20                     | 1,0130 | 20,2 | 0,00134 | 53,59 | 12,13  |
| 40                     | 1,0120 | 20,2 | 0,00134 | 49,63 | 8,68   |
| 80                     | 1,0110 | 20,2 | 0,00134 | 45,68 | 6,21   |
| 240                    | 1,0090 | 20,2 | 0,00134 | 37,76 | 3,67   |
| 1440                   | 1,0070 | 20,2 | 0,00134 | 29,84 | 1,53   |

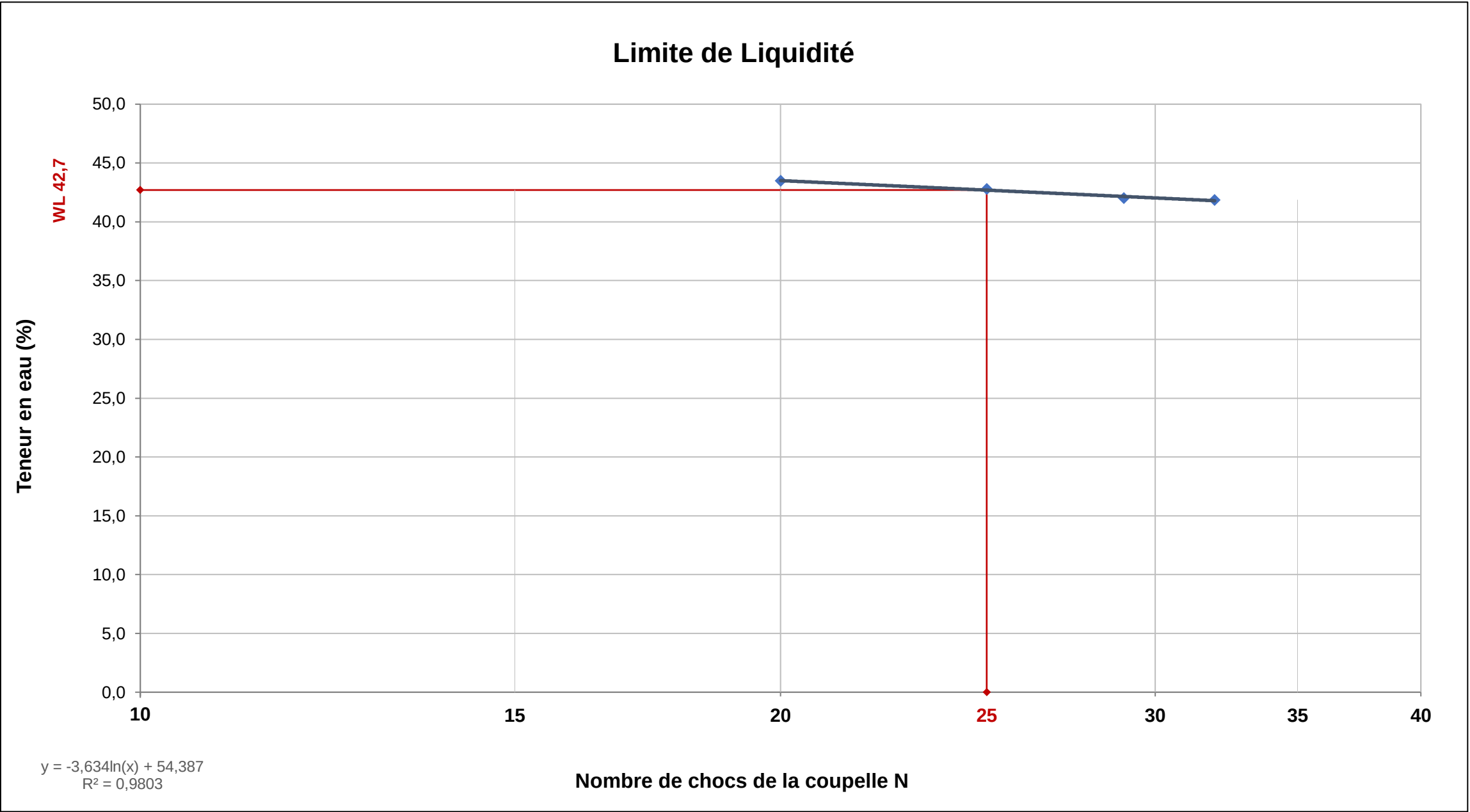
|              |  |
|--------------|--|
| Observations |  |
|--------------|--|



LIMITES D'ATTERBERG - METHODE DE CASAGRANDE  
(NF EN ISO 17892-12)

|                |                                              |  |  |
|----------------|----------------------------------------------|--|--|
| AFFAIRE        | 2402694                                      |  |  |
| SITE           | RANCHOT                                      |  |  |
| Date           | 30/05/2024                                   |  |  |
| Opérateur      | TL                                           |  |  |
| T°C de séchage | 105°C                                        |  |  |
| Sondage        | SC7                                          |  |  |
| Profondeur     | 1,50 - 2,15 m                                |  |  |
| Description    | Limon argileux brun beige légèrement sableux |  |  |

|                              |              |      |                     |      |
|------------------------------|--------------|------|---------------------|------|
| Préparation de l'échantillon | Etat Naturel |      | Passant à 400µm (%) | 99,3 |
| Mesures N°                   | 1            | 2    | 3                   | 4    |
| Nombre de coups N            | 20           | 25   | 29                  | 32   |
| Teneur en eau (%)            | 43,5         | 42,8 | 42,0                | 41,9 |



|                                               |        |                    |             |      |
|-----------------------------------------------|--------|--------------------|-------------|------|
| Limite de plasticité                          | W1 (%) | 25,1               | Moyenne (%) | 25,4 |
|                                               | W2 (%) | 25,7               |             |      |
| Teneur en eau sur 0/D (NF EN ISO 17892-1)     |        | W (%)              | 31,6        |      |
| Teneur en eau sur 0/400µm (NF EN ISO 17892-1) |        | W (%)              | 31,9        |      |
| Limite de liquidité                           |        | W <sub>L</sub> (%) | 42,7        |      |
| Limite de plasticité                          |        | W <sub>P</sub> (%) | 25,4        |      |
| Indice de plasticité                          |        | I <sub>P</sub>     | 17,3        |      |
| Indice de consistance                         |        | I <sub>C</sub>     | 0,63        |      |

|              |  |
|--------------|--|
| Observations |  |
|--------------|--|



ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Méthode par tamisage à sec  
Méthode par sédimentation

|                 |            |
|-----------------|------------|
| AFFAIRE         | 2402694    |
| SITE            | RANCHOT    |
| Date            | 27/05/2024 |
| Opérateur       | BP         |
| T°C de séchage  | 105°C      |
| Sédimentométrie | OUI        |

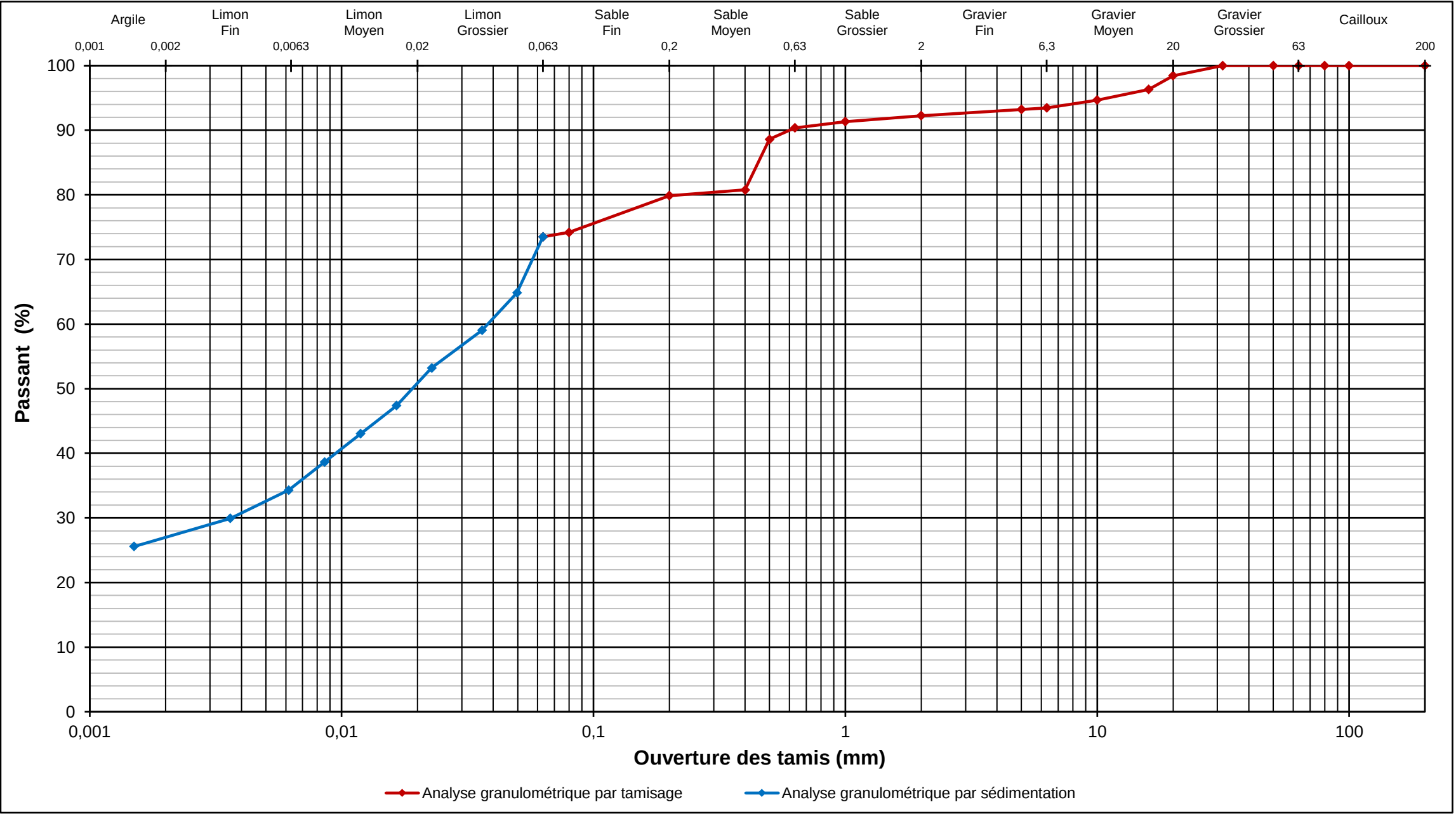
|                                   |        |                   |       |       |
|-----------------------------------|--------|-------------------|-------|-------|
| W% sur 0/D (NF EN ISO 17892-1)    | 27,7   | Dmax (mm)         |       | 30,0  |
| W% sur 0/20mm (NF EN ISO 17892-1) | 27,7   | Passants (%)      | 63 mm | 100,0 |
| D10 (mm)                          |        |                   | 50 mm | 100,0 |
| D60 (mm)                          | 0,0381 |                   | 2 mm  | 92,3  |
| Coefficient d'uniformité Cu       |        |                   | 80 µm | 74,2  |
|                                   |        |                   | 63 µm | 73,5  |
| Fraction 63µm/2mm                 | 18,8   |                   | 2 µm  | 27,0  |
| Fraction 2mm/63mm                 | 7,7    | VBS (NF P 94-068) |       | 2,41  |

|            |               |
|------------|---------------|
| Sondage    | SC7           |
| Profondeur | 3,00 - 3,80 m |

|             |                                                         |
|-------------|---------------------------------------------------------|
| Description | Limon argileux brun légèrement sableux à rares graviers |
|-------------|---------------------------------------------------------|

|              |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Ø tamis (mm) | 200   | 100   | 80    | 63    | 50    | 31,5  | 20   | 16   | 10   | 6,3  | 5    | 2    | 1    | 0,63 | 0,5  | 0,4  | 0,2  | 0,080 | 0,063 |
| Passant (%)  | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 98,4 | 96,3 | 94,7 | 93,5 | 93,2 | 92,3 | 91,3 | 90,4 | 88,6 | 80,8 | 79,9 | 74,2  | 73,5  |

|              |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| Ø tamis (µm) | 49,68 | 36,08 | 22,77 | 16,52 | 11,90 | 8,56 | 6,16 | 3,62 | 1,50 |
| Passant (%)  | 64,8  | 59,0  | 53,2  | 47,4  | 43,0  | 38,7 | 34,3 | 29,9 | 25,6 |



|                                                 |                       |         |                       |         |                        |       |                         |        |
|-------------------------------------------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|------------------------|-------|-------------------------|--------|
| Densimètre                                      | H <sub>0</sub> (cm) = | 13,55   | H <sub>1</sub> (cm) = | 3,75    | h <sub>1</sub> (cm) =  | 16    | Vd (cm <sup>3</sup> ) = | 76,565 |
| Facteurs correcteurs                            | Cm =                  | -0,0003 | Cd =                  | -0,0005 | Eprouvette : A (cm²) = | 47,39 |                         |        |
| Masse volumique des grains (g/cm <sup>3</sup> ) | estimée               | 2,70    |                       |         |                        |       |                         |        |

|                        |        |      |         |       |        |
|------------------------|--------|------|---------|-------|--------|
| Temps de lecture (min) | R      | T°C  | Ct      | p (%) | D (µm) |
| 1                      | 1,0215 | 20,2 | 0,00154 | 88,22 | 49,68  |
| 2                      | 1,0195 | 20,2 | 0,00154 | 80,31 | 36,08  |
| 5                      | 1,0175 | 20,2 | 0,00154 | 72,39 | 22,77  |
| 10                     | 1,0155 | 20,2 | 0,00154 | 64,48 | 16,52  |
| 20                     | 1,0140 | 20,2 | 0,00154 | 58,54 | 11,90  |
| 40                     | 1,0125 | 20,2 | 0,00154 | 52,60 | 8,56   |
| 80                     | 1,0110 | 20,2 | 0,00154 | 46,66 | 6,16   |
| 240                    | 1,0095 | 20,2 | 0,00154 | 40,73 | 3,62   |
| 1440                   | 1,0080 | 20,2 | 0,00154 | 34,79 | 1,50   |

|              |  |
|--------------|--|
| Observations |  |
|--------------|--|

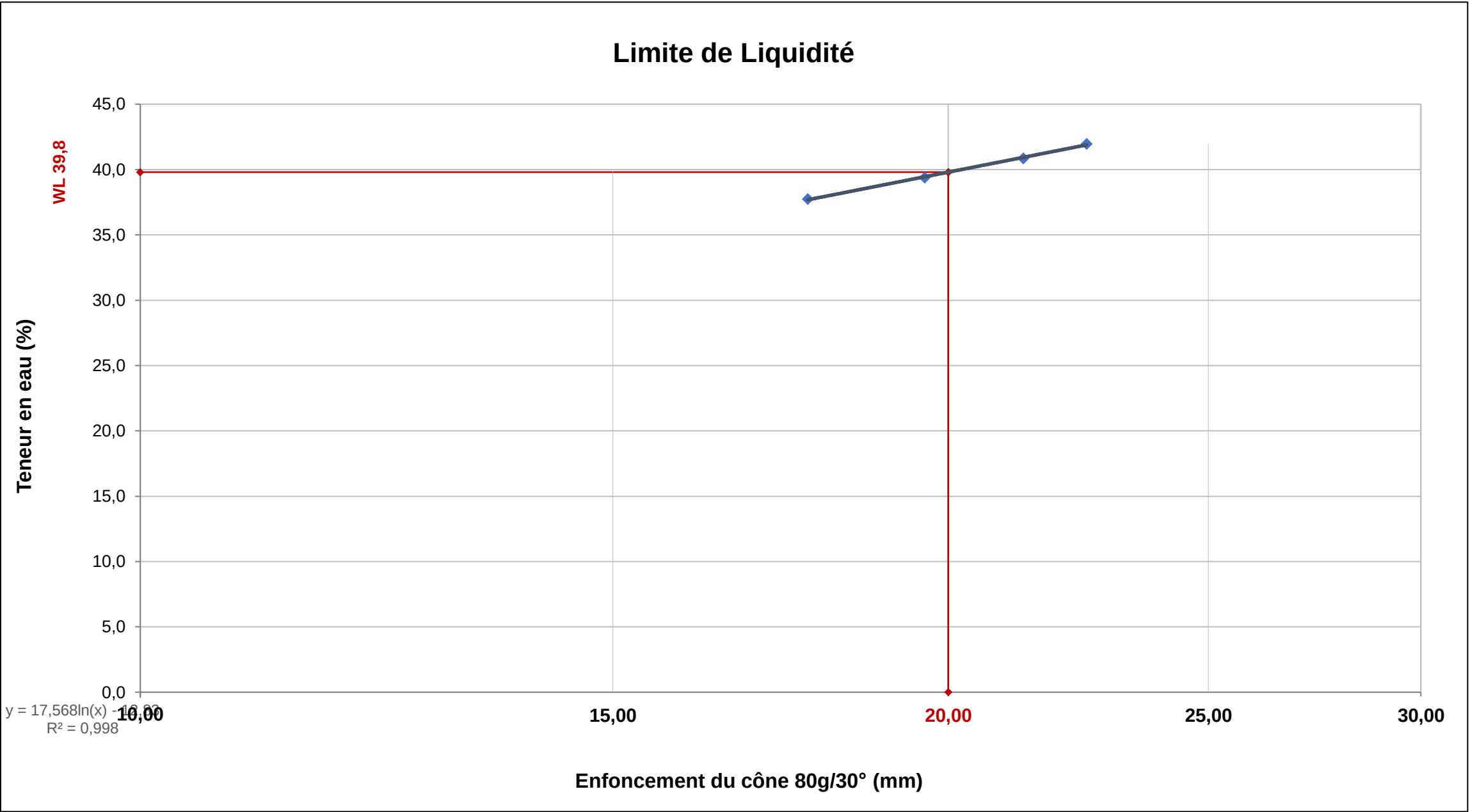




LIMITES D'ATTERBERG AU CÔNE DE 80g/30°  
(NF EN ISO 17892-12)

|                |                                                         |  |  |
|----------------|---------------------------------------------------------|--|--|
| AFFAIRE        | 2402694                                                 |  |  |
| SITE           | RANCHOT                                                 |  |  |
| Date           | 29/05/2024                                              |  |  |
| Opérateur      | BP                                                      |  |  |
| T°C de séchage | 105°C                                                   |  |  |
| Sondage        | SC7                                                     |  |  |
| Profondeur     | 3,00 - 3,80 m                                           |  |  |
| Description    | Limon argileux brun légèrement sableux à rares graviers |  |  |

|                              |              |       |                     |       |
|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-------|
| Préparation de l'échantillon | Etat Naturel |       | Passant à 400µm (%) | 80,8  |
| Mesures N°                   | 1            | 2     | 3                   | 4     |
| Enfoncement du cône (mm)     | 22,52        | 21,33 | 19,60               | 17,73 |
| Teneur en eau (%)            | 42,0         | 40,9  | 39,4                | 37,7  |



|                      |        |      |             |      |
|----------------------|--------|------|-------------|------|
| Limite de plasticité | W1 (%) | 23,1 | Moyenne (%) | 23,1 |
|                      | W2 (%) | 23,1 |             |      |

|                                               |                    |      |
|-----------------------------------------------|--------------------|------|
| Teneur en eau sur 0/D (NF EN ISO 17892-1)     | W (%)              | 27,7 |
| Teneur en eau sur 0/400µm (NF EN ISO 17892-1) | W (%)              | 34,3 |
| Limite de liquidité                           | W <sub>L</sub> (%) | 39,8 |
| Limite de plasticité                          | W <sub>P</sub> (%) | 23,1 |
| Indice de plasticité                          | I <sub>P</sub>     | 16,7 |
| Indice de consistance                         | I <sub>C</sub>     | 0,33 |

|              |  |
|--------------|--|
| Observations |  |
|--------------|--|



ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Méthode par tamisage à sec  
Méthode par sédimentation

|                 |            |
|-----------------|------------|
| AFFAIRE         | 2402694    |
| SITE            | RANCHOT    |
| Date            | 06/12/2024 |
| Opérateur       | LH         |
| T°C de séchage  | 105°C      |
| Sédimentométrie | OUI        |

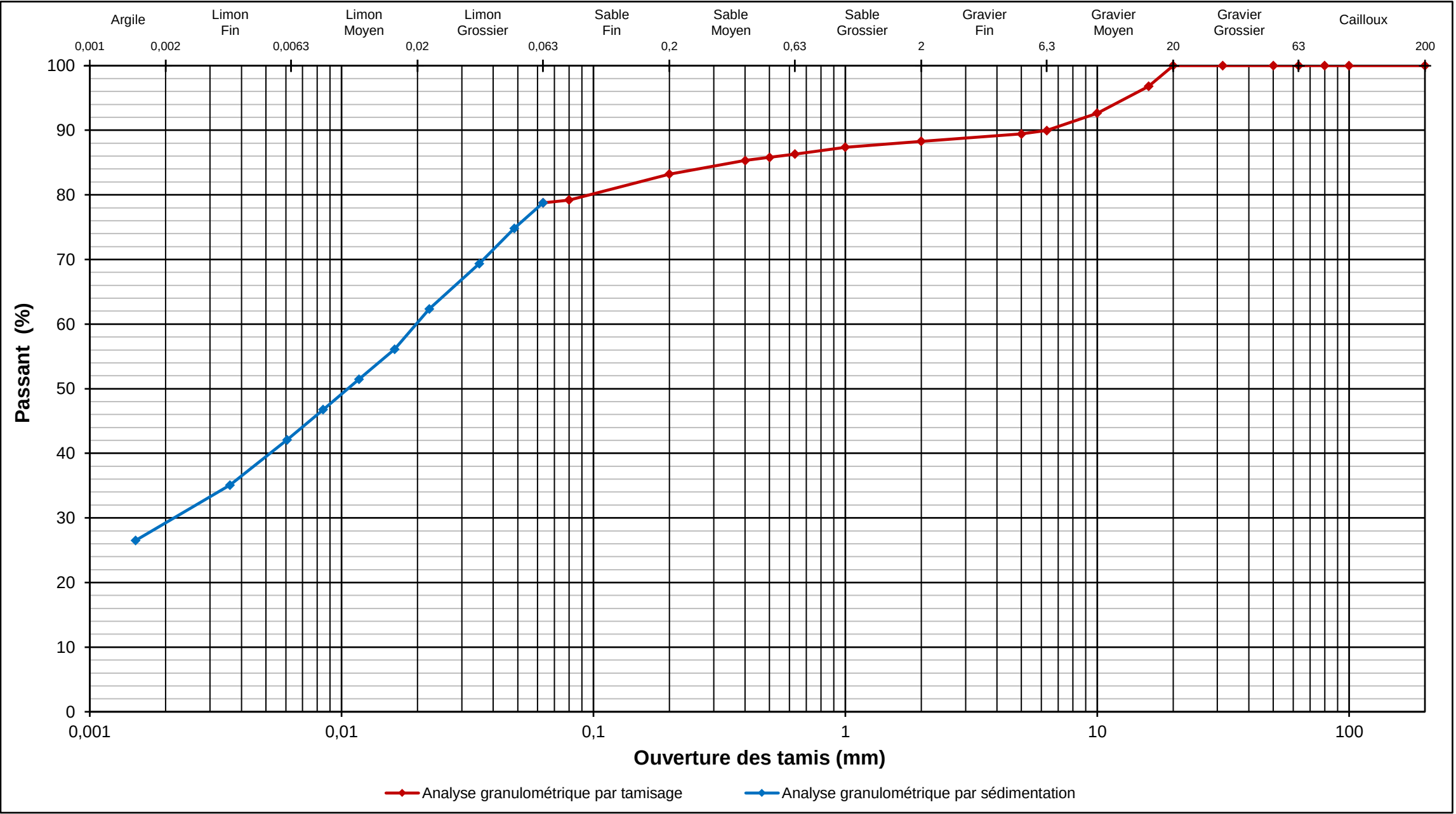
|                                   |  |        |                   |       |       |
|-----------------------------------|--|--------|-------------------|-------|-------|
| W% sur 0/D (NF EN ISO 17892-1)    |  | 21,4   | Dmax (mm)         |       | 19,0  |
| W% sur 0/20mm (NF EN ISO 17892-1) |  | 21,4   | Passants (%)      | 63 mm | 100,0 |
| D10 (mm)                          |  |        |                   | 50 mm | 100,0 |
| D60 (mm)                          |  | 0,0198 |                   | 2 mm  | 88,3  |
| Coefficient d'uniformité Cu       |  |        |                   | 80 µm | 79,2  |
|                                   |  |        |                   | 63 µm | 78,8  |
| Fraction 63µm/2mm                 |  | 9,5    |                   | 2 µm  | 29,2  |
| Fraction 2mm/63mm                 |  | 11,7   | VBS (NF P 94-068) |       | -     |

|            |               |
|------------|---------------|
| Sondage    | SC8           |
| Profondeur | 0,90 - 1,50 m |

|             |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------|--------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Description | Limon argileux marron légèrement sableux à quelques graviers |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------|--------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|              |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Ø tamis (mm) | 200   | 100   | 80    | 63    | 50    | 31,5  | 20    | 16   | 10   | 6,3  | 5    | 2    | 1    | 0,63 | 0,5  | 0,4  | 0,2  | 0,080 | 0,063 |
| Passant (%)  | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 96,8 | 92,6 | 90,0 | 89,4 | 88,3 | 87,4 | 86,3 | 85,8 | 85,3 | 83,2 | 79,2  | 78,8  |

|              |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| Ø tamis (µm) | 48,50 | 35,21 | 22,31 | 16,23 | 11,71 | 8,44 | 6,08 | 3,61 | 1,52 |
| Passant (%)  | 74,8  | 69,4  | 62,3  | 56,1  | 51,4  | 46,8 | 42,1 | 35,1 | 26,5 |



|                                                 |                       |         |                       |         |                        |      |                         |        |
|-------------------------------------------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|------------------------|------|-------------------------|--------|
| Densimètre                                      | H <sub>0</sub> (cm) = | 13,9    | H <sub>1</sub> (cm) = | 3,95    | h <sub>1</sub> (cm) =  | 16,3 | Vd (cm <sup>3</sup> ) = | 79,153 |
| Facteurs correcteurs                            | Cm =                  | -0,0003 | Cd =                  | -0,0005 | Eprouvette : A (cm²) = |      | 47,39                   |        |
| Masse volumique des grains (g/cm <sup>3</sup> ) | estimée               |         | 2,70                  |         |                        |      |                         |        |

| Temps de lecture (min) | R      | T°C  | Ct      | p (%) | D (µm) |
|------------------------|--------|------|---------|-------|--------|
| 1                      | 1,0235 | 20,0 | 0,00130 | 94,99 | 48,50  |
| 2                      | 1,0218 | 20,0 | 0,00130 | 88,07 | 35,21  |
| 5                      | 1,0195 | 20,0 | 0,00130 | 79,16 | 22,31  |
| 10                     | 1,0175 | 20,0 | 0,00130 | 71,24 | 16,23  |
| 20                     | 1,0160 | 20,0 | 0,00130 | 65,31 | 11,71  |
| 40                     | 1,0145 | 20,0 | 0,00130 | 59,37 | 8,44   |
| 80                     | 1,0130 | 20,0 | 0,00130 | 53,43 | 6,08   |
| 240                    | 1,0108 | 20,0 | 0,00130 | 44,53 | 3,61   |
| 1440                   | 1,0080 | 20,0 | 0,00130 | 33,64 | 1,52   |

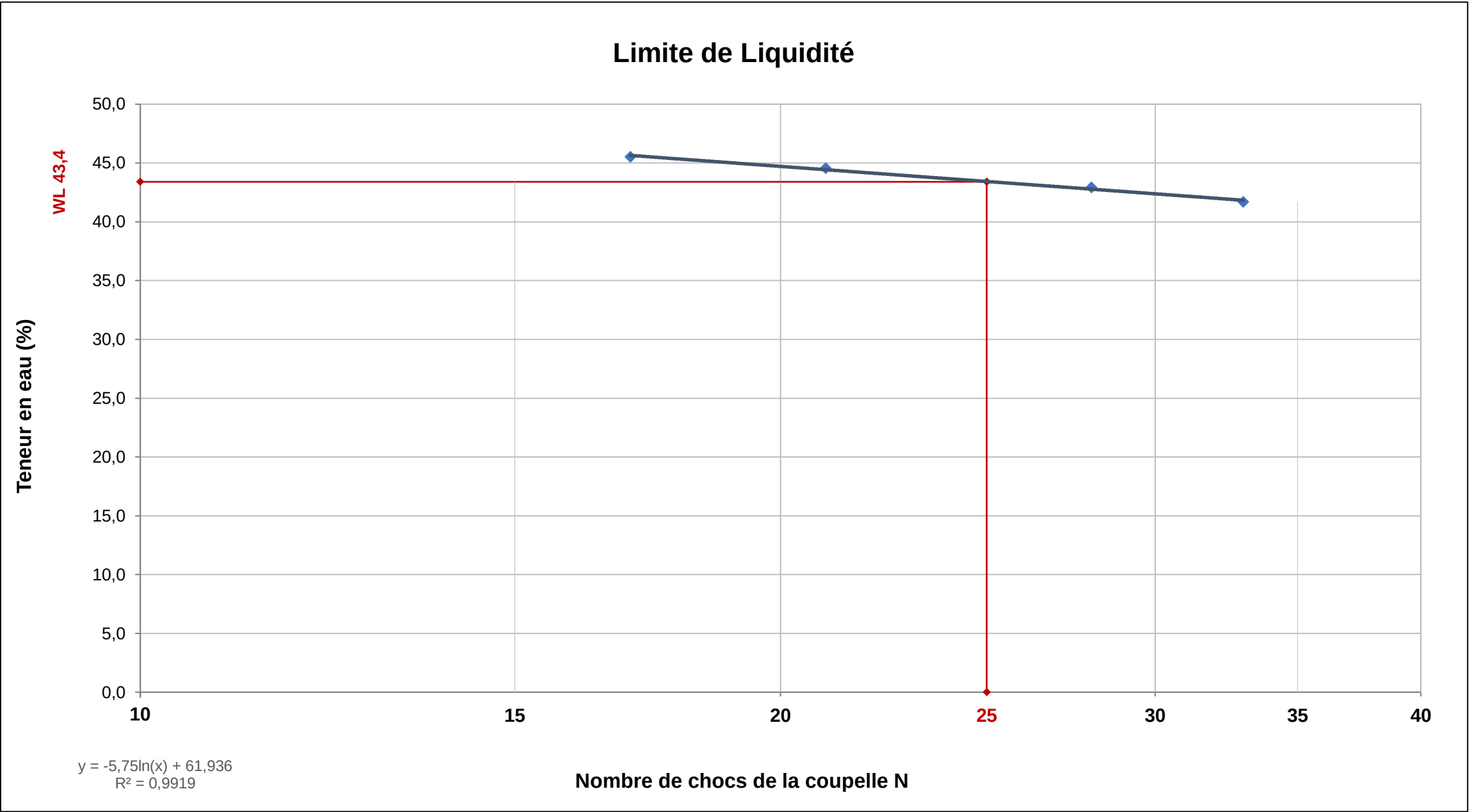
|              |  |
|--------------|--|
| Observations |  |
|--------------|--|



LIMITES D'ATTERBERG - METHODE DE CASAGRANDE  
(NF EN ISO 17892-12)

|                |                                                              |  |  |
|----------------|--------------------------------------------------------------|--|--|
| AFFAIRE        | 2402694                                                      |  |  |
| SITE           | RANCHOT                                                      |  |  |
| Date           | 12/06/2024                                                   |  |  |
| Opérateur      | LH                                                           |  |  |
| T°C de séchage | 105°C                                                        |  |  |
| Sondage        | SC8                                                          |  |  |
| Profondeur     | 0,90 - 1,50 m                                                |  |  |
| Description    | Limon argileux marron légèrement sableux à quelques graviers |  |  |

|                              |              |      |                     |      |
|------------------------------|--------------|------|---------------------|------|
| Préparation de l'échantillon | Etat Naturel |      | Passant à 400µm (%) | 85,3 |
| Mesures N°                   | 1            | 2    | 3                   | 4    |
| Nombre de coups N            | 17           | 21   | 28                  | 33   |
| Teneur en eau (%)            | 45,5         | 44,5 | 42,9                | 41,7 |



|                                               |        |                    |             |      |
|-----------------------------------------------|--------|--------------------|-------------|------|
| Limite de plasticité                          | W1 (%) | 25,8               | Moyenne (%) | 25,8 |
|                                               | W2 (%) | 25,8               |             |      |
| Teneur en eau sur 0/D (NF EN ISO 17892-1)     |        | W (%)              | 21,4        |      |
| Teneur en eau sur 0/400µm (NF EN ISO 17892-1) |        | W (%)              | 25,1        |      |
| Limite de liquidité                           |        | W <sub>L</sub> (%) | 43,4        |      |
| Limite de plasticité                          |        | W <sub>P</sub> (%) | 25,8        |      |
| Indice de plasticité                          |        | I <sub>P</sub>     | 17,6        |      |
| Indice de consistance                         |        | I <sub>C</sub>     | 1,04        |      |

|              |  |
|--------------|--|
| Observations |  |
|--------------|--|



ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Méthode par tamisage à sec

Méthode par sédimentation

|                 |            |
|-----------------|------------|
| AFFAIRE         | 2402694    |
| SITE            | RANCHOT    |
| Date            | 27/05/2024 |
| Opérateur       | BP         |
| T°C de séchage  | 105°C      |
| Sédimentométrie | OUI        |

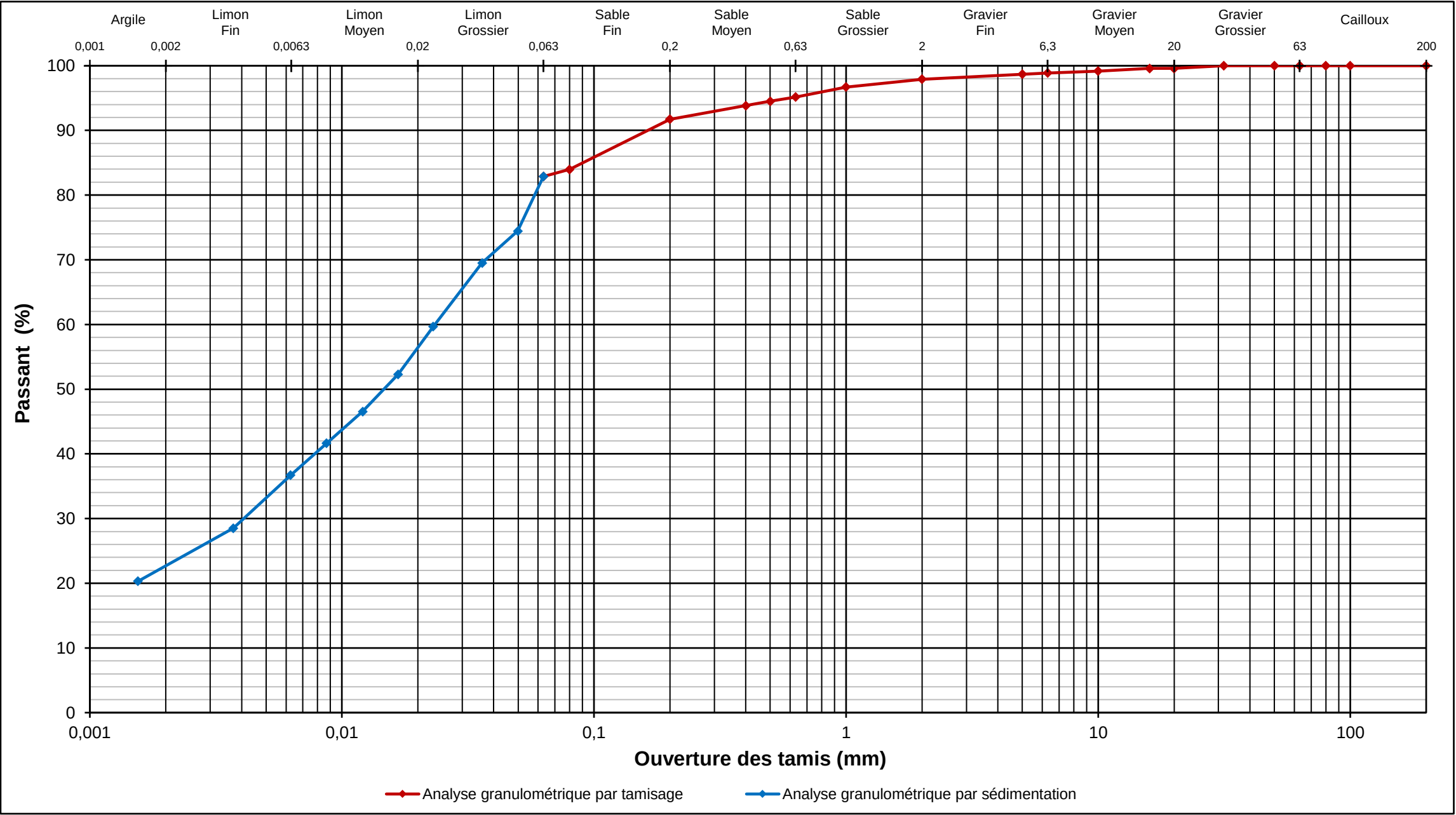
|                                   |        |                   |       |       |
|-----------------------------------|--------|-------------------|-------|-------|
| W% sur 0/D (NF EN ISO 17892-1)    | 23,9   | Dmax (mm)         |       | 25,0  |
| W% sur 0/20mm (NF EN ISO 17892-1) | 23,9   | Passants (%)      | 63 mm | 100,0 |
| D10 (mm)                          |        |                   | 50 mm | 100,0 |
| D60 (mm)                          | 0,0233 |                   | 2 mm  | 97,9  |
| Coefficient d'uniformité Cu       |        |                   | 80 µm | 84,0  |
|                                   |        |                   | 63 µm | 82,9  |
| Fraction 63µm/2mm                 | 15,0   |                   | 2 µm  | 22,7  |
| Fraction 2mm/63mm                 | 2,1    | VBS (NF P 94-068) |       | -     |

|            |               |
|------------|---------------|
| Sondage    | SC8           |
| Profondeur | 2,30 - 3,00 m |

|             |                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------|----------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Description | Limon argileux brun beige légèrement sableux |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------|----------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|              |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Ø tamis (mm) | 200   | 100   | 80    | 63    | 50    | 31,5  | 20   | 16   | 10   | 6,3  | 5    | 2    | 1    | 0,63 | 0,5  | 0,4  | 0,2  | 0,080 | 0,063 |
| Passant (%)  | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 99,6 | 99,6 | 99,2 | 98,9 | 98,7 | 97,9 | 96,7 | 95,2 | 94,5 | 93,8 | 91,7 | 84,0  | 82,9  |

|              |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| Ø tamis (µm) | 49,83 | 35,96 | 22,98 | 16,72 | 12,08 | 8,69 | 6,25 | 3,71 | 1,55 |
| Passant (%)  | 74,4  | 69,5  | 59,7  | 52,3  | 46,5  | 41,6 | 36,7 | 28,5 | 20,3 |



|                                                 |                       |         |                       |         |                        |       |                         |        |
|-------------------------------------------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|------------------------|-------|-------------------------|--------|
| Densimètre                                      | H <sub>0</sub> (cm) = | 13,8    | H <sub>1</sub> (cm) = | 3,8     | h <sub>1</sub> (cm) =  | 16,3  | Vd (cm <sup>3</sup> ) = | 79,550 |
| Facteurs correcteurs                            | Cm =                  | -0,0002 | Cd =                  | -0,0008 | Eprouvette : A (cm²) = | 47,39 |                         |        |
| Masse volumique des grains (g/cm <sup>3</sup> ) | estimée               | 2,70    |                       |         |                        |       |                         |        |

|                        |        |      |         |       |        |
|------------------------|--------|------|---------|-------|--------|
| Temps de lecture (min) | R      | T°C  | Ct      | p (%) | D (µm) |
| 1                      | 1,0220 | 20,2 | 0,00164 | 89,81 | 49,83  |
| 2                      | 1,0205 | 20,2 | 0,00164 | 83,87 | 35,96  |
| 5                      | 1,0175 | 20,2 | 0,00164 | 72,00 | 22,98  |
| 10                     | 1,0153 | 20,2 | 0,00164 | 63,09 | 16,72  |
| 20                     | 1,0135 | 20,2 | 0,00164 | 56,16 | 12,08  |
| 40                     | 1,0120 | 20,2 | 0,00164 | 50,23 | 8,69   |
| 80                     | 1,0105 | 20,2 | 0,00164 | 44,29 | 6,25   |
| 240                    | 1,0080 | 20,2 | 0,00164 | 34,39 | 3,71   |
| 1440                   | 1,0055 | 20,2 | 0,00164 | 24,50 | 1,55   |

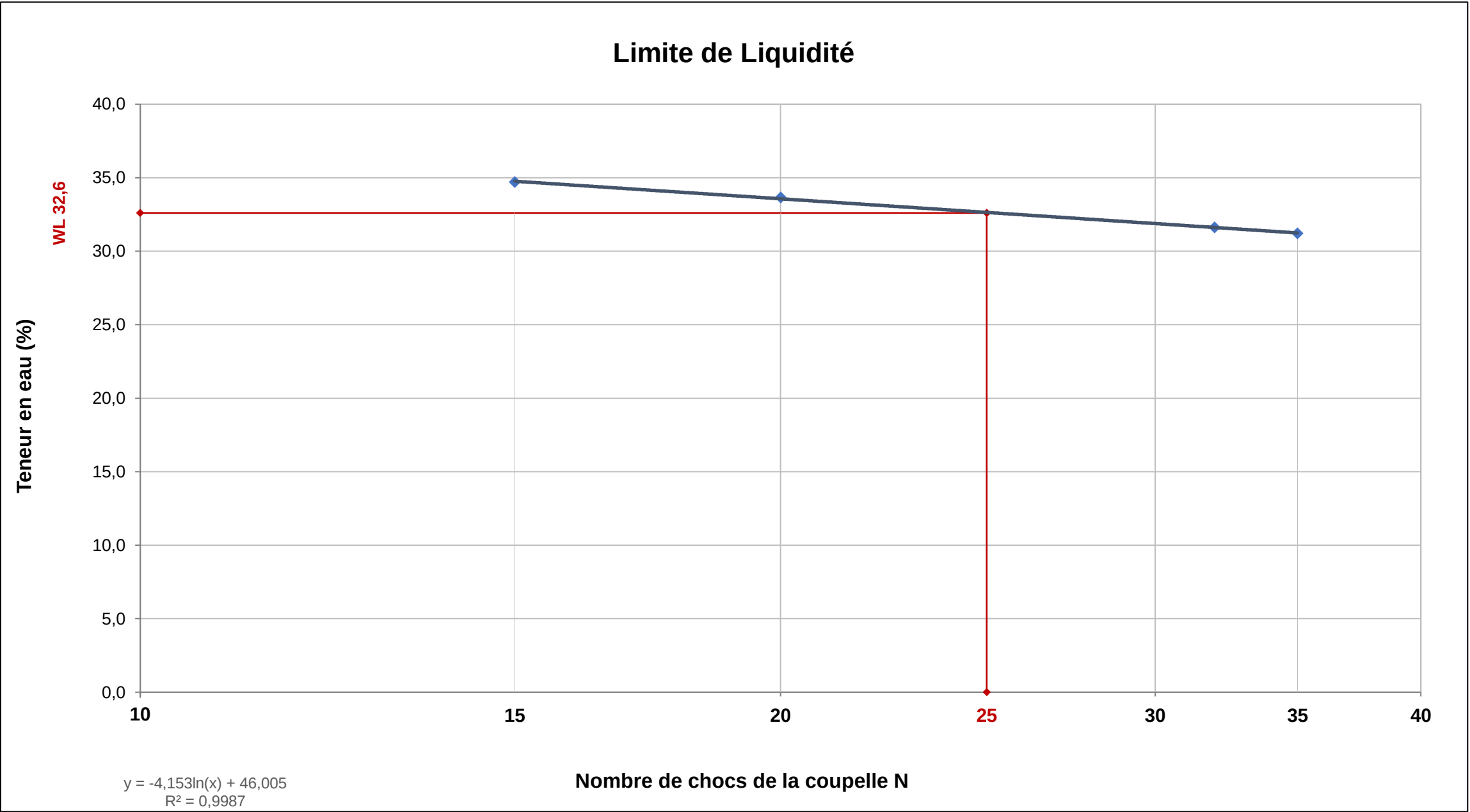
|              |  |
|--------------|--|
| Observations |  |
|--------------|--|



LIMITES D'ATTERBERG - METHODE DE CASAGRANDE  
(NF EN ISO 17892-12)

|                |                                              |  |  |
|----------------|----------------------------------------------|--|--|
| AFFAIRE        | 2402694                                      |  |  |
| SITE           | RANCHOT                                      |  |  |
| Date           | 30/05/2024                                   |  |  |
| Opérateur      | TL                                           |  |  |
| T°C de séchage | 105°C                                        |  |  |
| Sondage        | SC8                                          |  |  |
| Profondeur     | 2,30 - 3,00 m                                |  |  |
| Description    | Limon argileux brun beige légèrement sableux |  |  |

|                              |              |      |                     |      |
|------------------------------|--------------|------|---------------------|------|
| Préparation de l'échantillon | Etat Naturel |      | Passant à 400µm (%) | 93,8 |
| Mesures N°                   | 1            | 2    | 3                   | 4    |
| Nombre de coups N            | 35           | 32   | 20                  | 15   |
| Teneur en eau (%)            | 31,2         | 31,6 | 33,6                | 34,7 |



|                      |        |      |             |      |
|----------------------|--------|------|-------------|------|
| Limite de plasticité | W1 (%) | 20,1 | Moyenne (%) | 20,2 |
|                      | W2 (%) | 20,3 |             |      |

|                                               |                    |      |
|-----------------------------------------------|--------------------|------|
| Teneur en eau sur 0/D (NF EN ISO 17892-1)     | W (%)              | 23,9 |
| Teneur en eau sur 0/400µm (NF EN ISO 17892-1) | W (%)              | 25,5 |
| Limite de liquidité                           | W <sub>L</sub> (%) | 32,6 |
| Limite de plasticité                          | W <sub>P</sub> (%) | 20,2 |
| Indice de plasticité                          | I <sub>P</sub>     | 12,4 |
| Indice de consistance                         | I <sub>C</sub>     | 0,57 |

|              |  |
|--------------|--|
| Observations |  |
|--------------|--|





ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Méthode par tamisage à sec

Méthode par sédimentation

|                 |            |
|-----------------|------------|
| AFFAIRE         | 2402694    |
| SITE            | RANCHOT    |
| Date            | 27/05/2024 |
| Opérateur       | BP         |
| T°C de séchage  | 105°C      |
| Sédimentométrie | OUI        |

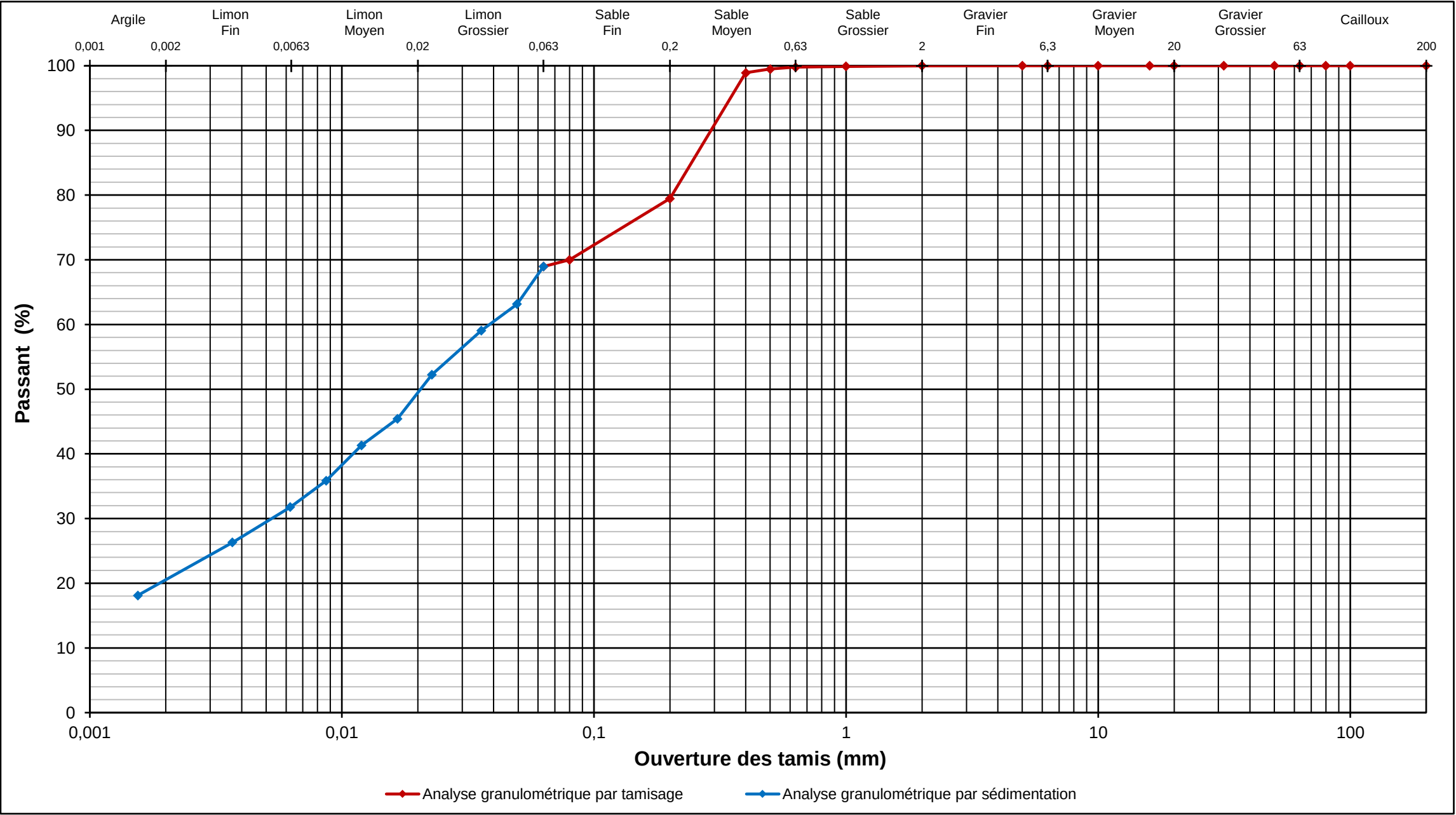
|                                   |        |                   |       |
|-----------------------------------|--------|-------------------|-------|
| W% sur 0/D (NF EN ISO 17892-1)    | 34,2   | Dmax (mm)         | 3,0   |
| W% sur 0/20mm (NF EN ISO 17892-1) | 34,2   | 63 mm             | 100,0 |
| D10 (mm)                          |        | 50 mm             | 100,0 |
| D60 (mm)                          | 0,0385 | 2 mm              | 100,0 |
| Coefficient d'uniformité Cu       |        | 80 µm             | 70,0  |
|                                   |        | 63 µm             | 69,0  |
| Fraction 63µm/2mm                 | 31,0   | 2 µm              | 20,5  |
| Fraction 2mm/63mm                 | 0,0    | VBS (NF P 94-068) | -     |

|            |               |
|------------|---------------|
| Sondage    | SC9           |
| Profondeur | 1,60 - 3,00 m |

|             |                           |
|-------------|---------------------------|
| Description | Limon sablo-argileux brun |
|-------------|---------------------------|

|              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Ø tamis (mm) | 200   | 100   | 80    | 63    | 50    | 31,5  | 20    | 16    | 10    | 6,3   | 5     | 2     | 1    | 0,63 | 0,5  | 0,4  | 0,2  | 0,080 | 0,063 |
| Passant (%)  | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 99,9 | 99,8 | 99,5 | 98,9 | 79,5 | 70,0  | 69,0  |

|              |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| Ø tamis (µm) | 49,46 | 35,71 | 22,72 | 16,60 | 11,96 | 8,66 | 6,23 | 3,68 | 1,55 |
| Passant (%)  | 63,2  | 59,1  | 52,2  | 45,4  | 41,3  | 35,9 | 31,8 | 26,3 | 18,1 |



|                                                 |                       |         |                       |         |                        |       |                         |        |
|-------------------------------------------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|------------------------|-------|-------------------------|--------|
| Densimètre                                      | H <sub>0</sub> (cm) = | 13,5    | H <sub>1</sub> (cm) = | 3,85    | h <sub>1</sub> (cm) =  | 16,25 | Vd (cm <sup>3</sup> ) = | 75,841 |
| Facteurs correcteurs                            | Cm =                  | -0,0003 | Cd =                  | -0,0005 | Eprouvette : A (cm²) = | 47,39 |                         |        |
| Masse volumique des grains (g/cm <sup>3</sup> ) | estimée               | 2,70    |                       |         |                        |       |                         |        |

|                        |        |      |         |       |        |
|------------------------|--------|------|---------|-------|--------|
| Temps de lecture (min) | R      | T°C  | Ct      | p (%) | D (µm) |
| 1                      | 1,0215 | 20,2 | 0,00244 | 91,59 | 49,46  |
| 2                      | 1,0200 | 20,2 | 0,00244 | 85,65 | 35,71  |
| 5                      | 1,0175 | 20,2 | 0,00244 | 75,76 | 22,72  |
| 10                     | 1,0150 | 20,2 | 0,00244 | 65,86 | 16,60  |
| 20                     | 1,0135 | 20,2 | 0,00244 | 59,92 | 11,96  |
| 40                     | 1,0115 | 20,2 | 0,00244 | 52,01 | 8,66   |
| 80                     | 1,0100 | 20,2 | 0,00244 | 46,07 | 6,23   |
| 240                    | 1,0080 | 20,2 | 0,00244 | 38,16 | 3,68   |
| 1440                   | 1,0050 | 20,2 | 0,00244 | 26,28 | 1,55   |

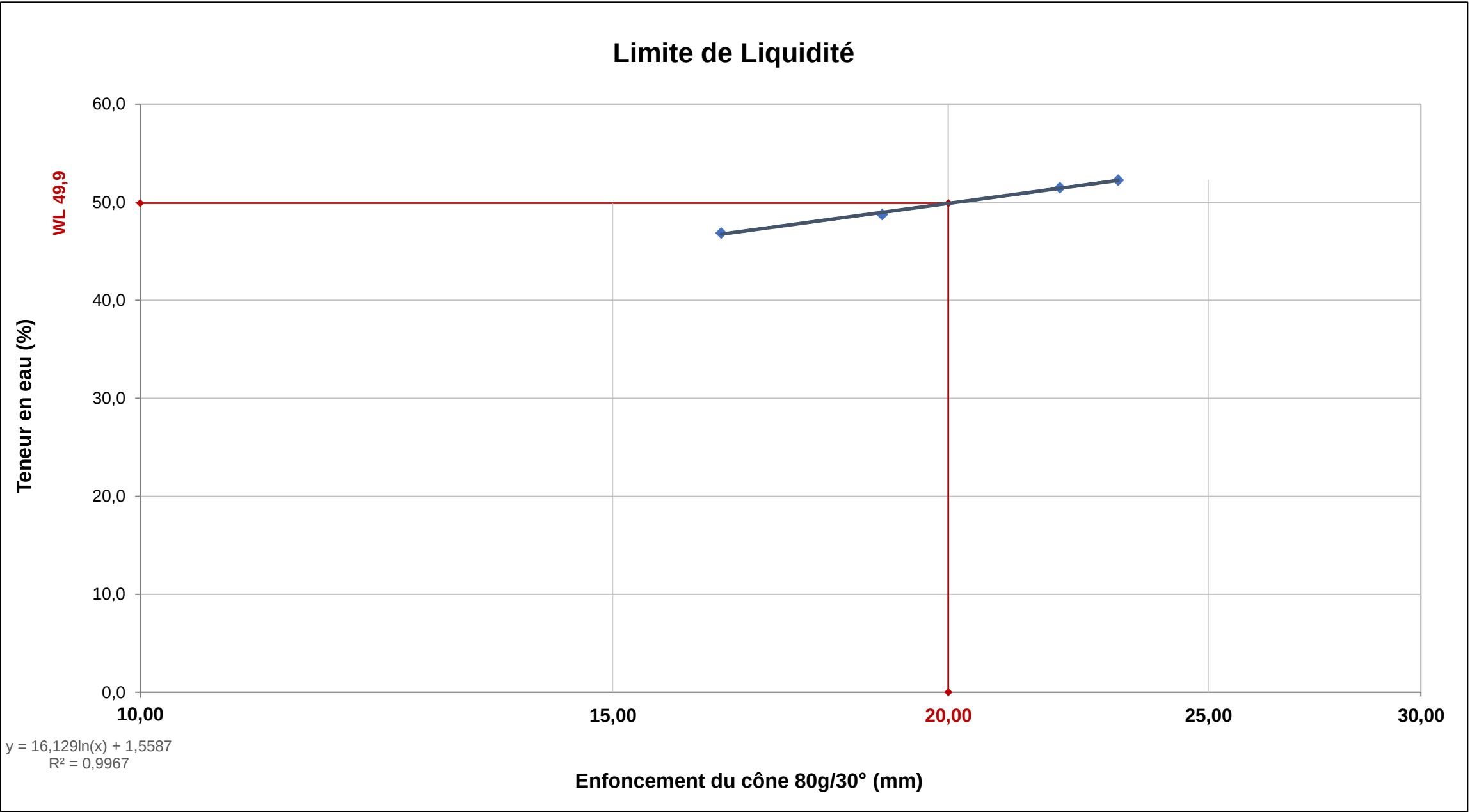
|              |  |
|--------------|--|
| Observations |  |
|--------------|--|



LIMITES D'ATTERBERG AU CÔNE DE 80g/30°  
(NF EN ISO 17892-12)

|                |                              |  |  |
|----------------|------------------------------|--|--|
| AFFAIRE        | 2402694                      |  |  |
| SITE           | RANCHOT                      |  |  |
| Date           | 30/05/2024                   |  |  |
| Opérateur      | BP                           |  |  |
| T°C de séchage | 105°C                        |  |  |
| Sondage        | SC9                          |  |  |
| Profondeur     | 1,60 - 3,00 m                |  |  |
| Description    | Argile limono-sableuse brune |  |  |

|                              |              |       |                     |       |
|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-------|
| Préparation de l'échantillon | Etat Naturel |       | Passant à 400µm (%) | 98,9  |
| Mesures N°                   | 1            | 2     | 3                   | 4     |
| Enfoncement du cône (mm)     | 16,46        | 18,90 | 22,01               | 23,14 |
| Teneur en eau (%)            | 46,8         | 48,8  | 51,5                | 52,3  |



|                      |        |      |             |      |
|----------------------|--------|------|-------------|------|
| Limite de plasticité | W1 (%) | 29,8 | Moyenne (%) | 30,3 |
|                      | W2 (%) | 30,7 |             |      |

|                                               |                    |      |
|-----------------------------------------------|--------------------|------|
| Teneur en eau sur 0/D (NF EN ISO 17892-1)     | W (%)              | 34,2 |
| Teneur en eau sur 0/400µm (NF EN ISO 17892-1) | W (%)              | 34,6 |
| Limite de liquidité                           | W <sub>L</sub> (%) | 49,9 |
| Limite de plasticité                          | W <sub>P</sub> (%) | 30,3 |
| Indice de plasticité                          | I <sub>P</sub>     | 19,6 |
| Indice de consistance                         | I <sub>C</sub>     | 0,78 |

|              |  |
|--------------|--|
| Observations |  |
|--------------|--|



ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Méthode par tamisage à sec  
Méthode par sédimentation

|                 |            |
|-----------------|------------|
| AFFAIRE         | 2402694    |
| SITE            | RANCHOT    |
| Date            | 27/05/2024 |
| Opérateur       | BP         |
| T°C de séchage  | 105°C      |
| Sédimentométrie | NON        |

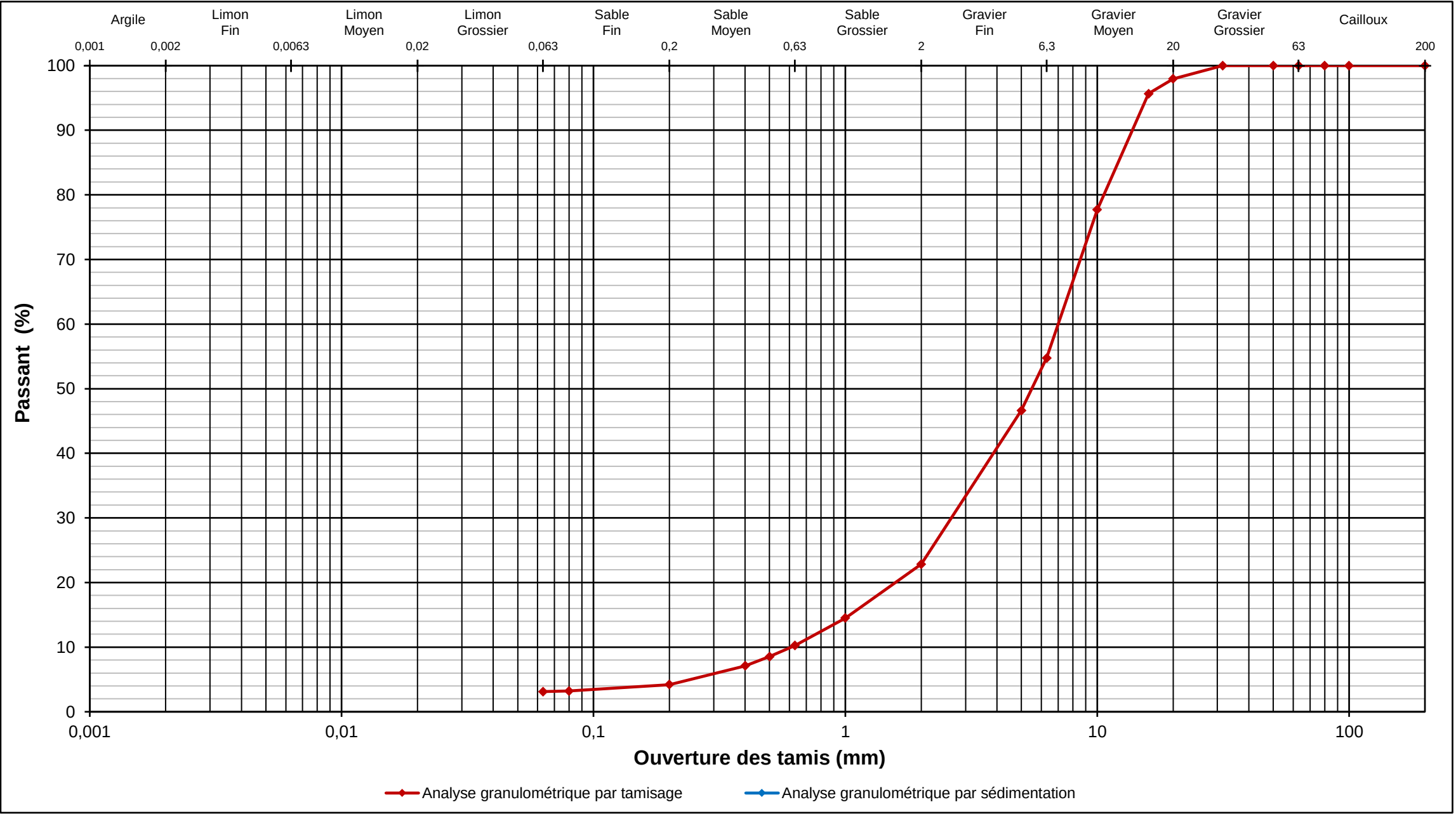
|                                   |        |      |                   |       |       |
|-----------------------------------|--------|------|-------------------|-------|-------|
| W% sur 0/D (NF EN ISO 17892-1)    |        | 6,5  | Dmax (mm)         |       | 24,0  |
| W% sur 0/20mm (NF EN ISO 17892-1) |        | 6,5  | Passants (%)      | 63 mm | 100,0 |
| D10 (mm)                          | 0,6091 |      |                   | 50 mm | 100,0 |
| D60 (mm)                          | 7,0009 |      |                   | 2 mm  | 22,8  |
| Coefficient d'uniformité Cu       | 11     |      |                   | 80 µm | 3,2   |
|                                   |        |      |                   | 63 µm | 3,1   |
| Fraction 63µm/2mm                 |        | 19,7 |                   | 2 µm  | -     |
| Fraction 2mm/63mm                 |        | 77,2 | VBS (NF P 94-068) |       | 0,07  |

|            |               |
|------------|---------------|
| Sondage    | SC9           |
| Profondeur | 3,80 - 4,50 m |

|             |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------|-------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Description | Graviers et sable beige |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------|-------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|              |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-------|-------|
| Ø tamis (mm) | 200   | 100   | 80    | 63    | 50    | 31,5  | 20   | 16   | 10   | 6,3  | 5    | 2    | 1    | 0,63 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,080 | 0,063 |
| Passant (%)  | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 98,0 | 95,7 | 77,7 | 54,8 | 46,6 | 22,8 | 14,5 | 10,2 | 8,5 | 7,1 | 4,2 | 3,2   | 3,1   |

|              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ø tamis (µm) | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Passant (%)  | - | - | - | - | - | - | - | - | - |



|                                                 |                       |   |                       |   |                                     |   |                         |   |
|-------------------------------------------------|-----------------------|---|-----------------------|---|-------------------------------------|---|-------------------------|---|
| Densimètre                                      | H <sub>0</sub> (cm) = | - | H <sub>1</sub> (cm) = | - | h <sub>1</sub> (cm) =               | - | Vd (cm <sup>3</sup> ) = | - |
| Facteurs correcteurs                            | Cm =                  | - | Cd =                  | - | Eprouvette : A (cm <sup>2</sup> ) = |   | -                       |   |
| Masse volumique des grains (g/cm <sup>3</sup> ) | estimée               |   | -                     |   |                                     |   |                         |   |

|                        |   |     |    |       |        |
|------------------------|---|-----|----|-------|--------|
| Temps de lecture (min) | R | T°C | Ct | p (%) | D (µm) |
| 1                      | - | -   | -  | -     | -      |
| 2                      | - | -   | -  | -     | -      |
| 5                      | - | -   | -  | -     | -      |
| 10                     | - | -   | -  | -     | -      |
| 20                     | - | -   | -  | -     | -      |
| 40                     | - | -   | -  | -     | -      |
| 80                     | - | -   | -  | -     | -      |
| 240                    | - | -   | -  | -     | -      |
| 1440                   | - | -   | -  | -     | -      |

|              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Observations |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CISAILLEMENT DIRECT**

selon la norme NF P 94-071-1

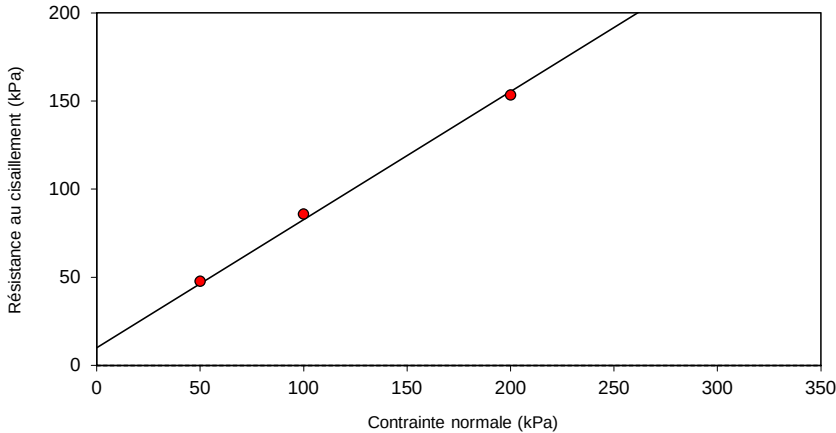
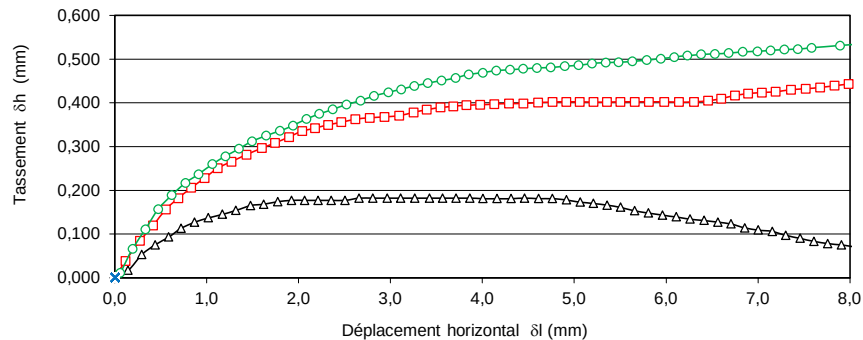
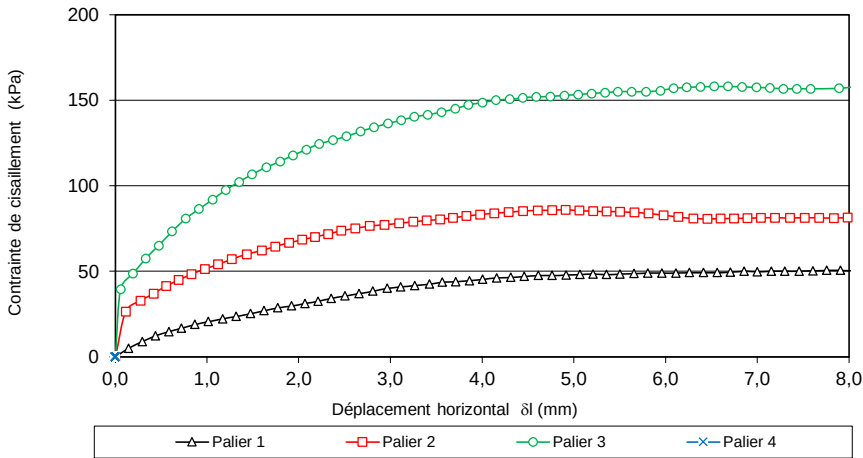
Affaire : RANCHOT

N° : 2402694

Etabli par : JG

|                      |                                                   |                  |            |                                         |                             |
|----------------------|---------------------------------------------------|------------------|------------|-----------------------------------------|-----------------------------|
| N° sondage :         | SC6                                               | Profondeur (m) : | 1,90-3,00m | Nature de l'échantillon :               | Intact — Reconstitué        |
| Date essai :         | 15/05/2024                                        |                  |            | Bague (en mm) :                         | Hauteur : 22,1 Largeur : 60 |
| Nature du matériau : | Limon sableux légèrement argileux brun à graviers |                  |            | $\rho_s$ estimée: 2,7 Mg/m <sup>3</sup> |                             |

| N° | Avant essai                   |                               |       |      |                | Après essai |          | T100 (en min) | Vitesse de cisaillement (en mm/min) | Paramètres de résistance au cisaillement |                       |                    |                       |
|----|-------------------------------|-------------------------------|-------|------|----------------|-------------|----------|---------------|-------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
|    | $\rho_h$ (g/cm <sup>3</sup> ) | $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> ) | w (%) | e    | S <sub>R</sub> | W (%)       | c' (kPa) |               |                                     | $\tau_{f,p}$ (kPa)                       | $\delta l_{f,p}$ (mm) | $\tau_{f,f}$ (kPa) | $\delta l_{f,f}$ (mm) |
| 1  | 2,03                          | 1,61                          | 26,2  | 0,67 | 104,8          | 24,7        | 50       | -             | 0,015                               | 47,78                                    | 5,00                  | -                  | -                     |
| 2  | 2,02                          | 1,58                          | 27,6  | 0,71 | 105,7          | 26,2        | 100      | 6,84          |                                     | 85,92                                    | 4,91                  | -                  | -                     |
| 3  | 2,04                          | 1,56                          | 30,6  | 0,73 | 113,3          | 24,0        | 200      | 8             |                                     | 153,33                                   | 5,00                  | -                  | -                     |
| 4  | -                             | -                             | -     | -    | -              | -           | -        | -             |                                     | -                                        | -                     | -                  | -                     |



| Résultats | c' (kPa) |    | $\phi'$ (°) |    |
|-----------|----------|----|-------------|----|
|           | c' p     | 10 | $\phi'$ p   | 36 |
|           | c' f     | -  | $\phi'$ f   | -  |

Observations :

**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CISAILLEMENT DIRECT**

selon la norme NF P 94-071-1

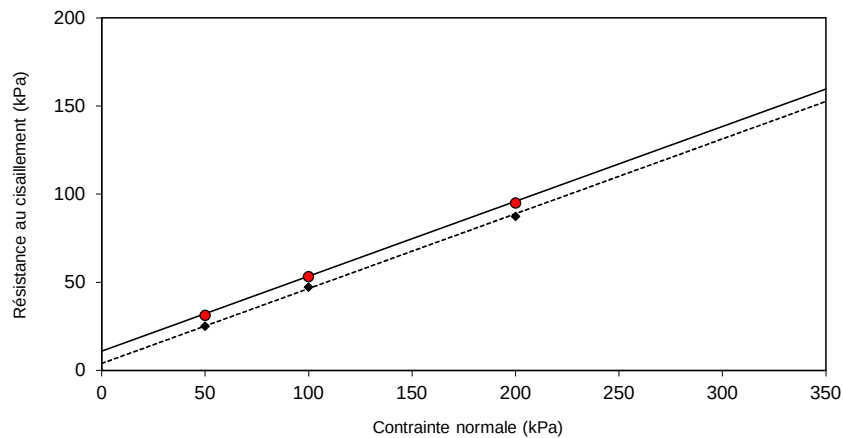
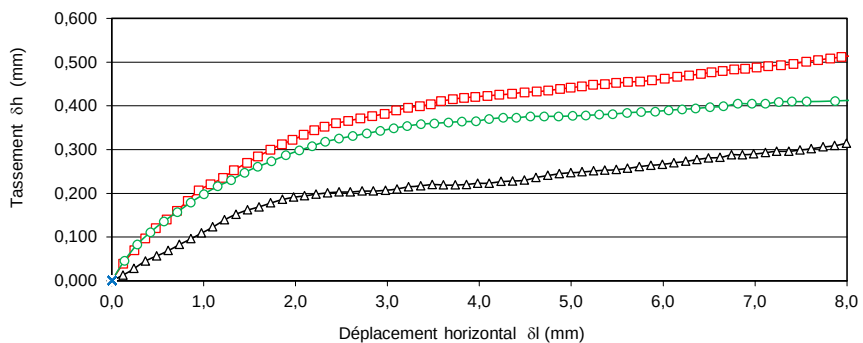
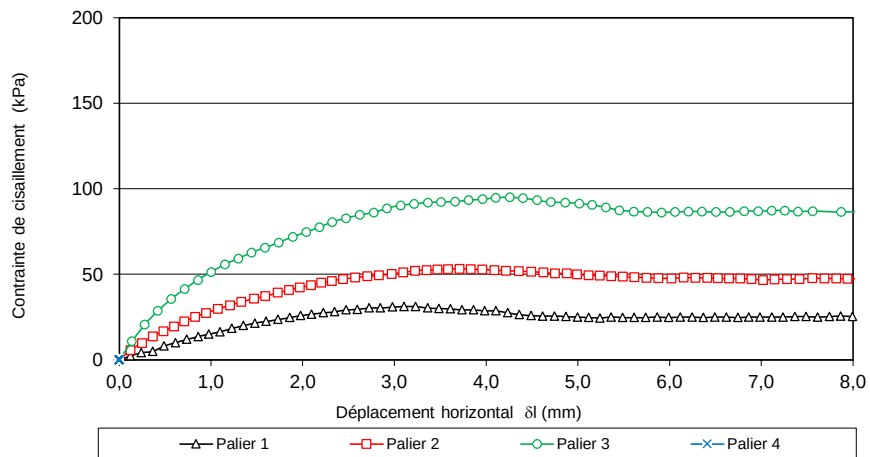
Affaire : RANCHOT

N° : 2402694

Etabli par : JG

|                      |                                                         |                  |           |                                         |                             |
|----------------------|---------------------------------------------------------|------------------|-----------|-----------------------------------------|-----------------------------|
| N° sondage :         | SC7                                                     | Profondeur (m) : | 3,00-3,80 | Nature de l'échantillon :               | Intact — Reconstitué        |
| Date essai :         | 14/05/2024                                              |                  |           | Bague (en mm) :                         | Hauteur : 22,1 Largeur : 60 |
| Nature du matériau : | Limon argileux brun légèrement sableux à rares graviers |                  |           | $\rho_s$ estimée: 2,7 Mg/m <sup>3</sup> |                             |

| N° | Avant essai                   |                               |       |      |       | Après essai | $c'$ (kPa) | T100 (en min) | Vitesse de cisaillement (en mm/min) | Paramètres de résistance au cisaillement |                       |                    |                       |
|----|-------------------------------|-------------------------------|-------|------|-------|-------------|------------|---------------|-------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
|    | $\rho_h$ (g/cm <sup>3</sup> ) | $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> ) | w (%) | e    | $S_R$ | W (%)       |            |               |                                     | $\tau_{f,p}$ (kPa)                       | $\delta l_{f,p}$ (mm) | $\tau_{f,f}$ (kPa) | $\delta l_{f,f}$ (mm) |
| 1  | 1,98                          | 1,52                          | 30,2  | 0,77 | 105,6 | 27,8        | 50         | 3,51<br>2,16  | 0.025                               | 31,11                                    | 3,10                  | 25,00              | 7,00                  |
| 2  | 2,02                          | 1,55                          | 30,1  | 0,74 | 109,6 | 26,6        | 100        |               |                                     | 53,22                                    | 3,71                  | 47,19              | 7,00                  |
| 3  | 1,98                          | 1,51                          | 30,7  | 0,79 | 105,6 | 26,3        | 200        |               |                                     | 95,00                                    | 4,26                  | 87,22              | 7,00                  |
| 4  | -                             | -                             | -     | -    | -     | -           | -          |               |                                     | -                                        | -                     | -                  | -                     |



| Résultats | $c'$ (kPa) |    | $\phi'$ (°) |    |
|-----------|------------|----|-------------|----|
|           | $c'_p$     | 11 | $\phi'_p$   | 23 |
|           | $c'_f$     | 4  | $\phi'_f$   | 23 |

Observations :



# Essai TRIAXIAL

## Consolidé non drainé avec mesure de pression interstitielle Cu+u (NF P 94-074)

Nom: RANCHOT

Date : 05/06/2024

N° Affaire: 2402694

Sondage: SC8

Profondeur: 0.90 à 1.50 m

Opérateur: PAD

 $\rho_s$  estimée: 2,65 Mg/m<sup>3</sup>

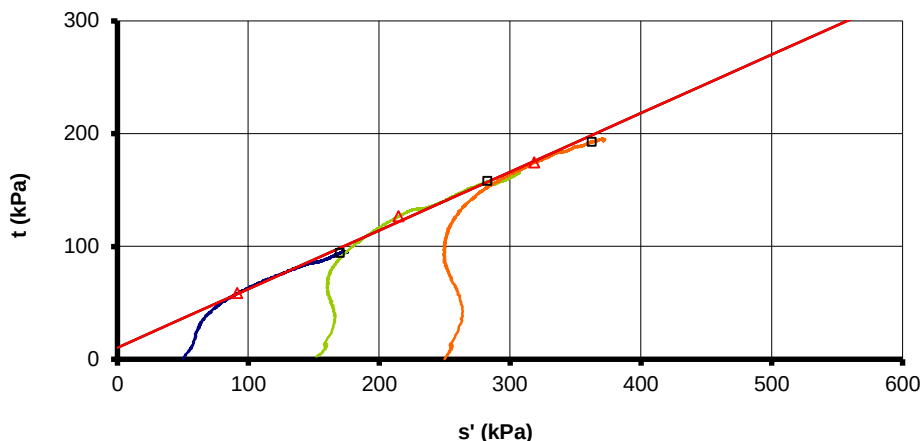
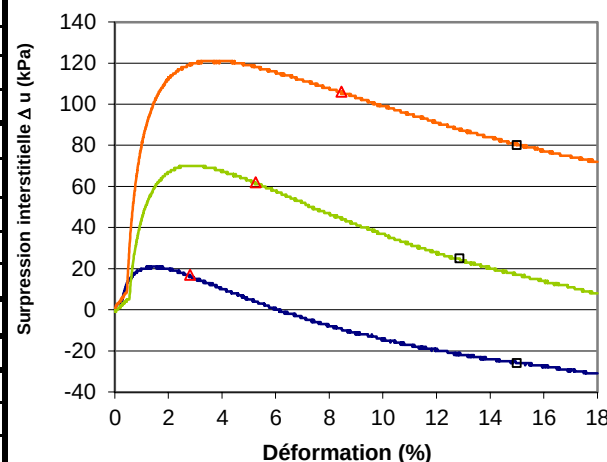
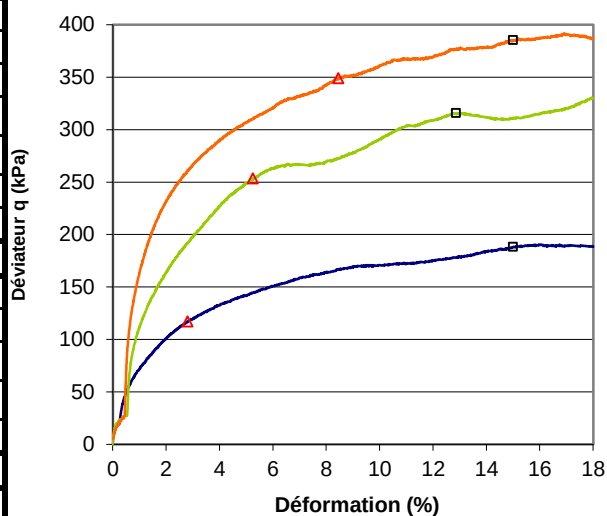
Températures extrêmes : 20°C / 22°C

Nature du terrain: Limon argileux marron légèrement sableux à quelques graviers

| Valeurs initiales |                   | 1     | 2     | 3     | 4 |
|-------------------|-------------------|-------|-------|-------|---|
| Ho                | mm                | 75,70 | 75,90 | 75,90 | - |
| Do                | mm                | 38,00 | 38,00 | 37,90 | - |
| W                 | %                 | 19,6  | 19,8  | 19,5  | - |
| $\rho$            | Mg/m <sup>3</sup> | 2,03  | 2,04  | 2,05  | - |
| $\rho_d$          | Mg/m <sup>3</sup> | 1,70  | 1,70  | 1,72  | - |
| e                 |                   | 0,56  | 0,56  | 0,54  | - |
| Sr                | %                 | 92    | 94    | 95    | - |

| Valeurs après consolidation |                   |      |      |      |   |
|-----------------------------|-------------------|------|------|------|---|
| $\Delta V_s$ consolidation  | mm <sup>3</sup>   | 2327 | 3154 | 5400 | - |
| W                           | %                 | 23,5 | 21,1 | 20,8 | - |
| $\rho$                      | Mg/m <sup>3</sup> | 2,13 | 2,13 | 2,19 | - |
| $\rho_d$                    | Mg/m <sup>3</sup> | 1,72 | 1,76 | 1,81 | - |
| Sr                          | %                 | 115  | 110  | 120  | - |

| Rupture                            |        |       |       |       |   |
|------------------------------------|--------|-------|-------|-------|---|
| $q = (\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ | kPa    | 188   | 316   | 385   | - |
| $\varepsilon_{1f}$                 | %      | 15,00 | 12,86 | 15,00 | - |
| u                                  | kPa    | -26   | 25    | 80    | - |
| s'                                 | kPa    | 170   | 283   | 363   | - |
| t                                  | kPa    | 94    | 158   | 193   | - |
| $q (\sigma'_1/\sigma'_3)_{\max}$   | kPa    | 117   | 253   | 349   | - |
| $\varepsilon_{1f}$                 | %      | 2,81  | 5,25  | 8,46  | - |
| u                                  | kPa    | 17    | 62    | 106   | - |
| s'                                 | kPa    | 91    | 215   | 319   | - |
| t                                  | kPa    | 58    | 127   | 175   | - |
| Vit.cisaillement                   | mm/min | 0,02  | 0,02  | 0,02  | - |
| B                                  |        | 0,98  | 0,96  | 1     | - |
| $\sigma'_c$                        | kPa    | 50    | 150   | 250   | - |
| Ucp                                | kPa    | 850   | 850   | 850   | - |
| T100                               | s      | 3600  | 3214  | 3906  | - |



$C' = 12$  kPa  
 $\phi' = 31$  degrés

Critère  $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ 

$C' = 12$  kPa  
 $\phi' = 31$  degrés

Critère  $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{\max}$

# Essai TRIAXIAL

**Nom:** RANCHOT

**Opérateur:** PAD

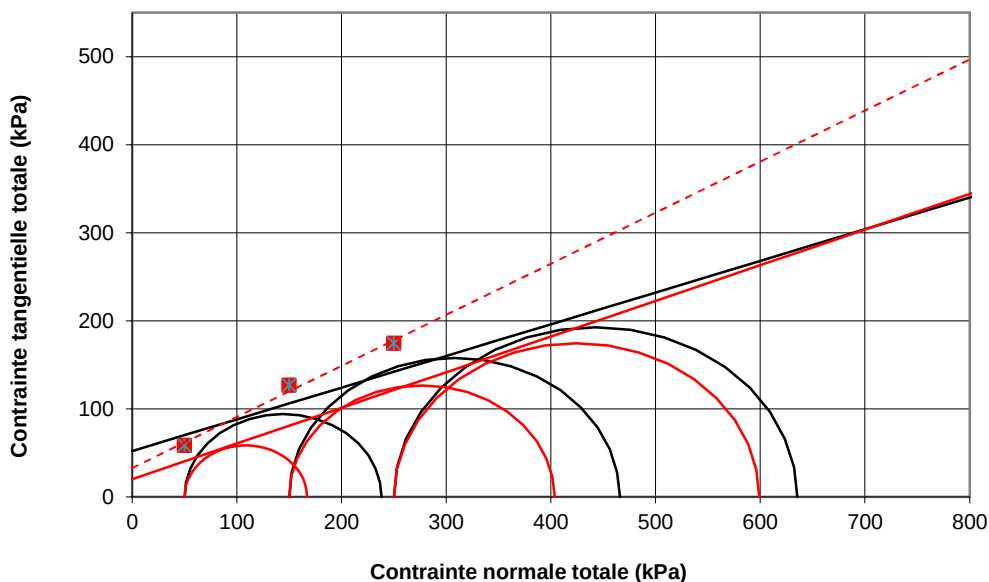
**N° Affaire:** 2402694

**Sondage:** SC8

**Profondeur:** 0.90 à 1.50 m

**Date de réalisation:** 05/06/2024

**Nature de sol:** Limon argileux marron légèrement sableux à quelques graviers



**C<sub>cu</sub> = 52 kPa**

**φ<sub>cu</sub> = 20 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub>)Max**

**C<sub>cu</sub> = 20 kPa**

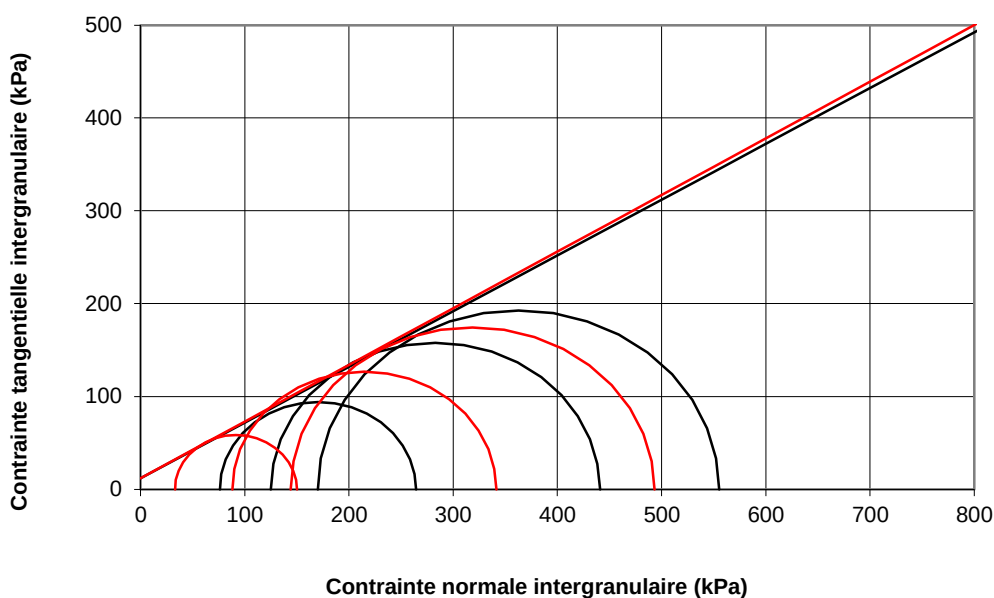
**φ<sub>cu</sub> = 22 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**

**λ<sub>cu</sub> = 0,58**

**C<sub>u0</sub> = 32,90 kPa**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**



**C' = 12 kPa**

**φ' = 31 degrés**

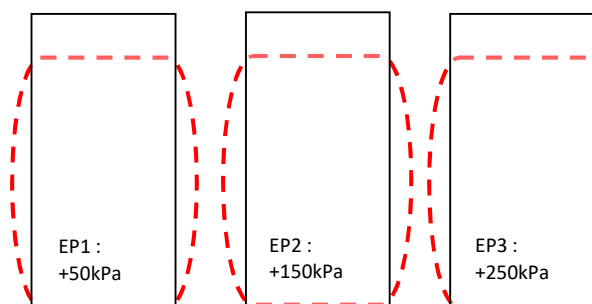
**Critère (σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub>)Max**

**C' = 12 kPa**

**φ' = 31 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**

## Schémas de rupture



..... Déformations observées lors du cisaillement

## Observations :

σ'<sub>vo</sub> (kPa) : 23

u<sub>0</sub> (kPa) : 0

# Essai TRIAXIAL

## Consolidé non drainé avec mesure de pression interstitielle Cu+u (NF P 94-074)

Nom: RANCHOT

Date : 03/06/2024

N° Affaire: 2402694

Sondage: SC9

Profondeur: 1.60 à 3.00 m

Opérateur: PAD

 $\rho_s$  estimée: 2,65 Mg/m<sup>3</sup>

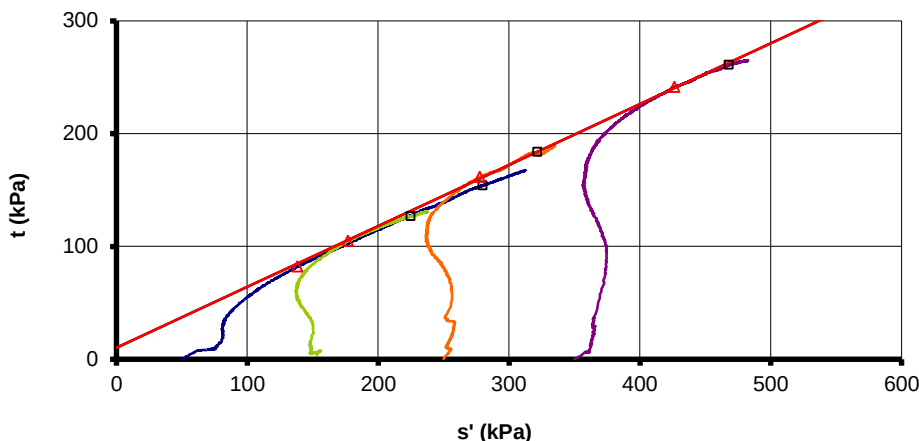
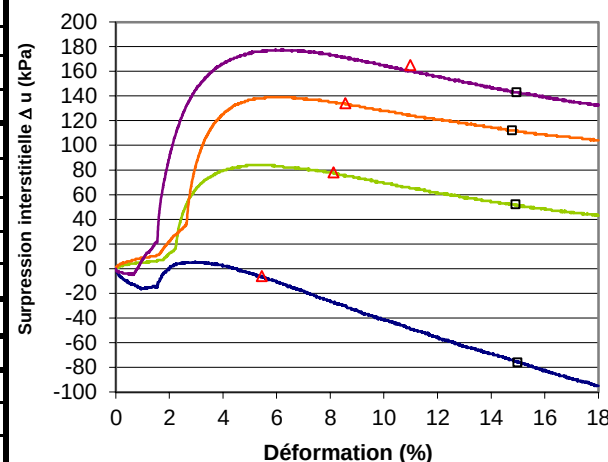
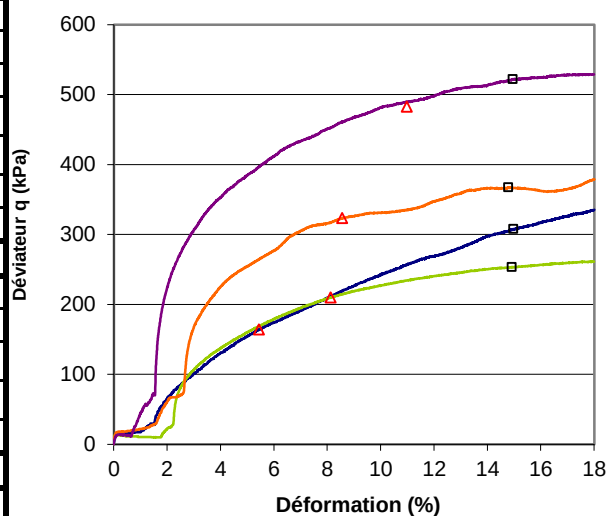
Températures extrêmes : 20°C / 22°C

Nature du terrain: Argile limono-sableuse brune

| Valeurs initiales |                   | 1     | 2     | 3     | 4     |
|-------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Ho                | mm                | 76,00 | 76,00 | 76,00 | 76,00 |
| Do                | mm                | 38,00 | 38,00 | 38,00 | 38,07 |
| W                 | %                 | 27,7  | 27,3  | 27,1  | 27,1  |
| $\rho$            | Mg/m <sup>3</sup> | 1,88  | 1,89  | 1,89  | 1,94  |
| $\rho_d$          | Mg/m <sup>3</sup> | 1,48  | 1,48  | 1,48  | 1,53  |
| e                 |                   | 0,80  | 0,79  | 0,79  | 0,74  |
| Sr                | %                 | 92    | 92    | 91    | 97    |

| Valeurs après consolidation |                   |      |      |      |      |
|-----------------------------|-------------------|------|------|------|------|
| $\Delta V_s$ consolidation  | mm <sup>3</sup>   | -    | 5632 | 6051 | 6831 |
| W                           | %                 | 26,6 | 28,1 | 27,1 | 22,3 |
| $\rho$                      | Mg/m <sup>3</sup> | -    | 2,01 | 2,01 | 2,04 |
| $\rho_d$                    | Mg/m <sup>3</sup> | -    | 1,57 | 1,58 | 1,67 |
| Sr                          | %                 | 100  | 108  | 106  | 101  |

| Rupture                            |        |       |       |       |       |
|------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| $q = (\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ | kPa    | 308   | 254   | 368   | 522   |
| $\varepsilon_{1f}$                 | %      | 14,98 | 14,92 | 14,78 | 14,95 |
| u                                  | kPa    | -76   | 52    | 112   | 143   |
| s'                                 | kPa    | 280   | 225   | 322   | 468   |
| t                                  | kPa    | 154   | 127   | 184   | 261   |
| $q (\sigma'_1/\sigma'_3)_{\max}$   | kPa    | 164   | 210   | 323   | 483   |
| $\varepsilon_{1f}$                 | %      | 5,44  | 8,13  | 8,56  | 10,99 |
| u                                  | kPa    | -6    | 78    | 134   | 165   |
| s'                                 | kPa    | 138   | 177   | 278   | 426   |
| t                                  | kPa    | 82    | 105   | 162   | 241   |
| Vit.cisaillement                   | mm/min | 0,026 | 0,026 | 0,026 | 0,026 |
| B                                  |        | 0,94  | 0,98  | 0,96  | 0,98  |
| $\sigma'_c$                        | kPa    | 50    | 150   | 250   | 350   |
| Ucp                                | kPa    | 850   | 850   | 850   | 850   |
| T100                               | s      | -     | 4096  | 4515  | 3600  |



C' = 12 kPa

 $\phi' = 33$  degrésCritère  $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ 

C' = 12 kPa

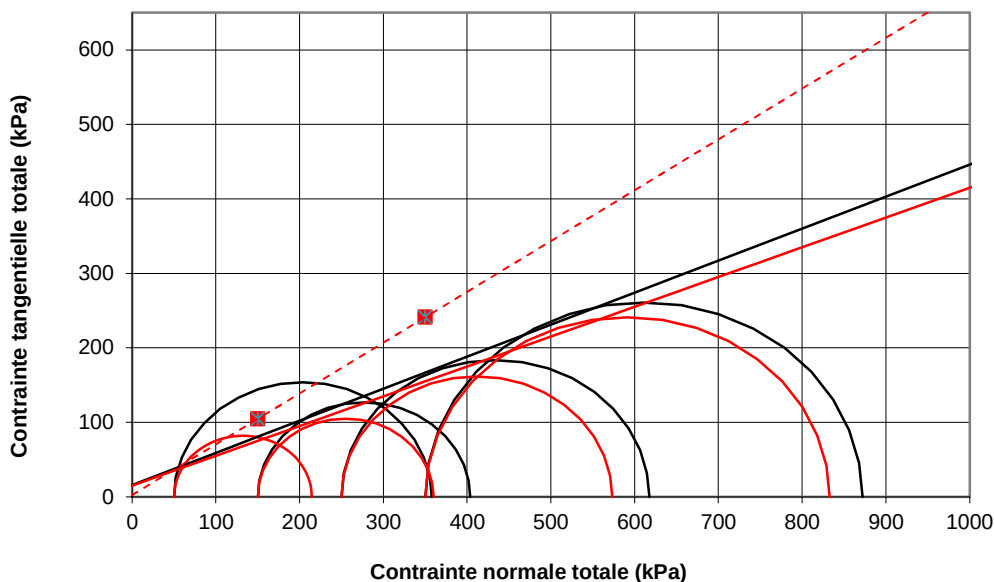
 $\phi' = 33$  degrésCritère  $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{\max}$

# Essai TRIAXIAL

**Nom:** RANCHOT  
**N° Affaire:** 2402694  
**Sondage:** SC9  
**Profondeur:** 1.60 à 3.00 m  
**Nature de sol:** Argile limono-sableuse brune

**Opérateur:** PAD

**Date de réalisation:** 03/06/2024



**Ccu = 16** kPa

**φcu = 23** degrés

**Critère (σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub>)Max**

**Ccu = 15** kPa

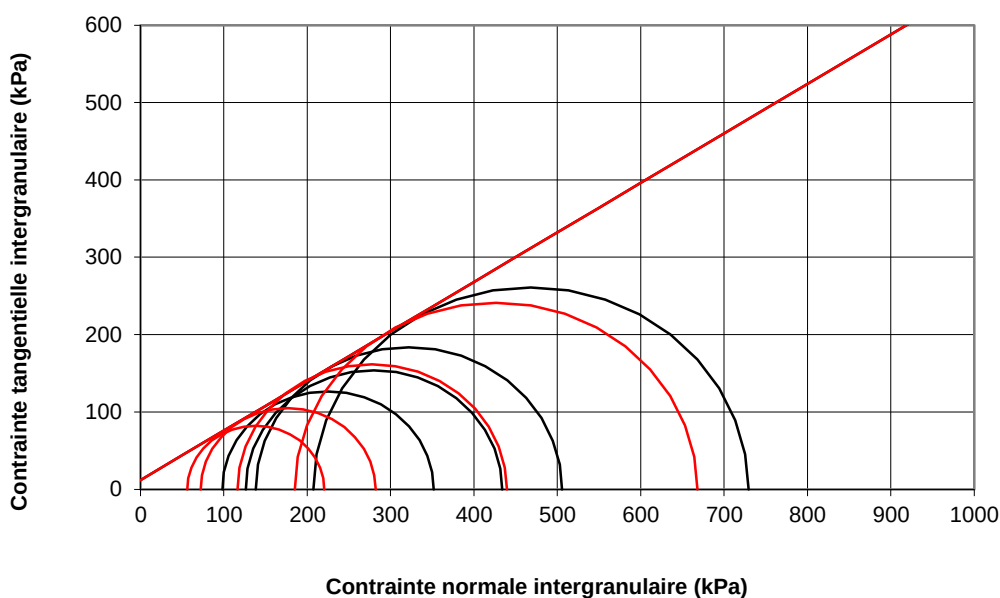
**φcu = 22** degrés

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**

**λcu = 0,68**

**Cu0 = 2,65** kPa

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**



**C' = 12** kPa

**φ' = 33** degrés

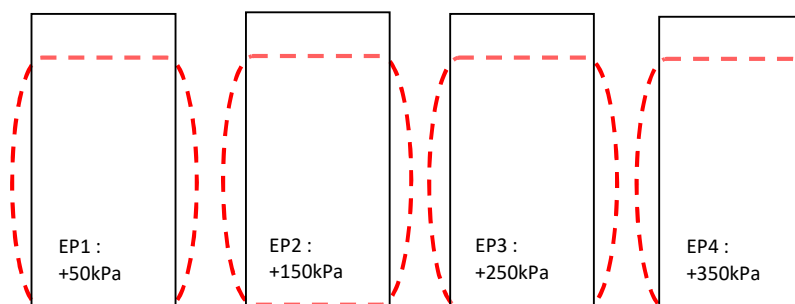
**Critère (σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub>)Max**

**C' = 12** kPa

**φ' = 33** degrés

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**

## Schémas de rupture



..... Déformations observées lors du cisaillement

## Observations :

σ'vo (kPa) : 43

u<sub>0</sub> (kPa) : 0



DETERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS

(NF EN ISO 17892-2)

Méthode à la Trousse Coupante

|                          |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| AFFAIRE                  | 2402694    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| SITE                     | RANCHOT    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Date                     | 27/05/2024 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Opérateur                | BP         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| T°C de séchage           | 105°C      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| T°C de la salle d'essais | 22°C       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

| Sondage | Profondeur    | Description                                  | W%<br>(NF EN ISO 17892-1) | Masse volumique humide<br>ph (g/cm <sup>3</sup> ) | Masse volumique sèche<br>pd (g/cm <sup>3</sup> ) | Masse volumique des grains<br>ps (g/cm <sup>3</sup> ) | Indice des vides<br>e | Porosité<br>n | Saturation<br>Sr (%) |
|---------|---------------|----------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------|---------------|----------------------|
| SC1     | 1,90 - 3,00 m | Limon sablo-argileux brun                    | 23,2                      | 1,91                                              | 1,55                                             | 2,70                                                  | 0,74                  | 0,43          | 84                   |
| SC2     | 4,50 - 4,90 m | Limon sableux gris noir légèrement argileux  | 41,6                      | 1,72                                              | 1,22                                             | 2,70                                                  | 1,22                  | 0,55          | 92                   |
| SC7     | 1,50 - 2,15 m | Limon argileux brun beige légèrement sableux | 33,5                      | 1,85                                              | 1,38                                             | 2,70                                                  | 0,95                  | 0,49          | 95                   |
| SC8     | 2,30 - 3,00 m | Limon argileux brun beige légèrement sableux | 24,0                      | 2,02                                              | 1,63                                             | 2,70                                                  | 0,65                  | 0,40          | 99                   |
|         |               |                                              |                           |                                                   |                                                  |                                                       |                       |               |                      |
|         |               |                                              |                           |                                                   |                                                  |                                                       |                       |               |                      |
|         |               |                                              |                           |                                                   |                                                  |                                                       |                       |               |                      |
|         |               |                                              |                           |                                                   |                                                  |                                                       |                       |               |                      |
|         |               |                                              |                           |                                                   |                                                  |                                                       |                       |               |                      |
|         |               |                                              |                           |                                                   |                                                  |                                                       |                       |               |                      |

|              |                                                                           |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Observations | Les valeurs de ps indiquées en italique ont été mesurées et non estimées. |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------|



|                                                                                                                        |                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE | ESSAI POUR DETERMINER LES PROPRIETES PHYSIQUES DES ROCHES :<br>Détermination de la Masse Volumique<br>Méthode Géométrique (NF P 94-410-2) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                          |            |  |  |
|--------------------------|------------|--|--|
| AFFAIRE                  | 2402694    |  |  |
| SITE                     | RANCHOT    |  |  |
| Date de prélèvement      | -          |  |  |
| Date de l'essai          | 10/06/2024 |  |  |
| Opérateur                | R.B        |  |  |
| T°C de la salle d'essais | 20°C       |  |  |

| Sondage | Profondeur    | Description | W%<br>(NF P 94-410-1) | Masse volumique<br>sèche pd (g/cm³) |
|---------|---------------|-------------|-----------------------|-------------------------------------|
| SC3     | 2,40 - 2,65 m | Béton       | 4,1                   | 2,28                                |
| SC4     | 1,40 - 1,70 m | Béton       | 5,4                   | 2,23                                |
| SC5     | 0,50 - 0,80 m | Béton       | 4,9                   | 2,25                                |
|         |               |             |                       |                                     |
|         |               |             |                       |                                     |
|         |               |             |                       |                                     |
|         |               |             |                       |                                     |
|         |               |             |                       |                                     |
|         |               |             |                       |                                     |
|         |               |             |                       |                                     |

|              |  |
|--------------|--|
| Observations |  |
|--------------|--|

## Annexe 4 – Calculs de stabilité

# Données du projet

Type d'application : Calcul de stabilité classique

Numéro d'affaire : 240269401

Titre du calcul : RANCHOT\_Berge RD\_Enrochements

Lieu : Bief 61-62

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m³

γw : 10.0

Points

|    | X       | Y       |    | X       | Y       |    | X       | Y       |    | X       | Y       |    | X       | Y       |    | X       | Y       |
|----|---------|---------|----|---------|---------|----|---------|---------|----|---------|---------|----|---------|---------|----|---------|---------|
| 1  | -20,000 | 213,010 | 2  | -12,090 | 213,010 | 3  | -10,710 | 212,780 | 4  | -9,030  | 210,870 | 5  | -7,350  | 209,400 | 6  | -0,120  | 207,850 |
| 7  | 20,000  | 207,850 | 8  | -14,000 | 213,010 | 9  | -11,500 | 213,010 | 10 | -17,000 | 213,010 | 11 | -20,000 | 208,800 | 12 | -11,500 | 208,800 |
| 13 | -11,200 | 212,780 | 14 | -6,200  | 207,780 | 15 | -9,710  | 212,780 | 16 | -4,700  | 207,780 | 18 | -6,830  | 208,410 | 19 | -4,283  | 208,197 |
| 20 | -3,834  | 208,646 | 22 | -6,052  | 209,122 | 23 | -8,710  | 212,780 | 25 | -4,779  | 208,849 | 26 | -9,210  | 212,780 | 28 | -5,416  | 208,986 |
| 29 | -20,000 | 209,750 | 31 | -8,170  | 209,750 | 32 | -7,750  | 209,750 | 33 | -14,200 | 213,010 | 34 | -14,000 | 212,300 | 36 | -10,720 | 212,300 |
| 37 | -10,288 | 212,300 |    |         |         |    |         |         |    |         |         |    |         |         |    |         |         |

Segments

|    | Point 1 | Point 2 |    | Point 1 | Point 2 |    | Point 1 | Point 2 |    | Point 1 | Point 2 |    | Point 1 | Point 2 |    | Point 1 | Point 2 |    | Point 1 | Point 2 |
|----|---------|---------|----|---------|---------|----|---------|---------|----|---------|---------|----|---------|---------|----|---------|---------|----|---------|---------|
| 1  | 1       | 10      | 3  | 8       | 2       | 4  | 2       | 9       | 5  | 9       | 3       | 9  | 6       | 7       | 10 | 11      | 12      | 12 | 9       | 15      |
| 13 | 9       | 13      | 15 | 18      | 12      | 17 | 18      | 14      | 18 | 14      | 16      | 19 | 16      | 19      | 20 | 19      | 18      | 21 | 19      | 6       |
| 22 | 19      | 20      | 24 | 20      | 6       | 26 | 15      | 22      | 28 | 22      | 5       | 30 | 23      | 25      | 32 | 25      | 20      | 33 | 15      | 26      |
| 34 | 23      | 26      | 35 | 26      | 28      | 36 | 28      | 25      | 37 | 28      | 22      | 38 | 29      | 31      | 40 | 31      | 18      | 41 | 31      | 32      |
| 42 | 32      | 4       | 43 | 32      | 5       | 44 | 10      | 33      | 45 | 8       | 33      | 46 | 33      | 34      | 47 | 34      | 36      | 48 | 36      | 31      |
| 49 | 36      | 13      | 50 | 36      | 37      | 51 | 37      | 3       | 52 | 37      | 4       |    |         |         |    |         |         |    |         |         |

Couches de sol

|   | Nom                             | Couleur | γ    | φ     | c    | Δc  | qs,clou | pmax | ks×B | Anisotropie | Favorable | Coefficients de sécurité spécifiques |
|---|---------------------------------|---------|------|-------|------|-----|---------|------|------|-------------|-----------|--------------------------------------|
| 1 | Limon argileux +/- graveleux LT |         | 19,0 | 27,00 | 5,0  | 0,0 | -       | -    | -    | Non         | Non       | Non                                  |
| 2 | Calcaire +/- fracturé           |         | 22,0 | 35,00 | 25,0 | 0,0 | -       | -    | -    | Non         | Non       | Non                                  |
| 3 | Enrochements                    |         | 22,0 | 45,00 | 0,0  | 0,0 | -       | -    | -    | Non         | Non       | Non                                  |
| 4 | Remblai granulaire              |         | 20,0 | 35,00 | 0,0  | 0,0 | -       | -    | -    | Non         | Non       | Non                                  |
| 5 | Limon argileux +/- graveleux CT |         | 19,0 | 25,00 | 10,0 | 0,0 | -       | -    | -    | Non         | Non       | Non                                  |

Couches de sol (cont.)

|   | Nom                             | Couleur | Γγ | Γc | Γtan(φ) | Type de cohésion | Courbe   | Écoulement dans le sol | kh | kv |
|---|---------------------------------|---------|----|----|---------|------------------|----------|------------------------|----|----|
| 1 | Limon argileux +/- graveleux LT |         | -  | -  | -       | Effective        | Linéaire | Non                    | -  | -  |
| 2 | Calcaire +/- fracturé           |         | -  | -  | -       | Effective        | Linéaire | Non                    | -  | -  |
| 3 | Enrochements                    |         | -  | -  | -       | Effective        | Linéaire | Non                    | -  | -  |
| 4 | Remblai granulaire              |         | -  | -  | -       | Effective        | Linéaire | Non                    | -  | -  |
| 5 | Limon argileux +/- graveleux CT |         | -  | -  | -       | Non drainée      | Linéaire | Non                    | -  | -  |

Surcharges réparties

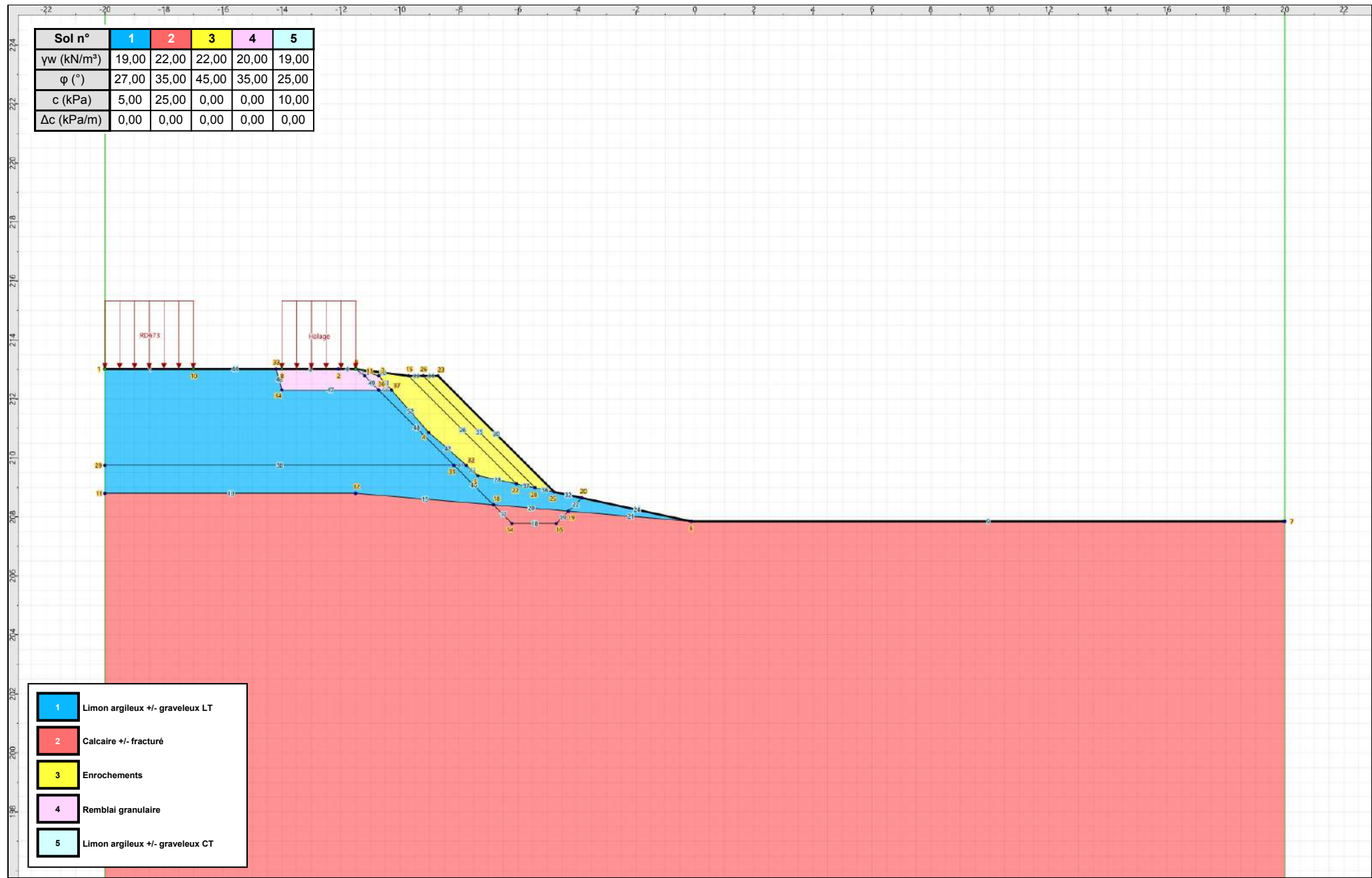
|   | Nom    | X gauche | Y gauche | q gauche | X droite | Y droite | q droite | Ang/horizontale |
|---|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|
| 1 | RD673  | -20,000  | 213,010  | 20,0     | -17,000  | 213,010  | 20,0     | 90,00           |
| 2 | Halage | -14,000  | 213,010  | 20,0     | -11,500  | 213,010  | 20,0     | 90,00           |

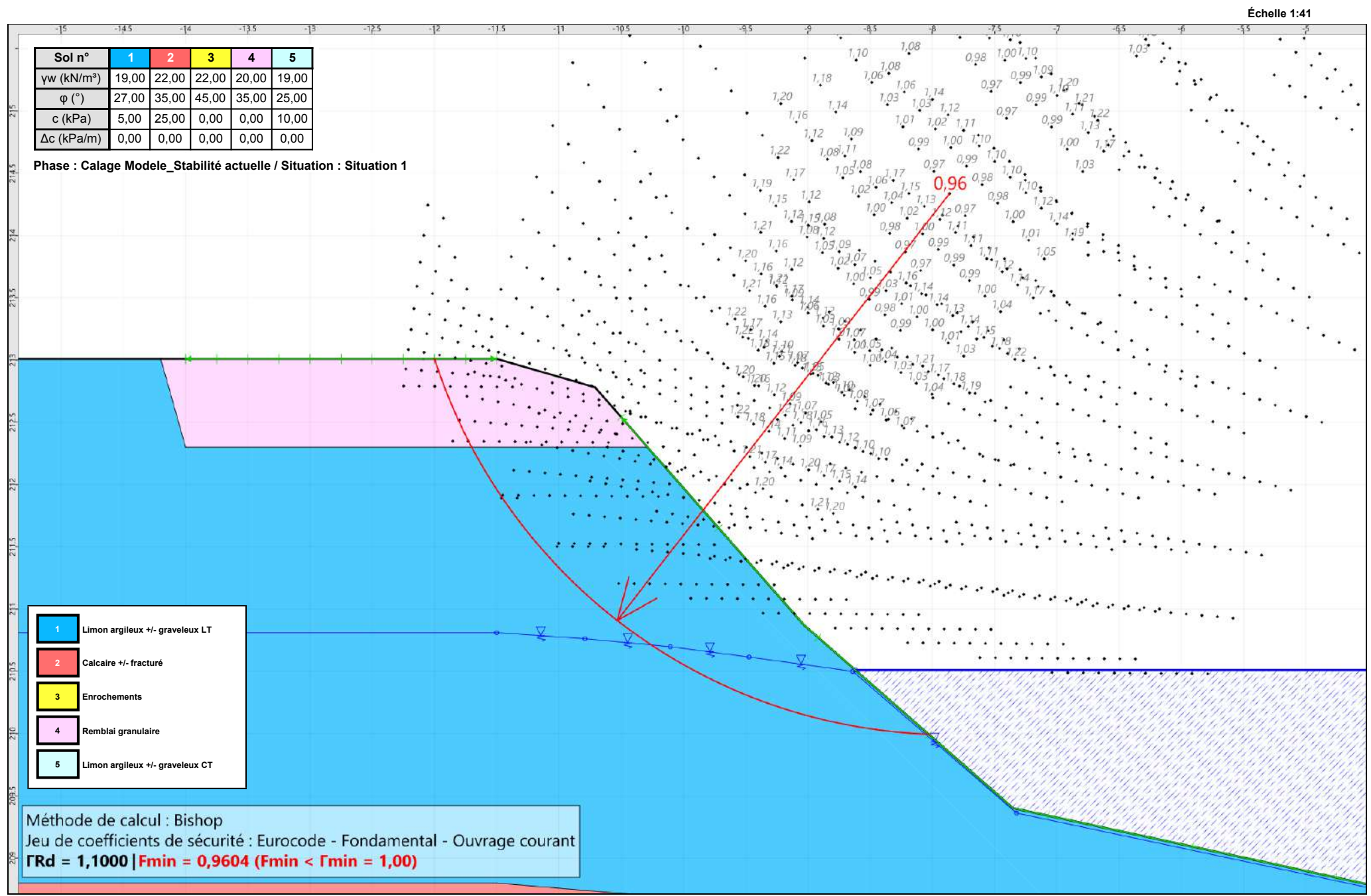


Talren v6  
v6.2.19

Imprimé le : 16 juil. 2025 13:55:22  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : RANCHOT\_Berge RD\_Enrochements

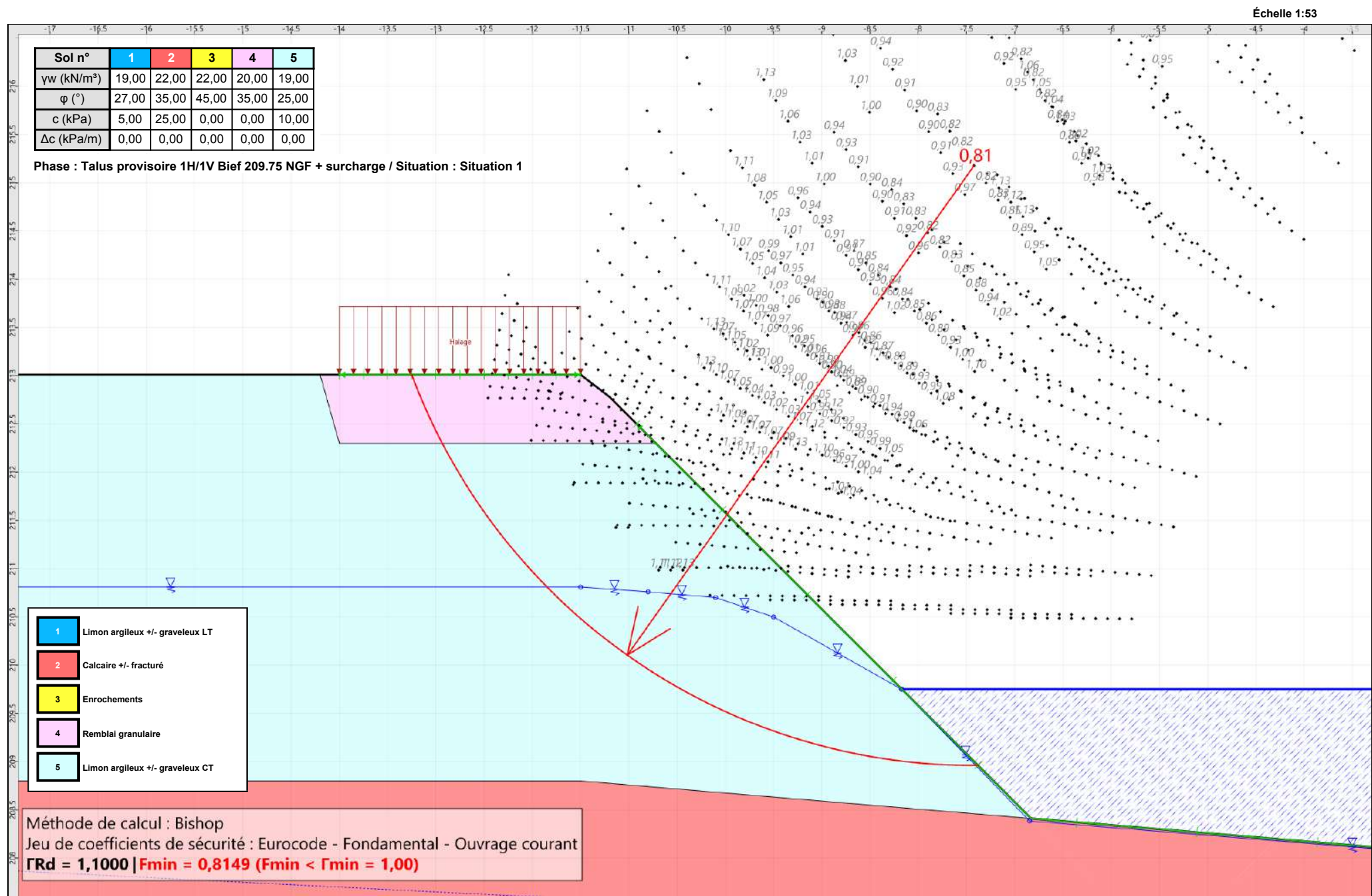
Échelle 1:173



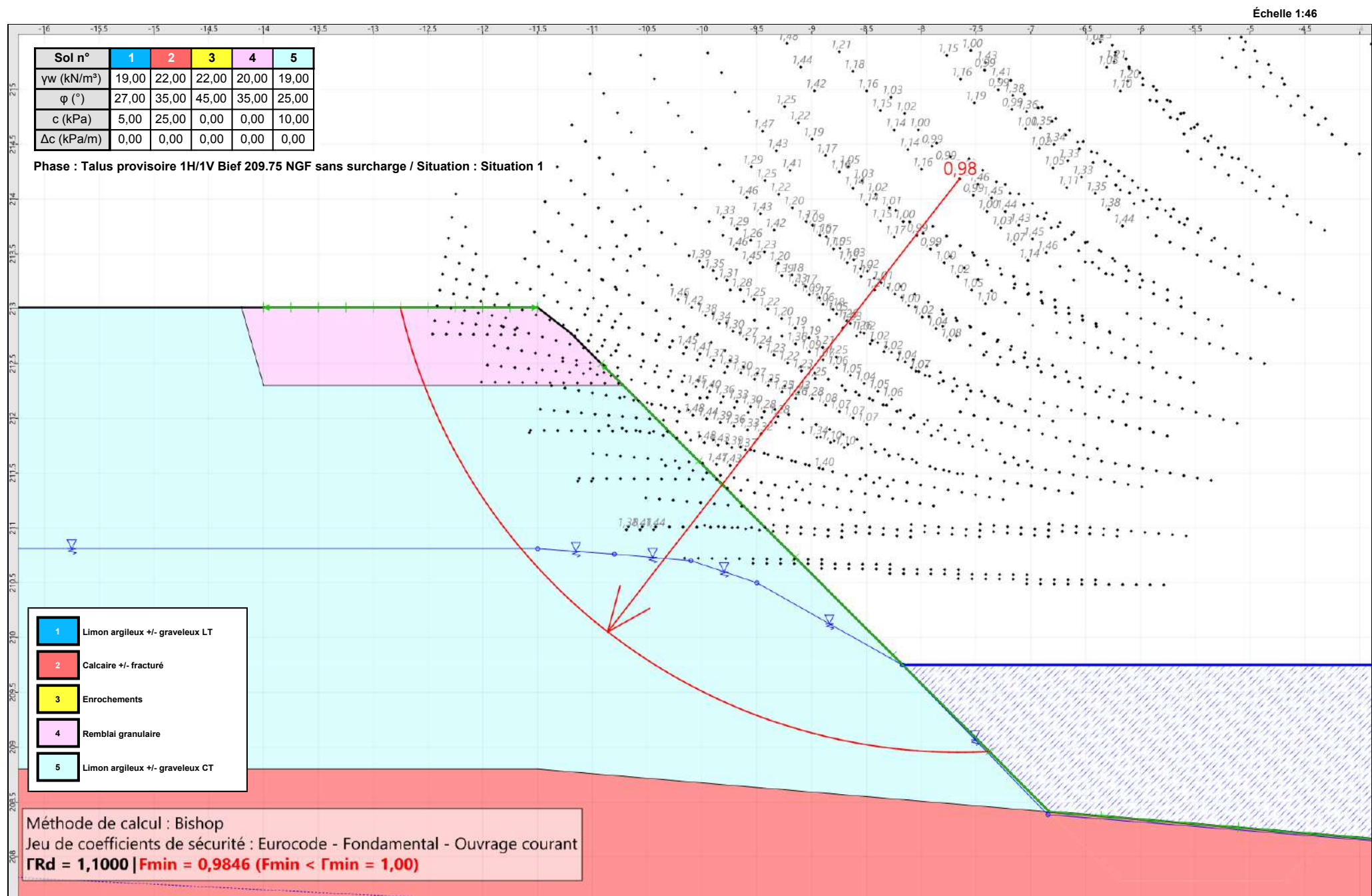


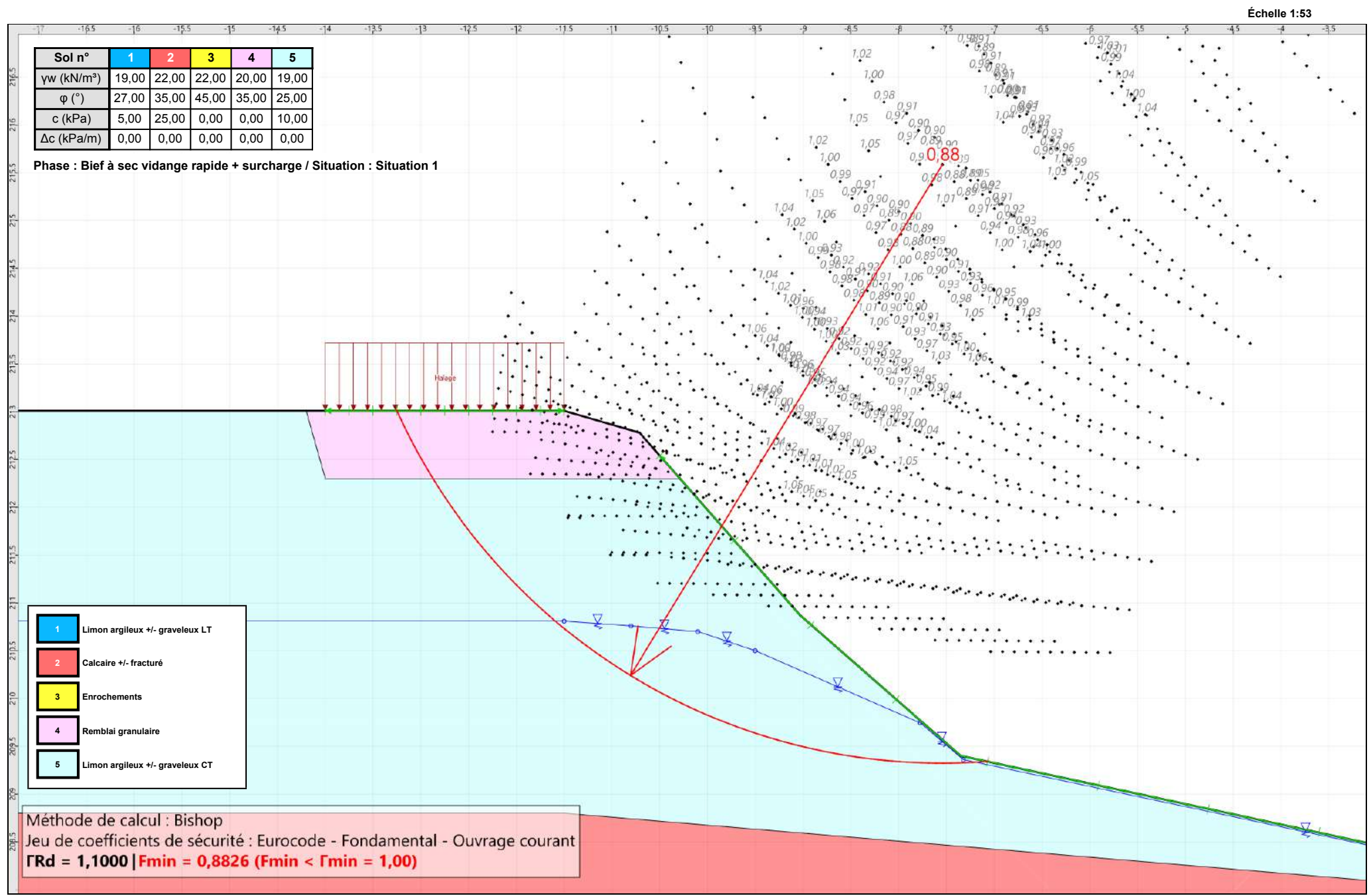


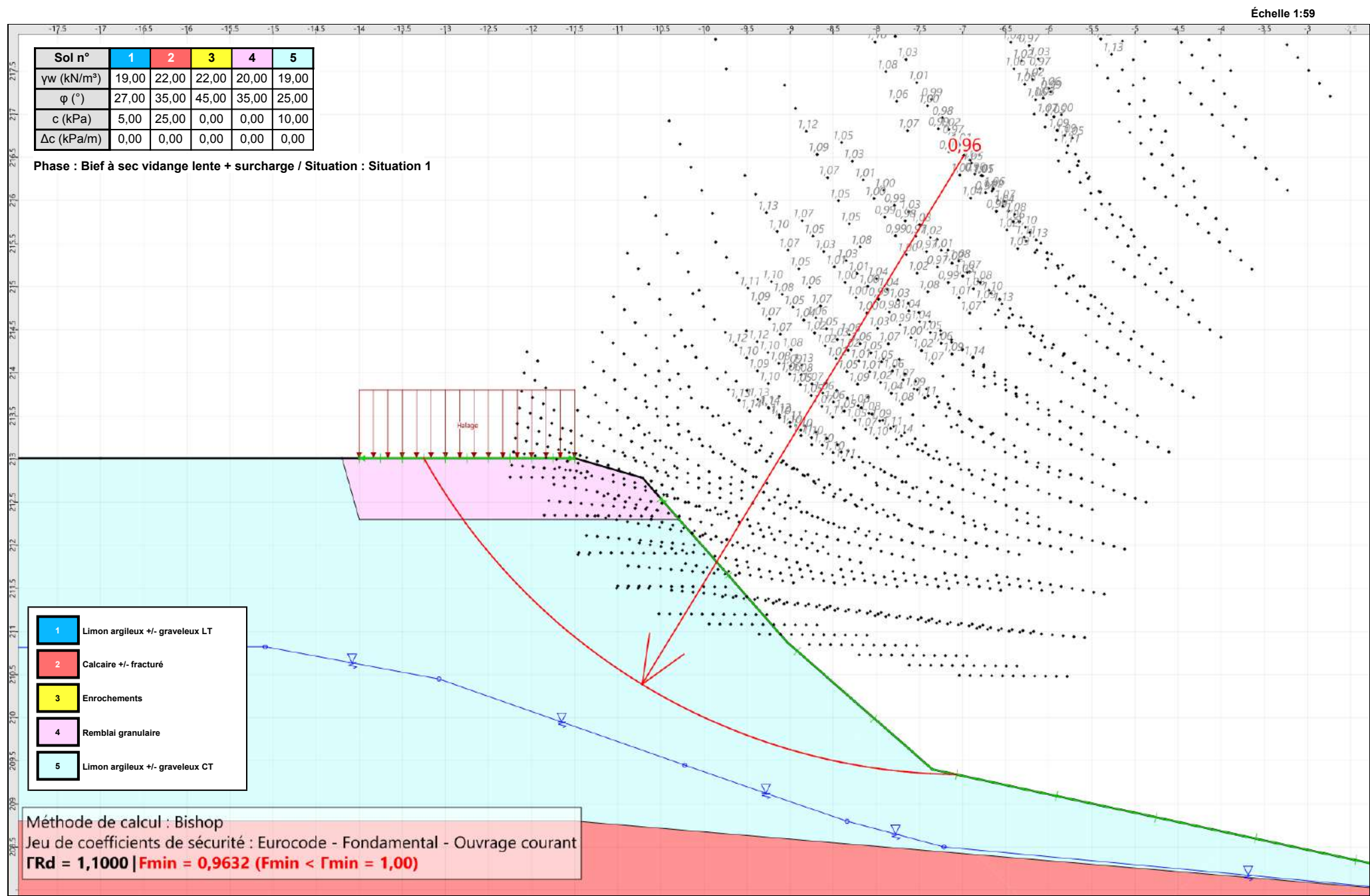






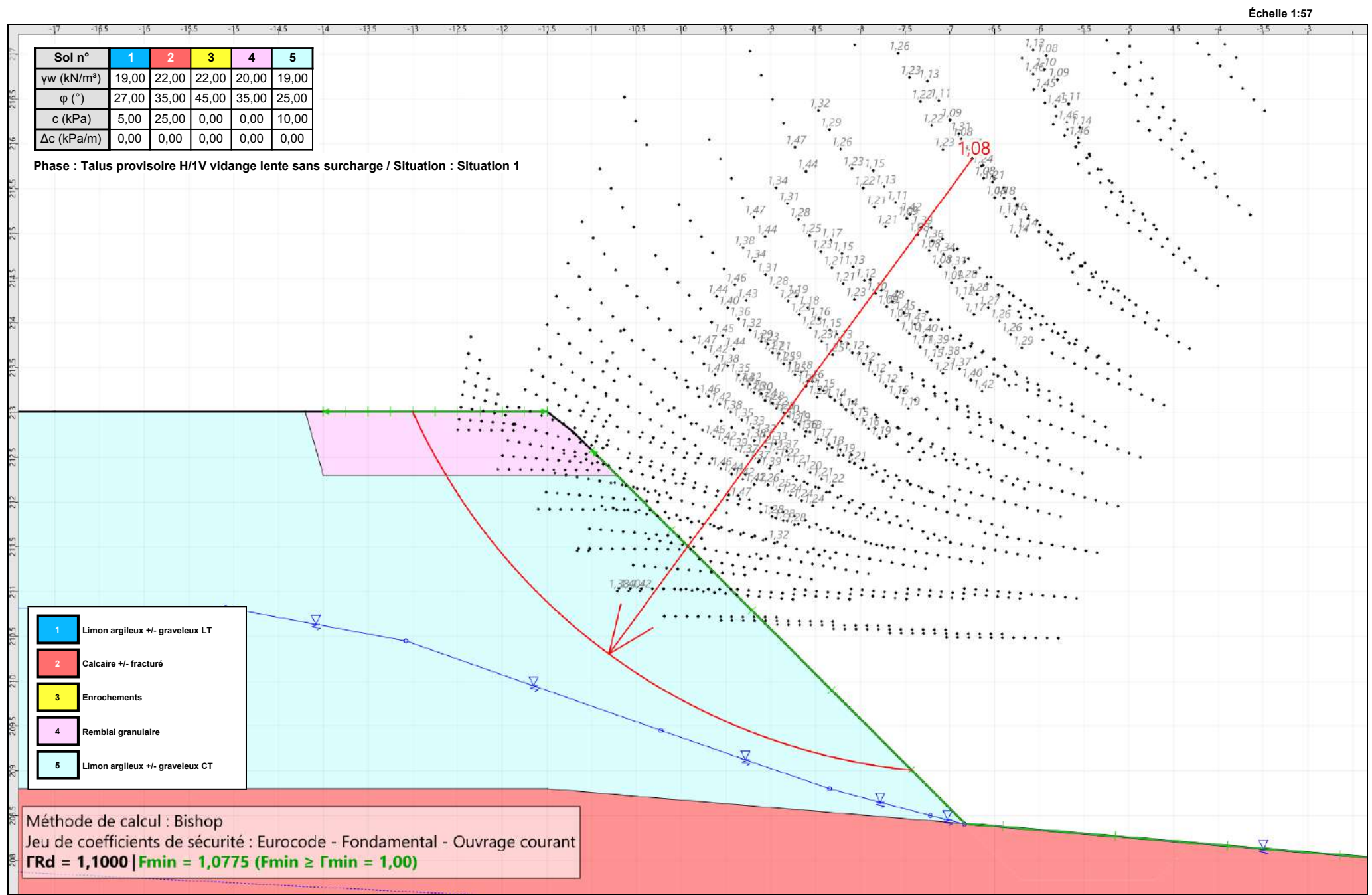


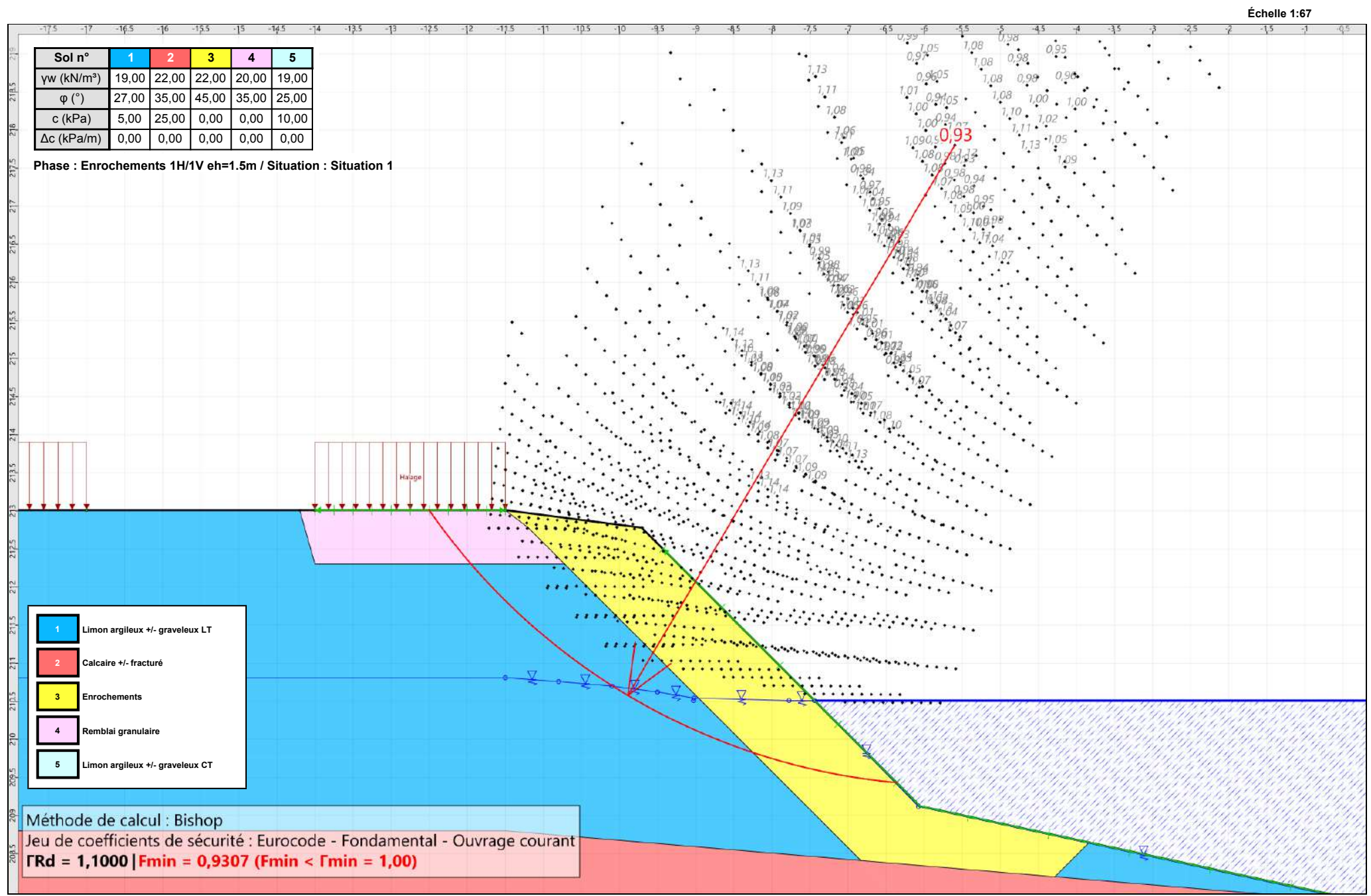




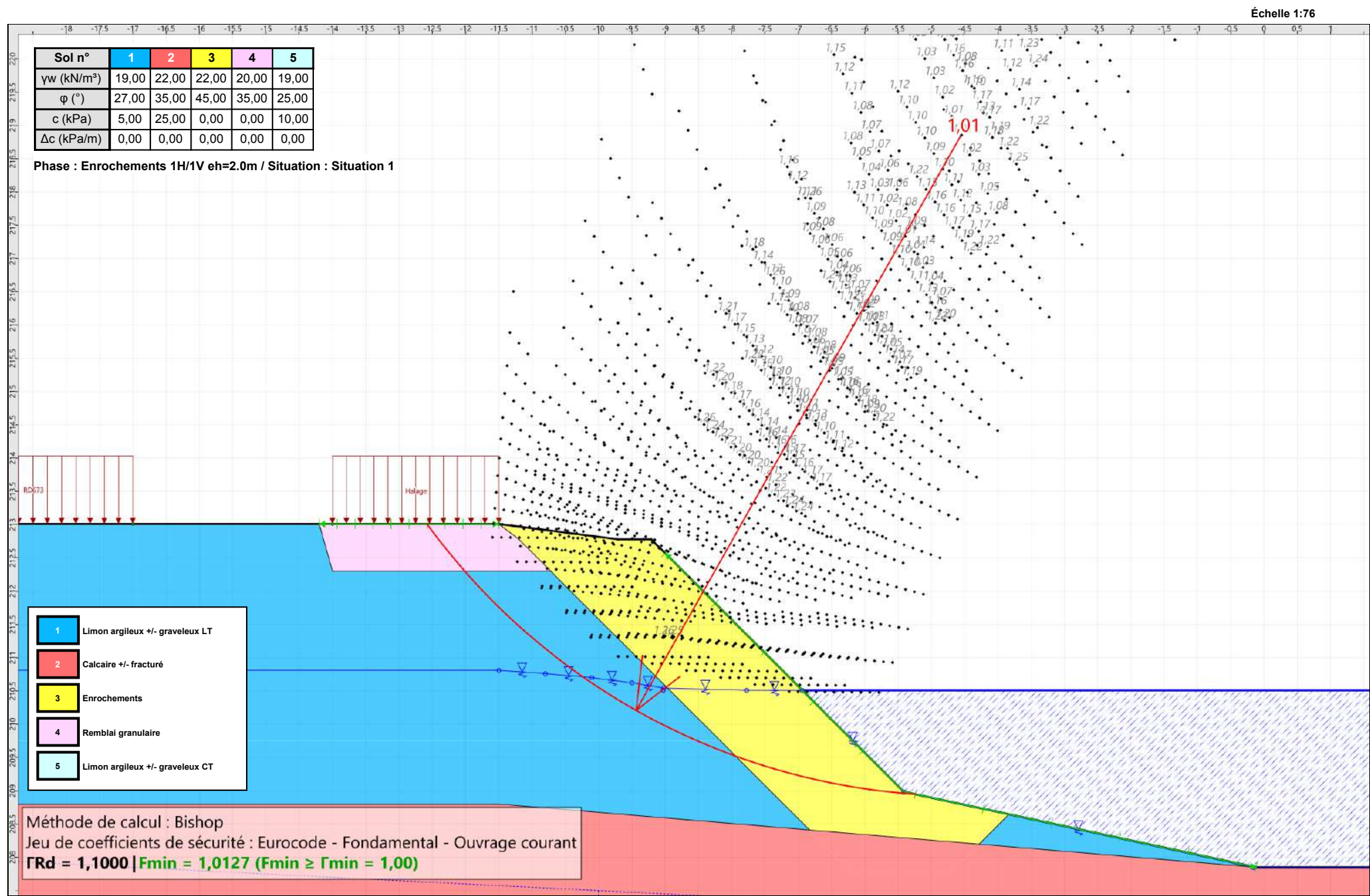




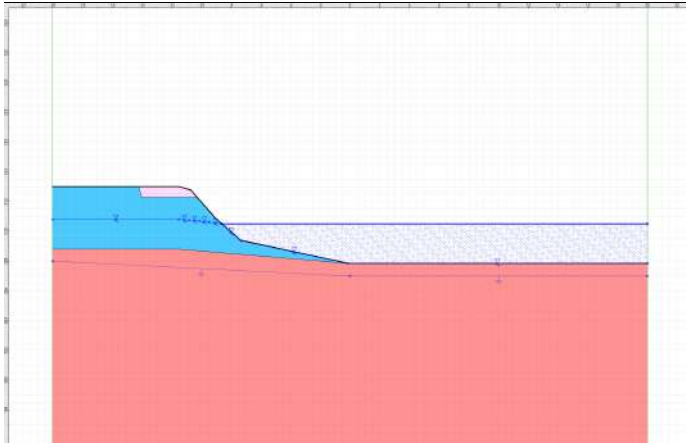




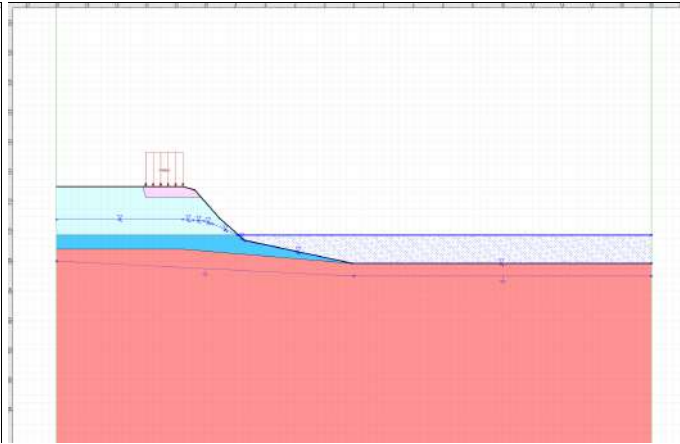




# Schéma de phasage



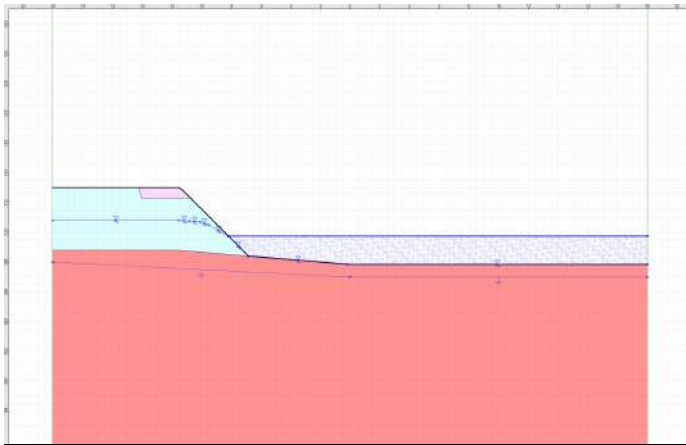
Phase 1: Calage Modele\_Stabilité actuelle



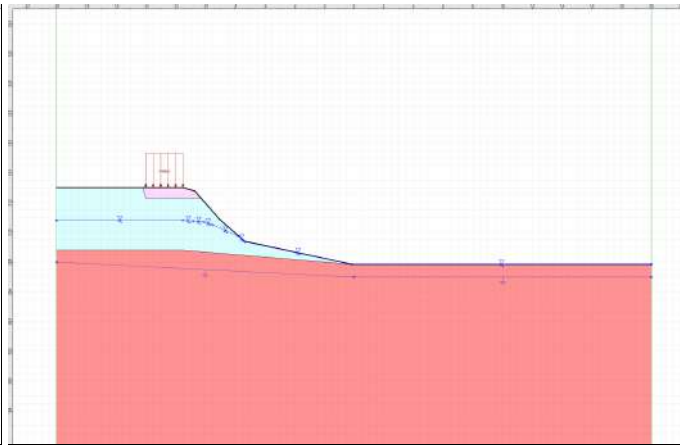
Phase 2: Abaissement Bief à 209.75NGF + surcharge



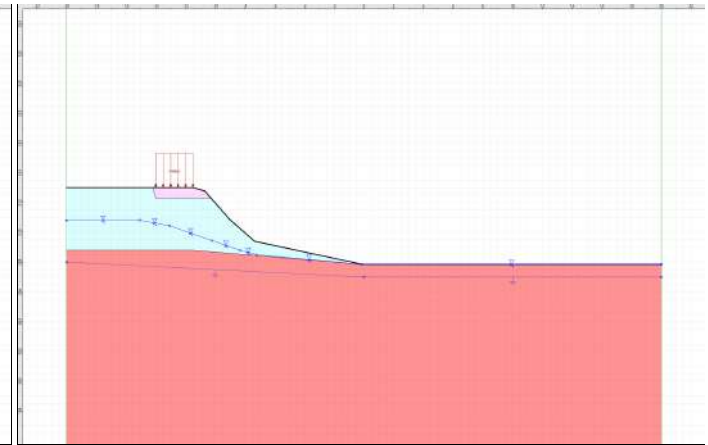
Phase 3: Talus provisoire 1H/1V Bief 209.75 NGF + surcharge



Phase 4: Talus provisoire 1H/1V Bief 209.75 NGF sans surcharge



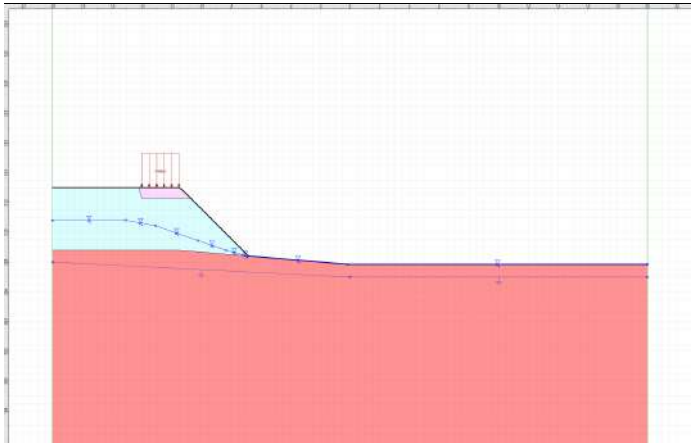
Phase 5: Bief à sec vidange rapide + surcharge



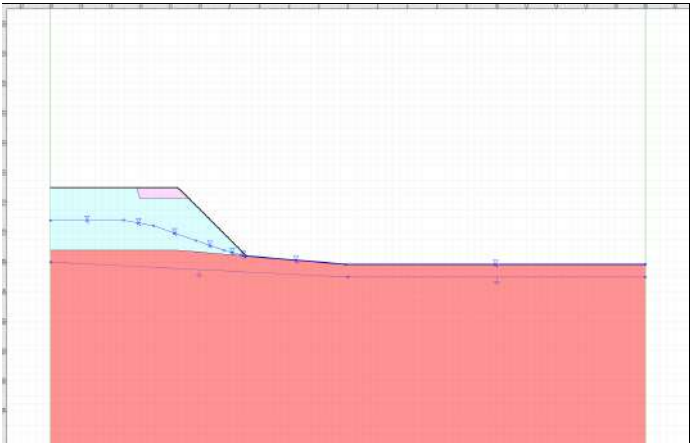
Phase 6: Bief à sec vidange lente + surcharge



# Schéma de phasage



Phase 7: Talus provisoire H/1V vidange lente + surcharge



Phase 8: Talus provisoire H/1V vidange lente sans surcharge



Phase 9: Enrochements 1H/1V eh=1.5m



Phase 10: Enrochements 1H/1V eh=2.0m



GROUPE

**GÉOTEC**

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE



www  
geotec.fr



Groupe  
Géotec



Groupe  
Géotec