

## Direction des Routes

—  
**Service des Etudes et  
Maîtrise d'Œuvre Travaux SUD**

1 Espace Pégot BP 40159

31804 SAINT-GAUDENS

Tél: 05.62.00.25.30

Email : [Routes-Semots@cd31.fr](mailto:Routes-Semots@cd31.fr)



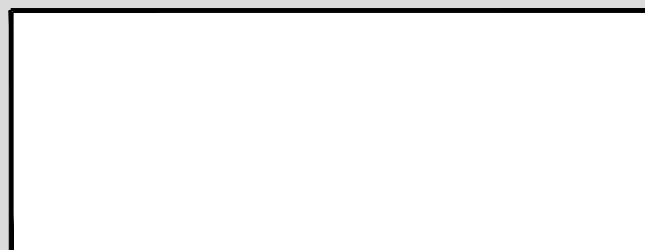
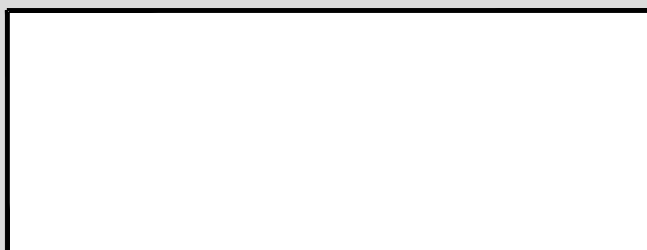
Route  
Départementale  
N°9g

—  
Commune de Lespuge

—  
Les gorges de la Save

—  
CONVENTION AUTORISANT  
L'OCCUPATION D'UNE PROPRIÉTÉ  
PRIVÉE POUR RÉALISATION DE  
TRAVAUX PUBLICS ET ENTRETIEN  
ULTÉRIEUR D'OUVRAGES PUBLICS

Annexe 3





## **Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 LESPUGUE (31)**

### **Stratégie de sécurisation visant à rouvrir le site des Gorges de la Save en "voie douce"**

#### **ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION – PHASE PROJET (G2 PRO) RAPPORT**

Dossier : STL1.O.M055.0021  
Novembre 2025



Agence de Limoges • 117 Rue de Nexon – 87000 Limoges  
Tél. : +33(0)5 55 30 80 80 • E-mail : [cebtp.limoges@groupe-cebtp.com](mailto:cebtp.limoges@groupe-cebtp.com)



*CONSEIL DEPARTEMENTAL DE HAUTE-GARONNE*

**TRONÇON 1 DES GORGES DE LA SAVE – ANCIENNE RD 9G PR 1+624 A 2+285  
STRATEGIE DE SECURISATION VISANT A ROUVRIRE LE SITE DES GORGES DE LA SAVE EN  
"VOIE DOUCE"**

LESPUGUE (31)

**RAPPORT – ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION – PHASE PROJET (G2 PRO)**

| Dossier : STL1.O.M055.0021 |          |                    | Réf. rapport :                                                                      |                     |                                                                                      | Contrat :             |              |
|----------------------------|----------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|
| Indice                     | Date     | Chargé d'affaire   | Visa                                                                                | Vérifié par         | Visa                                                                                 | Contenu               | Observations |
| 1                          | 25/11/25 | LAURENT<br>Dimitri |  | PUYRAIMOND<br>Jimmy |  | 53 pages<br>+ Annexes |              |

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.

## Sommaire

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introduction .....</b>                                                     | <b>6</b>  |
| <b>2. Rappel du contexte de l'étude .....</b>                                    | <b>8</b>  |
| 2.1. Plans de situation.....                                                     | 8         |
| 2.2. Périmètre et limites de l'étude .....                                       | 9         |
| 2.3. Géologie.....                                                               | 9         |
| 2.4. Sismicité.....                                                              | 9         |
| 2.5. Hydrologie .....                                                            | 9         |
| 2.6. Morphologie .....                                                           | 10        |
| <b>3. Rappel de l'historique du site .....</b>                                   | <b>12</b> |
| 3.1. Evénements survenus.....                                                    | 12        |
| 3.2. Études réalisées .....                                                      | 12        |
| 3.3. Travaux réalisés.....                                                       | 16        |
| <b>4. Stratégie de sécurisation.....</b>                                         | <b>17</b> |
| 4.1. Travaux spéciaux .....                                                      | 19        |
| 4.2. Purges manuelles.....                                                       | 19        |
| 4.3. Déroctages, terrassements et talutages mécanisés.....                       | 20        |
| 4.4. Boulonnages .....                                                           | 20        |
| 4.5. Grillages plaqués .....                                                     | 21        |
| 4.6. Filets plaqués .....                                                        | 21        |
| <b>5. Dimensionnement des boulonnages, des grillages et filets plaqués .....</b> | <b>23</b> |
| 5.1. Identification du projet .....                                              | 23        |
| 5.1.1. Définition de la classe de conséquence des ouvrages .....                 | 23        |
| 5.1.2. Définition de la catégorie géotechnique des ouvrages .....                | 24        |
| 5.1.3. Définition de la durée d'utilisation de l'ouvrage.....                    | 24        |
| 5.2. Paramètres et hypothèses générales .....                                    | 25        |
| 5.2.1. Paramètres géomécaniques .....                                            | 25        |
| 5.2.2. Paramètres hydrauliques .....                                             | 26        |
| 5.2.3. Séisme .....                                                              | 26        |
| 5.2.4. Modèle géotechnique .....                                                 | 26        |
| 5.2.5. Réseaux enterrés.....                                                     | 26        |
| 5.2.6. Conditions de chargement.....                                             | 26        |
| 5.2.7. Prise en compte de la corrosion .....                                     | 27        |
| 5.3. Méthodes de calculs / Résultats.....                                        | 27        |

|        |                               |    |
|--------|-------------------------------|----|
| 5.3.1. | Boulonnages.....              | 28 |
| 5.3.2. | Grillages plaqués ancrés..... | 31 |
| 5.3.3. | Filets plaqués.....           | 32 |

## 6. Détail des travaux ..... 33

|       |                                                   |    |
|-------|---------------------------------------------------|----|
| 6.1.  | Sécurisation et préparation du chantier .....     | 33 |
| 6.2.  | Dévégétalisation .....                            | 33 |
| 6.3.  | Purges préparatoires .....                        | 33 |
| 6.4.  | Purges et déroctages mécanisés .....              | 33 |
| 6.5.  | Boulonnages .....                                 | 34 |
| 6.6.  | Grillages plaqués .....                           | 35 |
| 6.8.  | Récapitulatif des quantités .....                 | 38 |
| 6.9.  | Installations – Accès au chantier .....           | 40 |
| 6.10. | Contraintes de chantier / Zones réglementées..... | 40 |
| 6.11. | Estimation du montant des travaux .....           | 41 |
| 6.12. | Estimation du délai des travaux / Planning .....  | 42 |

## 7. Matériaux constitutifs ..... 46

|      |                         |    |
|------|-------------------------|----|
| 7.1. | Grillages.....          | 46 |
| 7.2. | Filets.....             | 46 |
| 7.3. | Barres d'ancrages ..... | 46 |
| 7.4. | Câbles.....             | 47 |
| 7.5. | Cosses cœurs .....      | 47 |
| 7.6. | Serre-câbles .....      | 48 |

## 8. Dispositions techniques particulières..... 49

## 9. Surveillance et entretien des ouvrages ..... 51

|      |                                   |    |
|------|-----------------------------------|----|
| 9.1. | Boulonnages.....                  | 51 |
| 9.2. | Grillages et filets plaqués ..... | 51 |

## 10. Conclusion ..... 53

## ANNEXES..... 54

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES .....                       | 54 |
| ANNEXE 2 – FICHES DE CALCUL DE LA PRISE EN COMPTE DE LA CORROSION .....               | 58 |
| ANNEXE 3 – NOTES DE CALCUL POUR LE DIMENSIONNEMENT DES BOULONNAGES .....              | 61 |
| ANNEXE 4 – NOTE DE CALCUL POUR LE DIMENSIONNEMENT DU GRILLAGE PLAQUE TYPE TECCO® 65/3 |    |
| 81                                                                                    |    |
| ANNEXE 5 – NOTE DE CALCUL POUR LE DIMENSIONNEMENT DU FILET PLAQUE .....               | 82 |
| ANNEXE 6 – PLANS D'EXECUTION .....                                                    | 83 |





## 1. Introduction

Cette étude géotechnique de conception – phase Projet (mission G2 PRO selon la norme NF P 94-500 dont un extrait est placé en Annexe 1) a été effectuée à la demande et pour le compte du Conseil Départemental de Haute-Garonne (CD31).

Dans le cadre de ce projet, le CD31 est assisté par le RTM Ariège.

Elle fait suite à une étude géotechnique de conception – phase Avant-projet (G2 AVP), réalisée par Ginger CEBTP en Octobre 2025, visant à proposer une stratégie de sécurisation visant à rouvrir le Tronçon 1 du site des Gorges de la Save en "voie douce" sur la commune de LESPUGUE (31).

Notre étude concerne le même linéaire que l'étude G2 AVP : Tronçon 1 (RD 9G, PR 1+624 à 2+285). Sa longueur est de 661 m.

### Objectifs de cette étude :

- Rappeler le contexte géologique et géomorphologique local et les instabilités rocheuses observées ;
- Dimensionner les ouvrages de protection proposés ;
- Définir le contenu des travaux : méthodologie d'exécution (phasage, planning, contraintes de réalisation) ;
- Présenter le suivi périodique et la maintenance ultérieure.

### Documents utilisés :

- Carte topographique IGN au 1 / 25 000 ;
- Carte géologique du BRGM n° 1032 de BOULOGNE-SUR-GESSE au 1 / 50 000 ;
- Orthophotographie IGN ;
- Données LiDAR HD de l'IGN ;
- Rapport CETE « RD 9G – Gorges de la Save – Evaluation de l'aléa " chutes de masses rocheuses" – Diagnostic, proposition de traitement et estimation des coûts » – Novembre 2006 ;
- Rapport IMSRN « Gorges de la Save – Commune de LESPUGUE – PR 0+000 au PR 3+337 – Etude géotechnique pour la protection de la route départementale RD 9G » – Mission G12 – Avril 2014 ;
- Rapport IMSRN « Travaux de sécurisation de la route départementale RD 9G contre les chutes de blocs – MBC – Gorges de la Save – CCTP – Cahier des clauses techniques particulières » – Février 2015 ;
- Rapport INGEROP « Sécurisation des falaises longeant les Gorges de la Save à LESPUGUE – Analyse des enjeux environnementaux et procédures » – Décembre 2019 ;
- Rapport Ginger CEBTP « Etude de protection contre les chutes de masse rocheuses – RD 9G PR 0+000 à PR 2+285 » – Mission G2PRO – Août 2020 ;

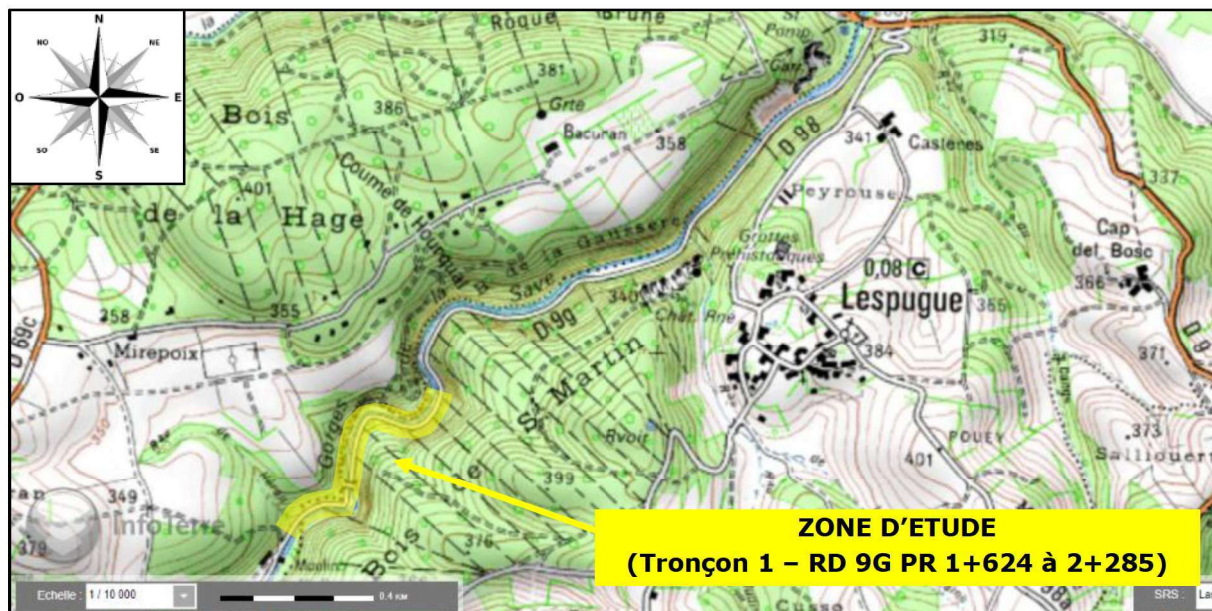
- Rapport Ginger CEBTP « RD 9G PR 0+000 à 2+285 – Gorges de la Save – Commune de LESPUGUE (31) – Stratégie de sécurisation visant à rouvrir le site en "voie douce" » – Diagnostic géotechnique G5 – Octobre 2023 ;
- Note Ginger CEBTP « Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Note d'inspection préliminaire » – Juin 2025 ;
- Note Ginger CEBTP « Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Note sécurisation temporaire » – Juin 2025 ;
- Rapport Arkæ – « STRATÉGIE DE SÉCURISATION VISANT À ROUVRIRE LE SITE DES GORGES DE LA SAVE EN VOIE DOUCE – BILAN DE L'OPÉRATION DE DÉBROUSSAILLAGE » – Septembre 2025 ;
- Rapport Ginger CEBTP « Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – LESPUGUE (31) – Stratégie de sécurisation visant à rouvrir le site des Gorges de la Save en "voie douce" » – Etude géotechnique G2 AVP – Octobre 2025 – Réf. : STL1.O.M055.0021.

En référence à la Norme NF P 94-500 dont un extrait est placé en Annexe 1, cette étude s'inscrit dans le cadre d'une mission G2 PRO « Etude géotechnique de Conception – Projet ».

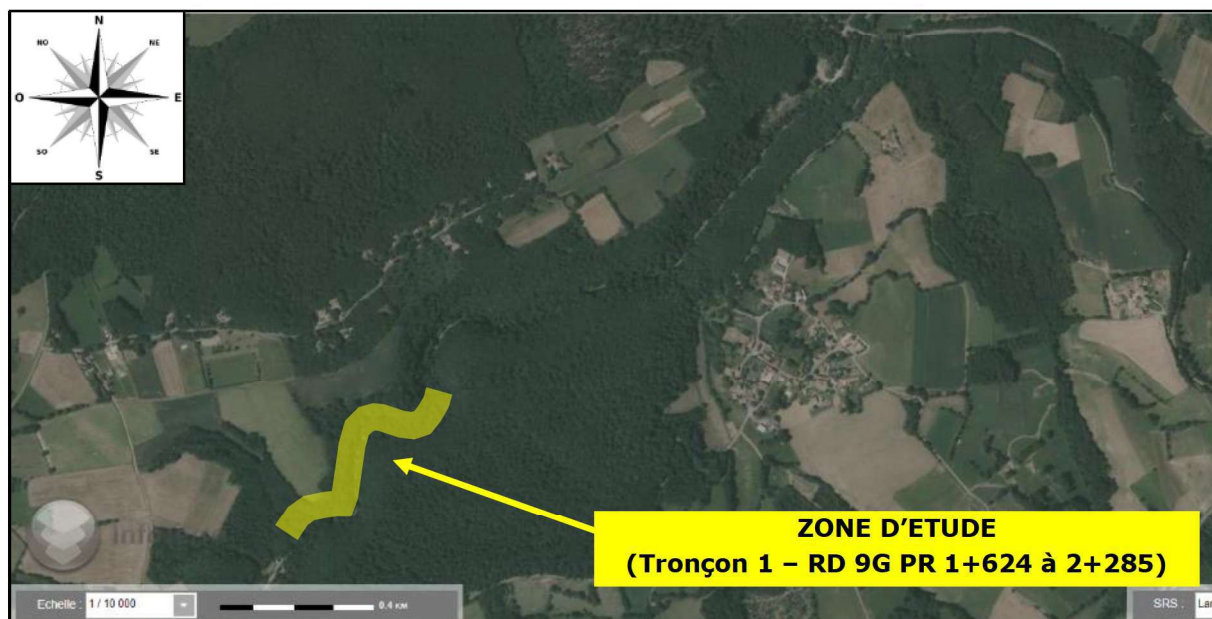


## 2. Rappel du contexte de l'étude

### 2.1. Plans de situation



Extrait de la carte IGN au 1/25 000 – Source : Infoterre.brgm.fr



Extrait de l'orthophotographie IGN – Source : Infoterre.brgm.fr



## 2.2. Périmètre et limites de l'étude

L'étude concerne uniquement les talus, éperons et escarpements rocheux situés en amont du Tronçon 1 du site des Gorges de la Save – RD 9G PR 1+624 à 2+285.

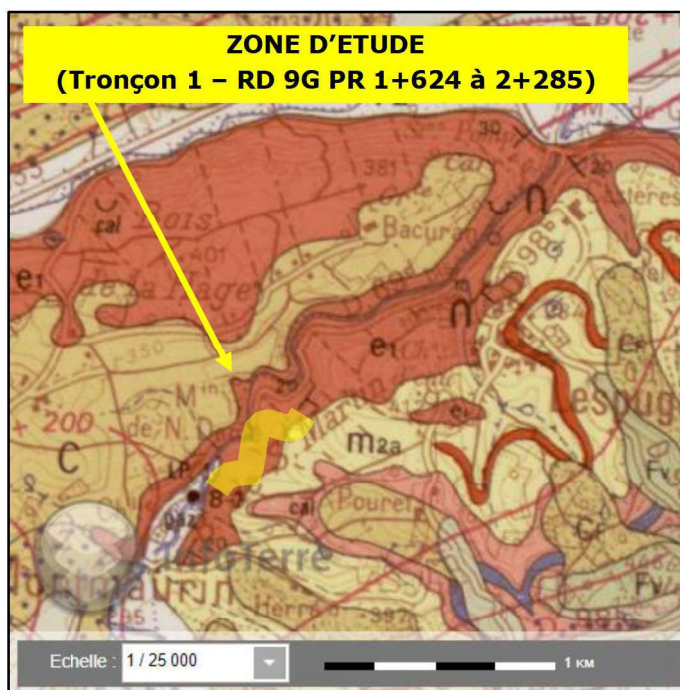
## 2.3. Géologie

Le contexte géologique du secteur est caractérisé par un substratum constitué de Calcaires lithographiques à Algues et Miliolites – Dano-Montien ( $e_1$ ) [en ocre sur la carte ci-contre].

Par endroits ces calcaires présentent une karstification pouvant être importante avec notamment la présence de grottes et de couloir de brèches d'effondrement karsique.

Ils sont surmontés par des molasses Miocène ( $m_{2a}$ ) et des colluvions Quaternaire [respectivement en beige clair et foncé sur la carte ci-contre].

Extrait de la carte géologique du  
BRGM N° 1032 de BOULOGNE-SUR-  
GESSE au 1 / 50 000 – Source :  
[Infoterre.brgm.fr](http://infoterre.brgm.fr)



A noter l'existence d'une ancienne carrière dans ces formations dans la partie Nord des Gorges de la Save.

## 2.4. Sismicité

Conformément au Décret N°2010-1284 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique et au Décret N°2010-1285 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français, la zone d'étude se situe en zone de sismicité 3 (modérée).

## 2.5. Hydrologie

Nos visites sur site ont été réalisées les 13 juin, 10, 11 et 23 septembre 2025 lors de journées ensoleillée.

En dehors de la Save qui passe en fond des gorges, aucun écoulement n'a été observé. Cependant quelques talwegs rocheux témoignent d'écoulements pouvant être importants lors de période de fortes précipitations. Par ailleurs des traces de suintement sont visibles sur les parois au niveau de fractures ou de conduits karstiques.

Etant donné le contexte karstique du secteur, des résurgences peuvent apparaître n'importe où sur la zone d'étude lors d'épisodes pluvieux intenses.

D'anciennes résurgences sont visibles le long du linéaire mais ne semble plus actives aujourd'hui, les eaux ressortant très probablement au même niveau topographique que la Save.

## 2.6. Morphologie

Le Tronçon 1 (RD 9G PR 1+624 à 2+285) correspond aux versants en rive droite de la Save, depuis le début de la zone d'étude au Nord (PR 1+624) jusqu'au pont submersible (PR 2+042), et en rive gauche depuis ce dernier jusqu'à l'entrée Sud des gorges (PR 2+285).

L'étude IMSRN (2014) a classé les profils de versant sur l'ensemble des Gorges de la Save selon 5 catégories et a sectorisé la zone d'étude en fonction de la morphologie puis de l'aléa et du risque (voir ci-après).

3 types de profils se retrouvent sur le Tronçon 1 :

- **Morphologie « type 1 » – Secteurs U et Y :**

Versants globalement peu pentus, sans ou peu d'affleurements rocheux ou de façon diffuse et n'excédant pas 1 m de haut. On note parfois la présence d'un petit talus raide en bordure de route ;

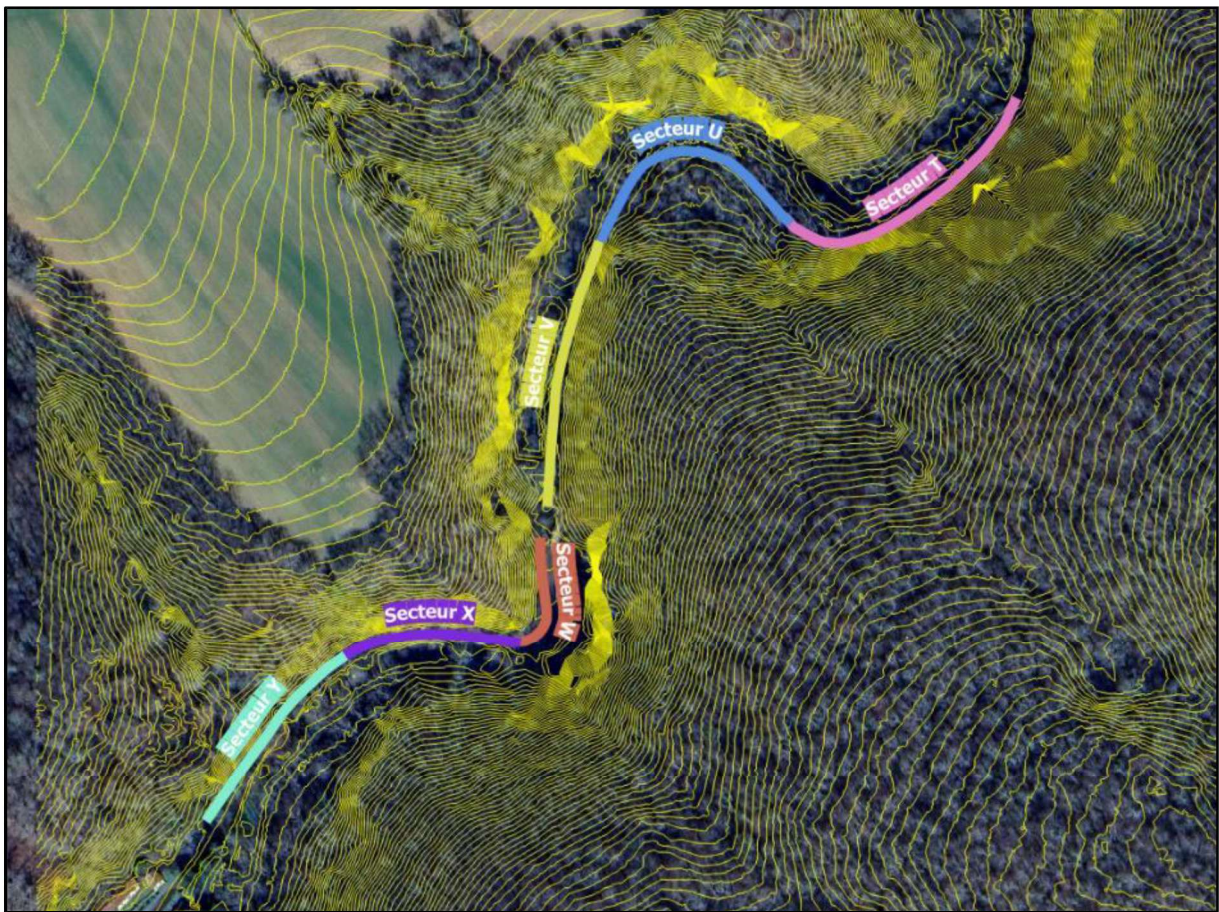
- **Morphologie « type 2 » – Secteur V :**

Versants parfois raides, le plus souvent très rocheux et se présentant sous la forme de « gradins » ou de chaos de blocs ;

- **Morphologie « type 3 » – Secteurs T, W et X :**

Talus rocheux ou véritables falaises de plusieurs dizaines de mètres de haut situés directement en bord de route et dominés par un versant raide présentant quelques affleurements rocheux isolés.





Sectorisation du Tronçon 1 (en jaune, courbes de niveau équidistance 1 m issues du LiDAR HD de l'IGN) – IMSRN / Ginger CEBTP



### 3. Rappel de l'historique du site

#### 3.1. Evénements survenus

La recherche historique et bibliographique n'a pas mis en évidence d'événement bien documenté sur le Tronçon 1.

Cependant, les rapports du CETE (2006) et d'IMSRN (2014) indiquent que le gestionnaire mentionne plusieurs chutes de blocs dans les Gorges de la Save dans les années précédant les études. Les volumes et les dates exactes n'ont pas été précisées.

En l'absence de travaux de protection réalisés, le phénomène a continué. Ainsi lors de notre visite sur site, des pierres et petits blocs éboulés ont été observés en bordure de la route, au pied de quelques escarpements.

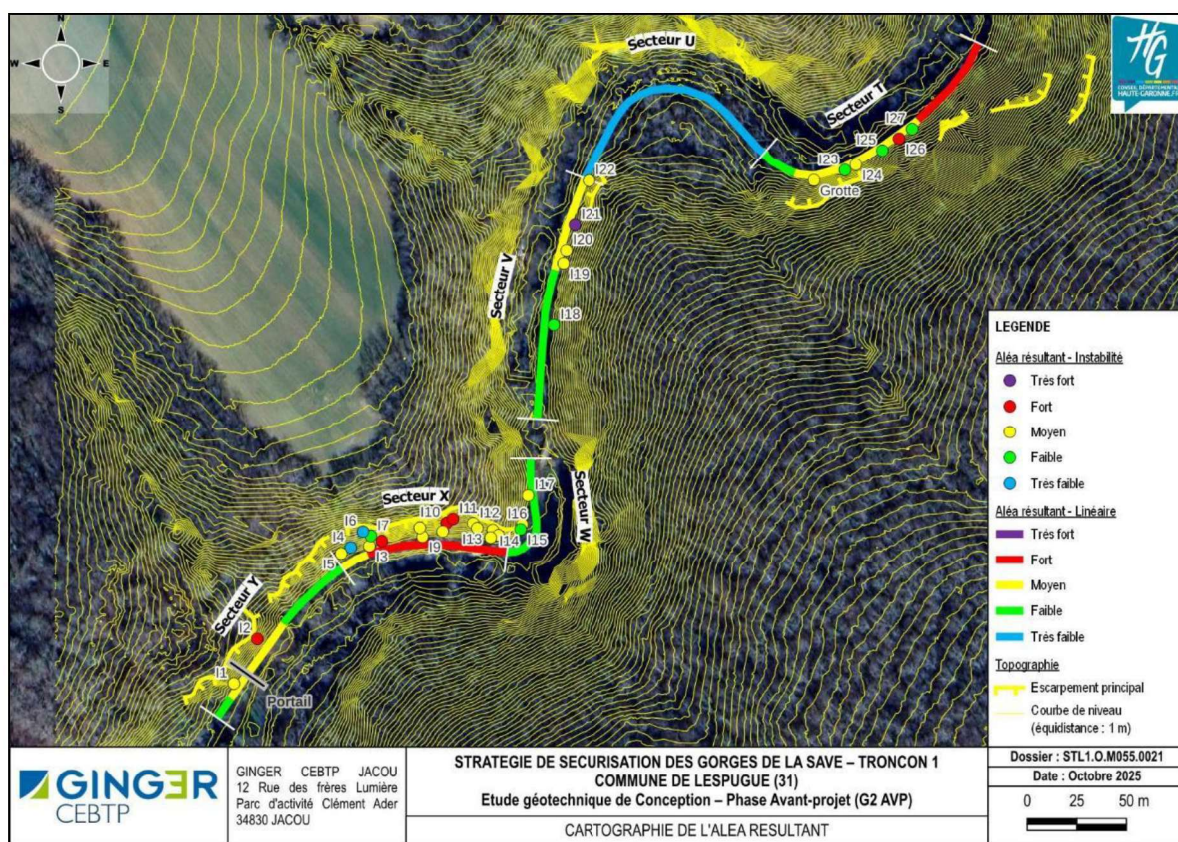
#### 3.2. Études réalisées

Les principales études réalisées dans les Gorges de la Save et concernant les risques rocheux sont les suivantes :

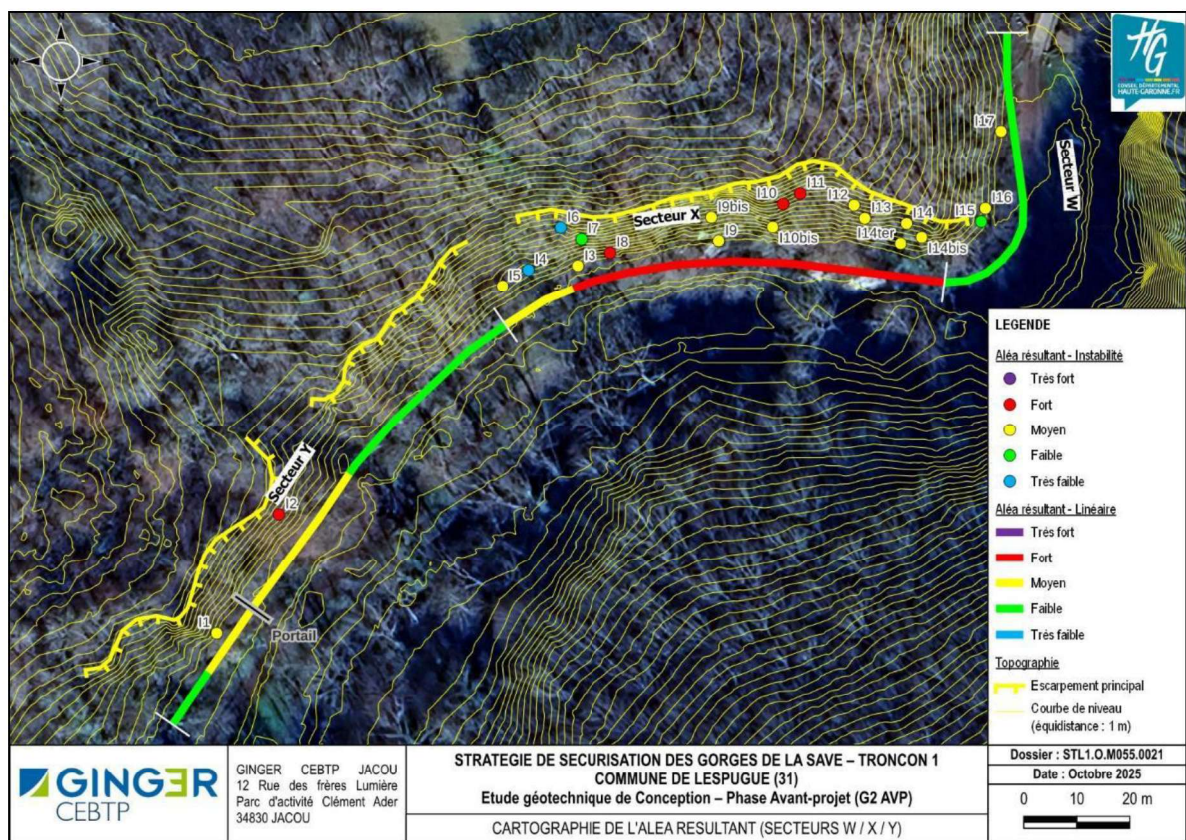
- Novembre 2006 – « RD 9G – Gorges de la Save – Evaluation de l'aléa chutes de masses rocheuses – Diagnostic, proposition de traitement et estimation des coûts » – CETE Sud-Ouest ;
- Avril 2014 – « Gorges de la Save – Commune de Lespugue – PR 0+000 au PR 3+337 – Etude géotechnique pour la protection de la route départementale RD 9G » – IMSRN ;
- Octobre 2023 – « RD9G PR 0+000 à PR 2+285 – Gorges de la Save – Commune de Lespugue (31) – Stratégie de sécurisation visant à rouvrir le site en "voie douce" » – Ginger CEBTP ;
- Octobre 2025 – « Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – LESPUGUE (31) – Stratégie de sécurisation visant à rouvrir le site des Gorges de la Save en "voie douce" » – Ginger CEBTP ;

Ces études ont évalué les risques rocheux sur le linéaire (en effectuant une sectorisation) et ont proposé des travaux ; l'étude Ginger CEBTP de 2023 définissant une stratégie de sécurisation progressive en 4 tronçons, du Sud vers le Nord.

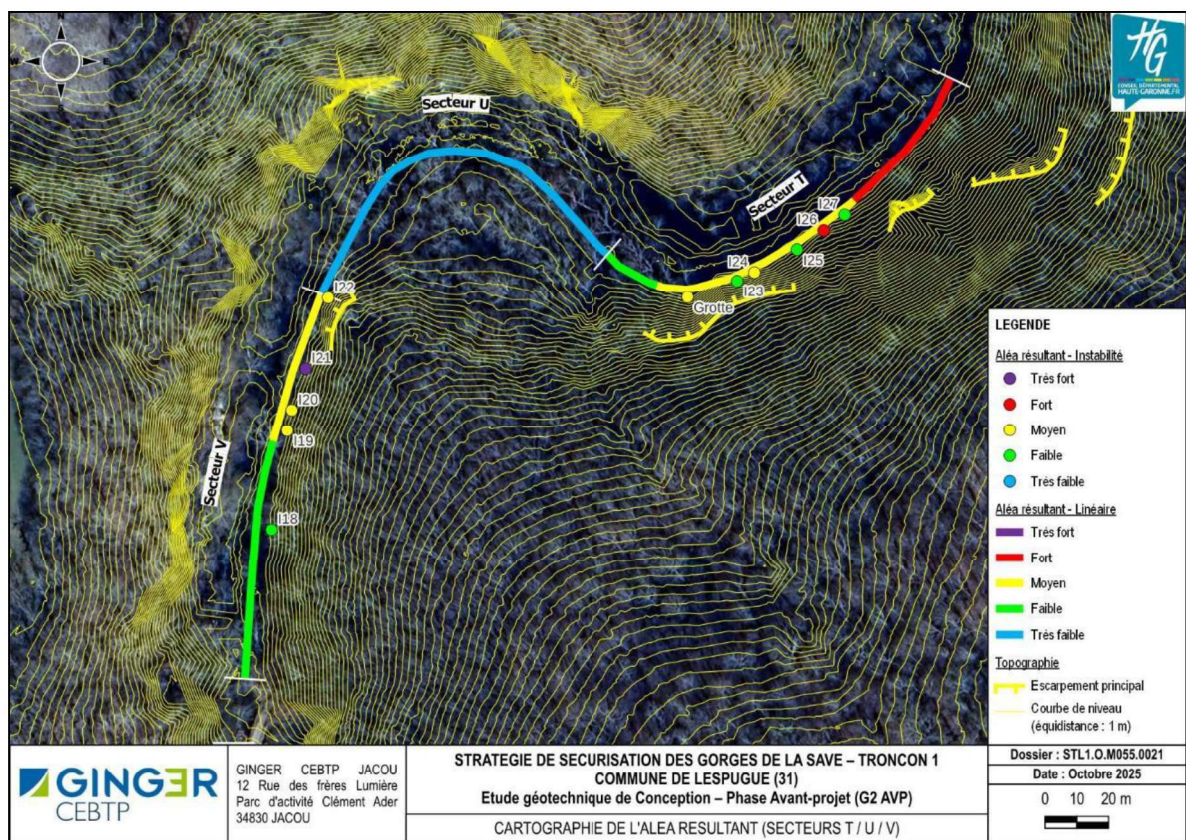
La dernière étude en date – Ginger CEBTP de 2025 – concerne uniquement le Tronçon 1. L'aléa rocheux a été précisé et un programme de travaux défini avec des variantes pour le traitement de certaines instabilités.











### 3.3. Travaux réalisés

A l'exception de traces de minage sur un talus de déblai rocheux sur le secteur X, aucun travail de sécurisation ou dispositif de protection contre les chutes de blocs n'a été réalisé le long de la RD 9G.

Seuls des arrêtés départementaux ont été pris en 2015 (pour les véhicules à moteur) puis en 2018 (pour l'ensemble des usagers y compris piétons et cyclistes) pour interdire la circulation dans les Gorges de la Save.

En Septembre 2024, un mur de blocs de béton (type LEGO®) et un portail d'accès pompiers ont été mis en place respectivement aux entrées Nord et Sud des Gorges de la Save pour en interdire l'accès.

Enfin, en prévision de nos visites sur site des 10 et 11 septembre 2025, une dévégétalisation a été effectuée sur les secteurs T, V, X et Y par des équipes de cordistes. Quelques purges des petits éléments les plus instables ont également été effectuées.



## 4. Stratégie de sécurisation

Le CD31 a choisi de retenir la stratégie de sécurisation permettant de réduire l'aléa résiduel à un niveau **TRES FAIBLE** à **FAIBLE** (échanges écrits en date du 17/11/2025).

Le tableau ci-après récapitule pour chaque secteur du Tronçon 1 les travaux envisagés au niveau G2 AVP. **Les quantités et caractéristiques des confortements sont précisées dans la présente étude G2 PRO.**

| SECTEUR | INSTAB.  | ALEA RESULTANT        | TRAVAUX PRECONISES                                                                                                                                                                         | ALEA RESIDUEL      |
|---------|----------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Y       | Linéaire | <b>FAIBLE à MOYEN</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Purges manuelles en paroi et en crête</li> </ul>                                                                                                    | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I1       | <b>MOYEN</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Déroctage (<math>V \approx 80 \text{ m}^3</math>)</li> </ul>                                                                                        | <b>TRES FAIBLE</b> |
|         | I2       | <b>FORT</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnages (<math>L \approx 20 \text{ ml}</math>)</li> <li>Grillage plaqué (<math>S \approx 150 \text{ m}^2</math>)</li> </ul>                     | <b>FAIBLE</b>      |
| X       | Linéaire | <b>MOYEN à FORT</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Purges manuelles en paroi et en crête</li> </ul>                                                                                                    | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I3       | <b>MOYEN</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Purge</li> </ul>                                                                                                                                    | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I4       | <b>TRES FAIBLE</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Néant</li> </ul>                                                                                                                                    | <b>TRES FAIBLE</b> |
|         | I5       | <b>MOYEN</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (<math>L \approx 5 \text{ ml}</math>)</li> </ul>                                                                                         | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I6       | <b>TRES FAIBLE</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Néant</li> </ul>                                                                                                                                    | <b>TRES FAIBLE</b> |
|         | I7       | <b>FAIBLE</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Néant</li> </ul>                                                                                                                                    | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I8       | <b>MOYEN à FORT</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (<math>L \approx 30 \text{ ml}</math>)<sup>1</sup></li> <li>Grillage ou filet plaqué (<math>S \approx 300 \text{ m}^2</math>)</li> </ul> | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I9       | <b>MOYEN</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Déroctage (<math>V \approx 10 \text{ m}^3</math>)</li> <li>Grillage ou filet plaqué (<math>S \approx 100 \text{ m}^2</math>)</li> </ul>             | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I9bis    | <b>MOYEN</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (<math>L \approx 15 \text{ ml}</math>)</li> </ul>                                                                                        | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I10      | <b>MOYEN à FORT</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (<math>L \approx 15 \text{ ml}</math>)</li> </ul>                                                                                        | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I10bis   | <b>MOYEN</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (<math>L \approx 40 \text{ ml}</math>)</li> </ul>                                                                                        | <b>FAIBLE</b>      |

<sup>1</sup> Solution estimée avant débroussaillage

| SECTEUR | INSTAB.                | ALEA RESULTANT | TRAVAUX PRECONISES                      | ALEA RESIDUEL |
|---------|------------------------|----------------|-----------------------------------------|---------------|
|         | I11                    | MOYEN à FORT   | • Boulonnage (L ≈ 15 ml)                | FAIBLE        |
|         | I12                    | MOYEN          | • Boulonnage (L ≈ 5 ml)                 | FAIBLE        |
|         | I13                    | MOYEN          | • Boulonnage (L ≈ 20 ml)                | FAIBLE        |
|         | I14                    | MOYEN          | • Boulonnage (L ≈ 5 ml)                 | FAIBLE        |
|         | I14bis                 | MOYEN          | • Boulonnage (L ≈ 10 ml)                | FAIBLE        |
|         | I14ter                 | MOYEN          | • Déroctage (V ≈ 10 m³)                 | TRES FAIBLE   |
| W       | Linéaire               | FAIBLE         | • Purges manuelles en paroi ou en crête | FAIBLE        |
|         | I15                    | FAIBLE         | • Purge                                 | FAIBLE        |
|         | I16                    | MOYEN          | • Purge                                 | FAIBLE        |
|         | I17                    | MOYEN          | • Purge                                 | FAIBLE        |
| V       | Linéaire               | FAIBLE à MOYEN | • Purges manuelles en paroi ou en crête | FAIBLE        |
|         | I18                    | FAIBLE         | • Purge                                 | FAIBLE        |
|         | I19                    | MOYEN          | • Purge / Déroctage                     | FAIBLE        |
|         | I20                    | MOYEN          | • Purge / Déroctage                     | FAIBLE        |
|         | I21                    | TRES FORT      | • Purge / Déroctage                     | FAIBLE        |
|         | I22 Ecaille principale | MOYEN          | • Boulonnage (L ≈ 20 ml)                | FAIBLE        |
|         | I22 Ecaille second.    | MOYEN          | • Boulonnage (L ≈ 10 ml)                | FAIBLE        |
|         | I22 Eléments en crête  | FAIBLE         | • Purge                                 | FAIBLE        |
| U       | Linéaire               | TRES FAIBLE    | • Néant                                 | TRES FAIBLE   |



| SECTEUR | INSTAB.           | ALEA RESULTANT                   | TRAVAUX PRECONISES                                                                                                                             | ALEA RESIDUEL |
|---------|-------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| T       | Linéaire          | <b>FAIBLE à FORT<sup>1</sup></b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Purges manuelles en paroi ou en crête</li> </ul>                                                        | <b>FAIBLE</b> |
|         | Zone de la grotte | <b>MOYEN</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Grillage plaqué (200 m<sup>2</sup>)</li> </ul>                                                          | <b>FAIBLE</b> |
|         | I23               | <b>FAIBLE</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Purge</li> </ul>                                                                                        | <b>FAIBLE</b> |
|         | I24               | <b>MOYEN</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (L ≈ 20 ml)</li> </ul>                                                                       | <b>FAIBLE</b> |
|         | I25               | <b>FAIBLE</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (L ≈ 20 ml)</li> <li>Grillage ou filet plaqué (S ≈ 300 m<sup>2</sup>)<sup>2</sup></li> </ul> | <b>FAIBLE</b> |
|         | I26               | <b>FORT</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (L ≈ 10 ml)</li> <li>Grillage ou filet plaqué (S ≈ 300 m<sup>2</sup>)<sup>3</sup></li> </ul> | <b>FAIBLE</b> |
|         | I27               | <b>FAIBLE</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (L ≈ 5 ml)</li> <li>Grillage ou filet plaqué (S ≈ 300 m<sup>2</sup>)<sup>4</sup></li> </ul>  | <b>FAIBLE</b> |

#### 4.1. Travaux spéciaux

La réalisation de travaux sur les parois rocheuses est destinée à une entreprise de travaux spéciaux d'accès difficiles habituée à travailler sur cordes.

En effet, au cours des travaux, certaines actions demanderont aux ouvriers spécialisés de progresser en paroi à l'aide du matériel adapté.

#### 4.2. Purges manuelles

La purge d'un élément rocheux est l'action de détacher volontairement une pierre ou un bloc de la paroi rocheuse avant que celui-ci se détache naturellement de la paroi.

Une purge est donc une action sécurisée et contrôlée, réalisée par des professionnels dans un périmètre fermé au public.

La plupart du temps, les purges sont effectuées manuellement, à l'aide d'une canne à purge.

D'autres solutions peuvent être utilisés (coussin à air par exemple).

Les purges sont effectuées du haut vers le bas.

Les purges sont nécessaires d'être réalisées préalablement à tout autre travaux de confortement afin que les ouvriers spécialisés puissent travailler en sécurité.

<sup>1</sup> Aléa résultant **FORT** présent uniquement sur les 50 premiers mètres du secteur T à l'amont desquelles des escarpements déportés sont visibles et dont le traitement n'est pas prévu dans le Tronçon 1

<sup>2</sup> Grillage ou filet plaqué mis en place sur l'ensemble du talus des instabilités I25 à I27

<sup>3</sup> Idem précédent

<sup>4</sup> Idem précédent

Les purges sont effectuées pour des éléments rocheux de volumes faibles à modérés. Pour des volumes plus importants, des confortements seront nécessaires.

### 4.3. Déroctages, terrassements et talutages mécanisés

Il s'agit là de purges et de reprofilages de talus pour des volumes importants nécessitant l'emploi d'une pelle mécanique de forte puissance équipée d'un godet, d'une griffe ou d'un BRH.

### 4.4. Boulonnages

Le boulonnage est une **parade active**. Des boulons d'ancrages sont mis en place à travers la masse à conforter.

Un boulon d'ancrage est composé de trois éléments : une armature en acier, un écrou et une plaque d'appui. L'armature en acier prend place au sein d'un forage qui a été effectué à un diamètre et à une profondeur adaptés (plusieurs mètres au-delà du plan de fracturation en arrière de la masse). Un coulis permet de sceller l'armature au sein du forage.

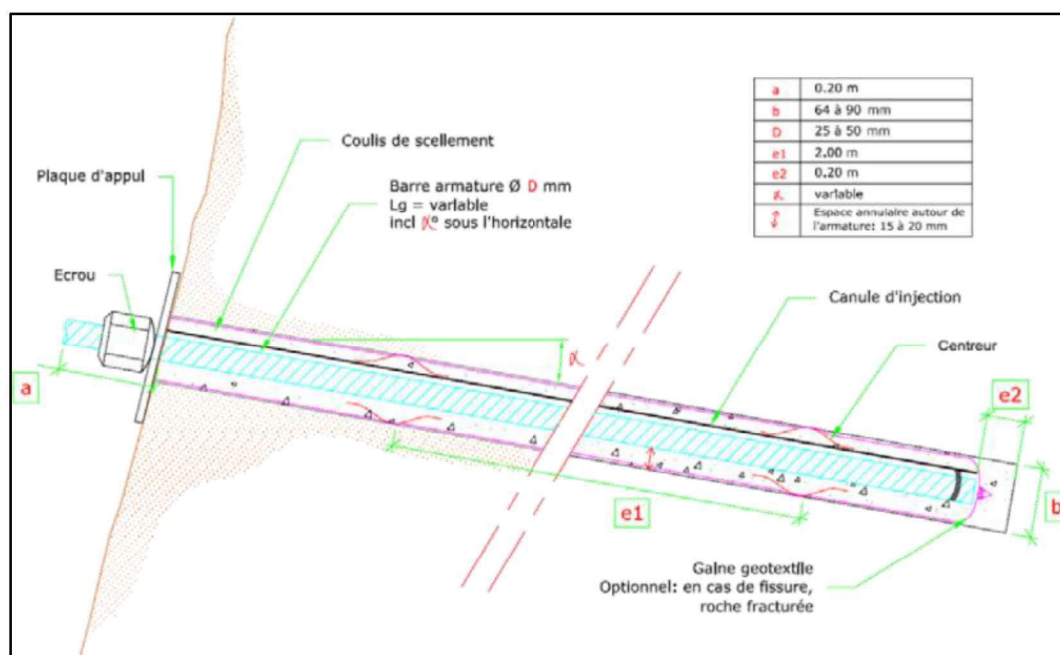


Schéma de principe d'un boulon d'ancrage passif – Source : C2ROP



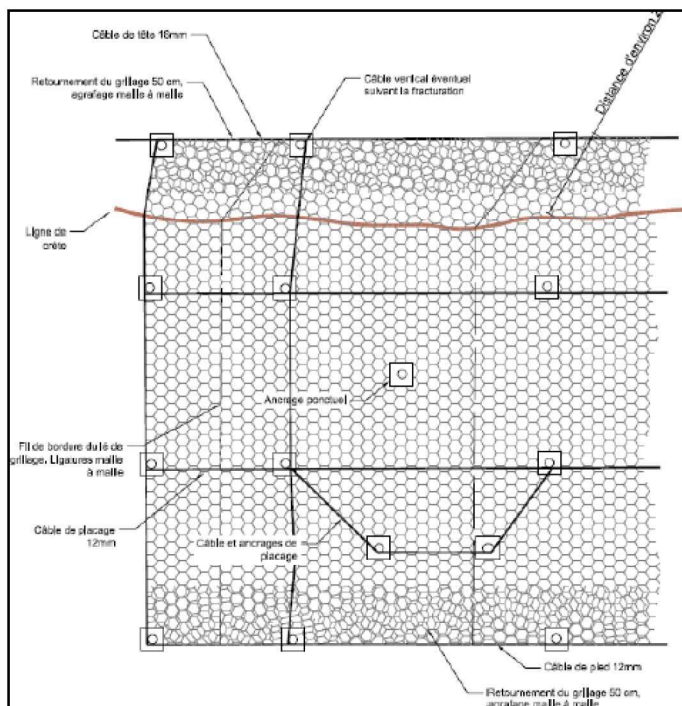
## 4.5. Grillages plaqués

Les grillages plaqués sont des **parades actives** destinés à confiner les éléments instables en paroi (jusqu'à 0.2 m³) et à empêcher leur propagation.

Un grillage plaqué est généralement composé d'une ou 2 nappes de grillage Double Torsion (voire HLE) maintenue(s) à la paroi rocheuse par des ancrages en tête et en pied. De surcroît, des ancrages intermédiaires et des câbles permettent de plaquer les nappes contre la paroi.

Un grillage plaqué demande peu d'entretien (purges occasionnelles).

Schéma de principe d'un grillage plaqué – Source : C2ROP



## 4.6. Filets plaqués

Le principe est similaire aux grillages plaqués sauf que la nappe de grillage est remplacée par un filet de câbles ou d'anneaux ASM. Un filet plaqué permet de retenir des volumes plus importants.

Tout comme un grillage plaqué, un filet plaqué demande peu d'entretien (purges occasionnelles).

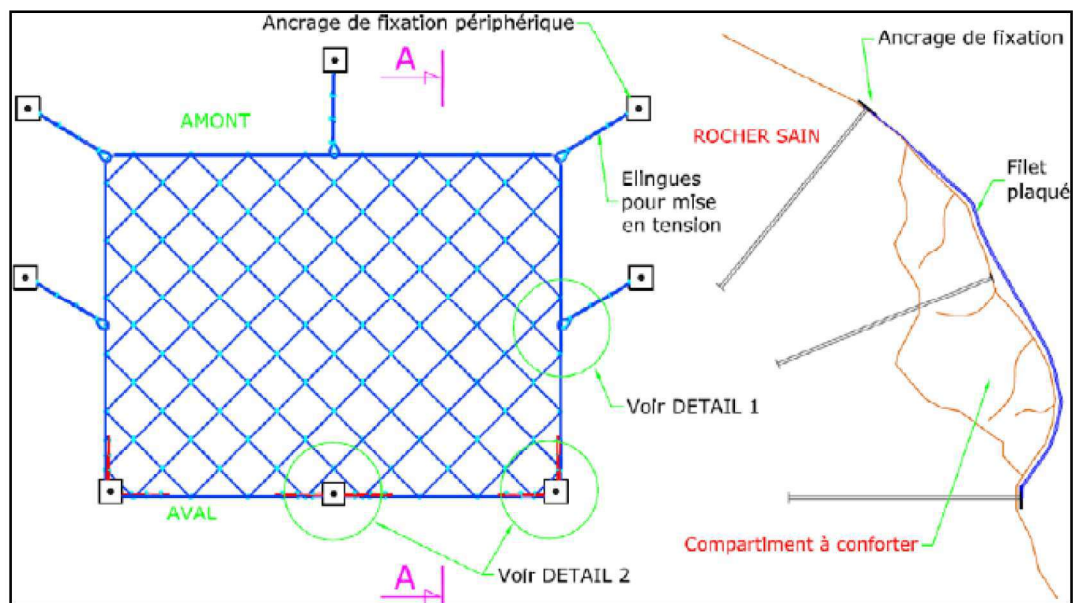


Schéma de principe d'un filet plaqué – Source : C2ROP



## 5. Dimensionnement des boulonnages, des grillages et filets plaqués

Les visites sur site, réalisées les 13 juin, 10, 11 et 23 septembre 2025 par Ginger CEBTP, ont été l'occasion d'identifier les instabilités à purger / conforter, de prendre des photographies et de réaliser des métrages.

Elle a consisté en une inspection visuelle et des prises de clichés à pied et sur cordes.

La localisation des instabilités est présentée sur les plans d'exécution en annexe 4.

### Présentation des reconnaissances

Les indications **droite et gauche** sont données en regardant la zone décrite depuis l'aval.

Les angles énoncés sont donnés en degrés par rapport à l'horizontale.

Le terme **largeur** est une mesure prise dans une direction parallèle aux courbes de niveau.

Le terme **hauteur** correspond à la différence d'altitude entre la base et le sommet de la zone décrite ou une mesure prise parallèlement à l'axe de la pente de la zone étudiée.

Le **pendage** d'une couche géologique est dit **défavorable** lorsqu'il dirige naturellement les éléments rocheux potentiellement instables vers l'enjeu à protéger.

### 5.1. Identification du projet

Conformément à l'Eurocode 7, les justifications des ouvrages projetés seront menées sur la base de la classification des ouvrages.

Les ouvrages à créer permettraient de sécuriser le Tronçon 1 du site des Gorges de la Save – RD 9G PR 1+674 à 2+285 – pour une réouverture au public en "voie douce".

Les 50 premiers mètres du secteur T du Tronçon 1 – RD 9G PR 1+624 à 1+674 – feront l'objet d'une sécurisation ultérieure.

En plus des purges et déroctages, les boulonnages, les grillages et filets plaqués auront pour vocation le confortement et le confinement des instabilités.

#### 5.1.1. Définition de la classe de conséquence des ouvrages

Il convient de considérer les conséquences de la ruine ou de l'endommagement de chaque ouvrage à construire, vis à vis des personnes, des constructions, des avoisinants et vis à vis de la protection de l'environnement.

Il revient au Maître d'Ouvrage de définir pour chaque ouvrage la classe de conséquence.

En l'absence de choix énoncé par le Maître d'Ouvrage, il convient de considérer à ce stade que les boulonnages, les grillages et filets plaqués présentent des **conséquences moyennes CC2** et auraient des effets modérés sur les personnes et/ou des effets importants sur les constructions en cas de ruine.

| CLASSE DE CONSEQUENCE (NF P 94-270)   |                                                                |                                                                     |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Tableau B.1 - Classes de conséquences |                                                                |                                                                     |
|                                       | Conséquences en termes sociaux, économiques ou d'environnement |                                                                     |
| Classe de conséquences                | ... sur les personnes                                          | ... sur les ouvrages à construire ou les constructions avoisinantes |
| CC1 (conséquences faibles)            | faibles ou négligeables                                        | faibles ou négligeables                                             |
| CC2 (conséquences moyennes)           | modérées                                                       | importantes                                                         |
| CC3 (conséquences élevées)            | importantes                                                    | très importantes                                                    |

### 5.1.2. Définition de la catégorie géotechnique des ouvrages

Les boulonnages, les grillages et filets plaqués sont des types classiques d'ouvrages et de fondations qui ne présentent pas de risque exceptionnel ou des conditions de terrain ou de chargement difficiles (2.1 (17) NF EN 1997-1).

Les observations de terrain dans la zone permettent de considérer que les conditions de site nécessitent un suivi spécifique en phase de chantier mais peuvent être classées dans la catégorie « simples ou complexes ». Ces ouvrages rentrent alors dans la **catégorie géotechnique N° 2**.

Il convient que le dimensionnement comporte des reconnaissances géotechniques et des calculs pour assurer que les exigences fondamentales sont satisfaites.

| CATEGORIE GEOTECHNIQUE (NF P 94-270)                                                                                                |                     |                     |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------|
| Tableau B.2 - Catégories géotechniques et bases des justifications en fonction des classes de conséquence et des conditions de site |                     |                     |                                                               |
| Classe de conséquence                                                                                                               | Conditions de site  | Catégorie technique | Bases des justifications                                      |
| CC1                                                                                                                                 | Simple et connues   | 1                   | Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative admises |
| CC1                                                                                                                                 | Complexes           | 2                   | Reconnaissance géotechnique et calculs nécessaires            |
| CC2                                                                                                                                 | Simple ou complexes |                     |                                                               |
| CC3                                                                                                                                 | Simple ou complexes | 3                   | Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis            |

### 5.1.3. Définition de la durée d'utilisation de l'ouvrage

Il est du ressort du Maître d'Ouvrage de définir la durée de vie de l'ouvrage comme défini dans l'Annexe nationale d'application de l'Eurocode 7 (NF EN 1997-1/NA).

En l'absence de choix énoncé par le Maître d'Ouvrage, il convient de considérer que de par la configuration géométrique des travaux de sécurisation les ouvrages (boulonnages, grillages et filets plaqués) peuvent être classés dans la catégorie des « ouvrages courants ». Ils peuvent rentrer dans la catégorie de **durée d'utilisation de projet 4/5** qui présente une durée indicative d'utilisation de **75 ans**.



**DUREE D'UTILISATION (NF P 94-270)**
**Tableau B.3 - Durée indicative d'utilisation de projet**

| Catégorie de durée d'utilisation de projet | Durée indicative d'utilisation de projet | Exemples de projets de bâtiment et de génie civil                               | Exemples de projets de sol renforcé     |
|--------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1                                          | 10 ans                                   | Structures provisoires                                                          | Ouvrages provisoires                    |
| 2                                          | 25 ans                                   | Éléments structuraux remplaçables (poutres de roulement, appareils d'appui)     |                                         |
| 3                                          | 25 ans                                   | Structures agricoles et similaires                                              | Structures industrielles                |
| 4                                          | 50 ans                                   | Structures courantes de génie civil et de bâtiments                             | Structures portuaires (murs de quai)    |
| 4/5                                        | 75 ans                                   |                                                                                 | Murs de soutènement routiers ordinaires |
| 5                                          | 100 ans                                  | Autres structures de génie civil, ponts et structures monumentales de bâtiments | Culées de pont                          |

## 5.2. Paramètres et hypothèses générales

### 5.2.1. Paramètres géomécaniques

Les caractéristiques géomécaniques des terrains, falaises et talus ont été estimés à partir de notre expérience sur des terrains similaires.

| PARAMETRES GEOMECHANQUES         |                                                     |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Formation                        | Calcaires                                           |
| Densité des terrains             | 26 kN/m <sup>3</sup>                                |
| Pendage du plan de rupture       | 35 à 80° <sup>1</sup>                               |
| Inclinaison des barres d'ancrage | 5 à 30° <sup>2</sup>                                |
| Angle de frottement              | 35°                                                 |
| Frottement latéral qs            | 500 kPa<br>Valeur pondérée : 312.5 kPa <sup>3</sup> |
| Cohésion C                       | 0 kPa <sup>4</sup>                                  |

#### Remarque :

*Toute anomalie détectée en phase de forage et pouvant remettre en question les présentes hypothèses de dimensionnement devra être signalée sans délai aux géotechniciens en charge*

<sup>1</sup> Selon le compartiment considéré

<sup>2</sup> Selon le compartiment considéré

<sup>3</sup> Valeur estimée en l'absence d'essai de convenance =  $q_s / 1.60$

<sup>4</sup> Cohésion considérée comme nulle au niveau des plans de fracturation



*des missions G3 / Suivi G4. Un nouveau dimensionnement pourra s'avérer nécessaire suivant la nature des anomalies rencontrées (venues d'eau en forage, nature de sol différente, présence de vide, ...). Il conviendra entre autres d'être particulièrement vigilant quant à la position des plans de fracturation qui peuvent conduire à un allongement de la longueur de scellement. Toute modification de la géométrie prise en compte dans le profil de calcul entraînera obligatoirement de nouveaux calculs.*

### 5.2.2. Paramètres hydrauliques

La paroi rocheuse étudiée ne présente pas de résurgences d'eau. Cependant des circulations ponctuelles peuvent apparaître par le biais des fractures et conduits karstiques lors d'épisodes pluvieux intenses.

Les travaux préconisés dans ce rapport n'ont pas d'effet d'étanchéification des terrains, aussi les écoulements naturels souterrains ne seront pas perturbés. Il n'y a donc pas lieu de capter ces eaux et/ou de disposer d'aménagements particuliers.

### 5.2.3. Séisme

Conformément au Décret N°2010-1284 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique et au Décret N°2010-1285 du 22 octobre 2010 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français, le projet se situe en **zone de sismicité 3 (modérée)**.

Ainsi, ces mêmes documents n'impliquent aucune exigence en matière de réglementation. L'analyse de la stabilité sous combinaison sismique accidentelle ne sera pas à envisager.

### 5.2.4. Modèle géotechnique

La stratigraphie des horizons et les paramètres géotechniques sont issus de la synthèse des éléments géotechniques en notre possession (anciennes études dont rapport G2 AVP, carte géologique, ...) et des observations sur site.

Les feuilles de calcul pour les confortements ponctuels ont été réalisées à partir des données existantes ainsi que des observations et relevés réalisés sur le terrain.

### 5.2.5. Réseaux enterrés

L'entreprise adaptera lors de l'exécution la position des boulons en fonction de la position d'éventuels réseaux (à l'approbation du Maître d'Œuvre et du contrôleur technique).

### 5.2.6. Conditions de chargement

Aucune surcharge n'a été prise en compte dans les calculs de confortement.

### 5.2.7. Prise en compte de la corrosion

Les calculs prennent en compte la corrosion des aciers conformément aux exigences de la norme EN 1537. Dans le cadre des protections contre les instabilités rocheuses, le guide du CEREMA préconise de se référer à la norme NF P94-270 « Calcul géotechnique – Ouvrages de soutènement – Remblais renforcés et massifs en sol cloué » pour la détermination de l'épaisseur sacrifiée à la corrosion.

Ainsi la corrosion des barres a été prise en compte en considérant :

- Une catégorie de corrosion eau/sol : **III – Moyennement corrosif** ;
- Une catégorie de corrosion air : **C2 – Faiblement corrosive**.

De par les **durées d'utilisation de 75 ans** pour l'ensemble des ouvrages du projet, une épaisseur sacrificielle sera considérée.

Une protection complémentaire vis-à-vis de la corrosion atmosphérique peut être recommandée pour les éléments métalliques qui dépasseront du sol. Ainsi les éléments métalliques (barres, plaques et écrou) pourront être protégés de la corrosion par application d'une peinture anticorrosion sur les parties à l'air et sur le dernier mètre enterré de la barre.

Les caractéristiques des armatures utilisées sont présentées en annexe 2.

## 5.3. Méthodes de calculs / Résultats

Seuls les ouvrages de la **catégorie géotechnique  $\geq 2$** , seront dimensionnés à partir de reconnaissances géotechniques et de calculs pour assurer que les exigences fondamentales sont satisfaites.

Les calculs des confortements ponctuels sont menés en utilisant les facteurs partiels des Eurocodes en approche 2 et en recherchant un coefficient de sécurité  $> 1.0$ .

| COEFFICIENTS PONDERATEURS (SELON EUROCODES)                               |                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Angle de frottement                                                       | 1.00                                                                     |
| Densité                                                                   | 1.35                                                                     |
| Traction limite acier clou                                                | 1.15                                                                     |
| Facteur de corrélation (moyenne) $\xi_{a1}$                               | 1.60 <sup>1</sup>                                                        |
| Facteur de corrélation (minimum) $\xi_{a2}$                               | 1.60 <sup>2</sup>                                                        |
| Frottement latéral $q_s$ ( $\gamma_{qs}$ )<br>(NF EN 1997-1 EC7 partie 1) | [ Min ( $q_{s\text{moy}} / \xi_1$ ; $q_{s\text{min}} / \xi_2$ ) ] / 1.15 |
| Cohésion                                                                  | 1.00                                                                     |
| Méthode                                                                   | 1.00                                                                     |
| Cisaillement mobilisable par une barre rigide $\gamma_c$                  | 1 / $\sqrt{3}$                                                           |

<sup>1</sup> En l'absence d'essai de convenance, un coefficient de 1.60 est appliqué ;

<sup>2</sup> En l'absence d'essai de convenance, un coefficient de 1.60 est appliqué.



|                  |  |
|------------------|--|
| (NF EN 1993-1-1) |  |
|------------------|--|

### 5.3.1. Boulonnages

Les calculs de stabilité d'un bloc en glissement plan sont réalisés à l'aide de feuilles de calculs internes qui suivent les recommandations de calcul définies dans le guide de protection contre les instabilités rocheuses.

Les calculs sont réalisés en statique.

Les barres d'ancrages sont vérifiées en traction et en cisaillement.

Les notes de calcul ont été établies pour les confortements par boulonnages. Elles sont disponibles en annexe 3.

La synthèse des caractéristiques des instabilités, des confortements proposés et des coefficients de sécurité calculés figure dans le tableau ci-après.

| SECTEUR | INSTAB.                 | DIMENSIONS MOY. |               |                  | VOLUME<br>(m³) | NBRE DE<br>BOULON(S) | Ø BOULON | LONG.<br>SCELLE<br>MINIMUM<br>(AU-DELA DE<br>LA FRACTURE) | LONG.<br>MINIMUM /<br>ANCRAGE¹ | LONG A<br>PREVOIR<br>AU TOTAL² | Fs   |
|---------|-------------------------|-----------------|---------------|------------------|----------------|----------------------|----------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|
|         |                         | Hauteur<br>(m)  | Largeu<br>(m) | Epaisseur<br>(m) |                |                      |          |                                                           |                                |                                |      |
| Y       | I2a, I2b, I2c<br>et I2d | 1.30            | 1.00          | 0.70             | 0.91           | 1                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 2.90 m                         | 3.00 m                         | 1.99 |
| X       | I5                      | 1.60            | 0.90          | 0.90             | 1.30           | 1                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 3.10 m                         | 4.00 m                         | 1.43 |
|         | I8                      | 2.30            | 1.20          | 0.60             | 1.66           | 1                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 2.80 m                         | 3.00 m                         | 1.22 |
|         | I9bis                   | 3.00            | 2.50          | 1.00             | 7.50           | 3                    | 28 mm    | 2.00 m                                                    | 3.20 m                         | 4.00 m                         | 1.45 |
|         | I10 Masses<br>diverses  | 1.50            | 1.00          | 0.50             | 0.75           | 1                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 2.60 m                         | 3.00 m                         | 2.30 |
|         | I10bis                  | 8.00            | 3.00          | 2.00             | 48.00          | 8                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 4.20 m                         | 5.00 m                         | 1.04 |
|         | I11 Masses<br>diverses  | 1.50            | 1.00          | 0.50             | 0.75           | 1                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 2.60 m                         | 3.00 m                         | 2.30 |
|         | I12                     | 1.40            | 2.00          | 0.80             | 2.24           | 2                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 3.00 m                         | 3.00 m                         | 1.62 |
|         | I13                     | 8.00            | 3.00          | 1.00             | 24.00          | 5                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 3.20 m                         | 4.00 m                         | 1.19 |
|         | I14                     | 1.00            | 1.60          | 0.50             | 0.80           | 1                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 2.70 m                         | 3.00 m                         | 2.34 |

¹ Longueur minimum par ancrage = Longueur scellée minimum + épaisseur de l'instabilité + surlongueur de 0.20 m ;

² Longueur à prévoir pour la somme des ancrages = Longueur minimum arrondie au mètre supérieur.



| SECTEUR | INSTAB.                | DIMENSIONS MOY. |                |                  | VOLUME<br>(m³) | NBRE DE<br>BOULON(S) | Ø BOULON | LONG.<br>SCELLEE<br>MINIMUM<br>(AU-DELA DE<br>LA FRACTURE) | LONG.<br>MINIMUM /<br>ANCRAGE¹ | LONG A<br>PREVOIR<br>AU TOTAL² | Fs   |
|---------|------------------------|-----------------|----------------|------------------|----------------|----------------------|----------|------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|
|         |                        | Hauteur<br>(m)  | Largeur<br>(m) | Epaisseur<br>(m) |                |                      |          |                                                            |                                |                                |      |
|         | I14bis                 | 1.80            | 1.20           | 1.00             | 2.16           | 2                    | 25 mm    | 2.00 m                                                     | 3.20 m                         | 4.00 m                         | 1.68 |
| V       | I22 Ecaille principale | 2.70            | 1.00           | 1.20             | 3.24           | 2                    | 25 mm    | 2.00 m                                                     | 3.40 m                         | 4.00 m                         | 1.10 |
|         | I22 Ecaille secondaire | 1.30            | 1.00           | 0.50             | 0.65           | 1                    | 25 mm    | 2.00 m                                                     | 3.20 m                         | 4.00 m                         | 2.65 |
| T       | I24 Masse principale   | 3.10            | 2.70           | 1.00             | 8.37           | 3                    | 28 mm    | 2.00 m                                                     | 3.20 m                         | 4.00 m                         | 1.15 |
|         | I24 Masses secondaires | 1.00            | 2.00           | 1.00             | 2.00           | 1                    | 28 mm    | 2.00 m                                                     | 3.20 m                         | 4.00 m                         | 1.32 |
|         | I25a                   | 2.00            | 4.00           | 1.00             | 1.80           | 3                    | 28 mm    | 2.00 m                                                     | 3.2 m                          | 4.00 m                         | 1.20 |
|         | I25b                   | 1.20            | 1.50           | 1.00             | 1.80           | 1                    | 28 mm    | 2.00 m                                                     | 3.2 m                          | 4.00 m                         | 1.68 |
|         | I25c                   | 1.50            | 1.80           | 1.00             | 2.70           | 1                    | 28 mm    | 2.00 m                                                     | 3.2 m                          | 4.00 m                         | 1.18 |
|         | I26                    | 1.80            | 4.00           | 1.30             | 9.36           | 3                    | 28 mm    | 2.00                                                       | 3.50                           | 4.00                           | 1.05 |
|         | I27                    | 2.00            | 1.40           | 1.40             | 3.92           | 1                    | 28 mm    | 2.00                                                       | 3.60                           | 4.00                           | 1.09 |

### 5.3.2. Grillages plaqués ancrés

Par définition, les grillages plaqués ancrés sont composés d'une structure de placage, de composants de liaison et de boulons d'ancrage.

La structure de placage a pour rôle de maintenir structurellement les parois rocheuses traitées.

Cette structure de placage est généralement composée de grillage en acier permettant une déformation élastique et une transmission des efforts aux pièces de liaison.

La structure de placage transmet les efforts aux boulons d'ancrage et par l'intermédiaire des câbles, notamment les câbles périphériques.

La géométrie et le maillage d'ancrage sont déterminés par l'état d'altération de la paroi rocheuse et des masses à conforter.

#### Instabilités I2, I8 et « zone de la grotte »

Pour le traitement des instabilités I2, I8 et « zone de la grotte » – un grillage plaqué HLE (type DELTAX®, GEOBRUGG) est préconisé.

Le dimensionnement ne répond pas à des règles mais plutôt à une expertise basée sur des retours d'expériences.

Il est toutefois usuel de respecter une profondeur d'ancrage comprise entre 2.00 et 4.00 m. En tête, le recul des grillages plaqués ancrés est fixé à 2.00 m par rapport à la crête.

#### Instabilités I25 à 27

Pour le traitement des instabilités I25 à I27 – talus constitué de masses de tailles variables plus ou moins conglomératiques, plus ou moins altérées, dans une matrice argileuse – un grillage plaqué HLE (type TECCO® G65/3, GEOBRUGG) est préconisé.

Le dimensionnement a été réalisé à l'aide du logiciel RUVOLUM® de dimensionnement du système de stabilisation de pente TECCO® distribué par GEOBRUGG.

Il est disponible en annexe 4.

|                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GRILLAGE<br/>PLAQUE</b>                                                             | Grillage : type TECCO® G65/3<br>Ancrages : barres HA 500 Ø 28 mm, espacement horizontal : 2.00 m, espacement vertical : 1.50 m, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m, forage (taillant) : Ø 68 mm minimum<br>Câbles de rives supérieure, latérales et inférieure : Ø 12 mm, nuance 1770 N/mm <sup>2</sup> |
| Vérification du filet au cisaillement en bordure amont des plaques à griffes           | <b>Satisfaisant</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Vérification du filet soumis à une force ponctuelle Z transmise aux ancrages           | <b>Satisfaisant</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Vérification des ancrages dans le cas d'un glissement superficiel parallèle à la pente | <b>Satisfaisant</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                                |              |
|------------------------------------------------|--------------|
| Vérification du filet au poinçonnement         | Satisfaisant |
| Vérification des ancrages aux efforts combinés | Satisfaisant |

### 5.3.3. Filets plaqués

Par définition, les filets plaqués ancrés sont composés d'une structure de placage, de composants de liaison et de boulons d'ancrage.

La structure de placage a pour rôle de maintenir structurellement les parois rocheuses traitées.

Cette structure de placage est généralement composée de filets de câbles ou d'anneaux en acier permettant une déformation élastique et une transmission des efforts aux pièces de liaison.

La structure de placage transmet les efforts aux boulons d'ancrage et par l'intermédiaire des câbles, notamment les câbles périphériques.

#### Instabilité I9

Un filet de câbles plaqué est préconisé pour le confortement de l'instabilité I9.

Le dimensionnement du filet plaqué est réalisé à l'aide de feuilles de calculs internes qui suivent les recommandations de calcul définies dans le guide de protection contre les instabilités rocheuses.

Les calculs sont réalisés en statique.

La note de calcul a été établie pour le confortement par grillage plaqué. Elle est disponible en annexe 5.

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FILET PLAQUE           | <p>Filet de câbles Ø 8 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, maille 250 x 250 mm</p> <p>Ancrages : barres HA 500 Ø 28 mm, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m, forage (taillant) : Ø 68 mm minimum</p> <p>Câbles périphériques, de placage et élingues : Ø 16 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup></p> |
| Facteur de Sécurité Fs | 1.05                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |



## 6. Détail des travaux

### 6.1. Sécurisation et préparation du chantier

Des arrêtés départementaux ont été pris en 2015 et en 2018 pour interdire respectivement la circulation automobile et celle des cyclistes et des piétons.

Néanmoins, lors de nos venues nous avons constaté que des piétons et cyclistes circulaient tout de même le long de ce tronçon.

Par conséquent, il conviendra de mettre en place à l'amont et à l'aval du chantier une signalisation ainsi qu'une fermeture physique (pose de barrières de type HERAS).

### 6.2. Dévégétalisation

Il conviendra de réaliser un débroussaillage des talus rocheux et des versants en pied (secteur Y) afin de libérer les emprises de travaux, notamment sur les zones de grillages et filets plaqués, et de mettre en évidence d'éventuelles instabilités supplémentaires.

Un abattage des arbres situés en paroi, en crête ou à proximité immédiate sera effectué afin de prévenir des risques de déstabilisation de la roche.

### 6.3. Purges préparatoires

Des purges préparatoires seront réalisées pour assurer la mise en sécurité des postes de travail.

Le nettoyage manuel ou à la canne à purge sera privilégié.

Les purges manuelles devront permettre de supprimer les éléments fortement instables, sans pour autant déstabiliser de nouvelles zones.

### 6.4. Purges et déroctages mécanisés

Les purges et déroctages mécanisés concerneront des éléments plus volumineux et seront effectués à l'aide d'une pelle mécanique (équipé d'une griffe ou d'un BRH).

Les volumes estimés sont présentés ci-après :

- |                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| • Secteur Y $\approx 90 \text{ m}^3$ | • Secteur V $\approx 40 \text{ m}^3$ |
| • Secteur X $\approx 30 \text{ m}^3$ | • Secteur U - Néant                  |
| • Secteur W $\approx 10 \text{ m}^3$ | • Secteur T $\approx 10 \text{ m}^3$ |

Soit un total estimé à environ  $180 \text{ m}^3$  sur l'ensemble du linéaire du tronçon 1.

## 6.5. Boulonnages

Les instabilités suivantes seront à conforter par des barres d'ancrages passives :

| SECTEUR | INSTAB.                | NBRE / TYPE DE BARRE                | LONGUEUR SCLEE MINIMUM (AU-DELA DE LA FRACTURE) | INCL. | Ø FORAGE MINIMUM (TAILLANT) |
|---------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|-------|-----------------------------|
| Y       | I2a, I2b, I2c et I2d   | 1 barre<br>HA 500 Ø 25 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
| X       | I5                     | 1 barre<br>HA 500 Ø 25 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I8                     | 1 barre<br>HA 500 Ø 25 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I9bis                  | 3 barres<br>HA 500 Ø 28 mm          | 2.00 m                                          | 30°   | 68 mm                       |
|         | I10 Masses diverses    | 1 barre<br>HA 500 Ø 25 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I10bis                 | 8 barres<br>HA 500 Ø 25 mm          | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I11 Masses diverses    | 1 barre<br>HA 500 Ø 25 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I12                    | 2 barres<br>HA 500 Ø 25 mm          | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I13                    | 5 barres<br>HA 500 Ø 25 mm          | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I14                    | 1 barre<br>HA 500 Ø 25 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I14bis                 | 2 barres<br>HA 500 Ø 25 mm          | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
| V       | I22 Ecaille principale | 2 barres<br>HA 500 Ø 25 mm          | 2.00 m                                          | 5°    | 55 mm                       |
|         | I22 Ecaille secondaire | 1 barre<br>HA 500 Ø 25 mm           | 2.00 m                                          | 5°    | 55 mm                       |
| T       | I24 Masse principale   | 3 barres<br>HA 500 Ø 28 mm          | 2.00 m                                          | 10°   | 68 mm                       |
|         | I24 Masses secondaires | 1 barre<br>HA 500 Ø 28 mm par masse | 2.00 m                                          | 10°   | 68 mm                       |
|         | I25a                   | 3 barres<br>HA 500 Ø 28 mm          | 2.00 m                                          | 10°   | 68 mm                       |
|         | I25b                   | 1 barre<br>HA 500 Ø 28 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 68 mm                       |
|         | I25c                   | 1 barre<br>HA 500 Ø 28 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 68 mm                       |

| SECTEUR | INSTAB. | NBRE / TYPE DE BARRE       | LONGUEUR SCLEE MINIMUM (AU-DELA DE LA FRACTURE) | INCL. | Ø FORAGE MINIMUM (TAILLANT) |
|---------|---------|----------------------------|-------------------------------------------------|-------|-----------------------------|
|         | I26     | 3 barres<br>HA 500 Ø 28 mm | 2.00 m                                          | 10°   | 68 mm                       |
|         | I27     | 1 barre<br>HA 500 Ø 28 mm  | 2.00 m                                          | 10°   | 68 mm                       |

Une pré-implantation des boulons d'ancrage est présentée sur les plans d'exécution en annexe 6. L'implantation définitive sera définie lors de la phase de suivi d'exécution.

## 6.6. Grillages plaqués

### Instabilités I2, I8 et « zone de la grotte »

La géométrie globale des ouvrages est décrite dans le tableau suivant :

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GRILLAGE        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Type DELTAX® G80/2, maille rhomboïdale, 101 x 175 mm, fil Ø 2.0 mm, 1 770 N/mm², galvanisé</li> <li>1 nappe</li> <li>Recul en tête de 2.00 m par rapport à la crête</li> </ul>                                                                                        |
| RIVE SUPERIEURE | <ul style="list-style-type: none"> <li>Barres HA 500 Ø 25 mm, espacement maximum : 3.00 m, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>1</sup>, forage (taillant) : Ø 55 mm minimum</li> <li>Câble Ø 16 mm, nuance 1770 N/mm², galvanisé à chaud classe A, interrompu tous les 12.00 m</li> </ul> |
| RIVE INFÉRIEURE | <ul style="list-style-type: none"> <li>Barres HA 500 Ø 25 mm, espacement maximum : 4.00 m, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>2</sup>, forage (taillant) : Ø 55 mm minimum</li> <li>Câble Ø 12 mm, nuance 1770 N/mm², galvanisé à chaud classe A, interrompu tous les 12.00 m</li> </ul> |
| RIVES LATÉRALES | <ul style="list-style-type: none"> <li>Câble Ø 12 mm, nuance 1770 N/mm², galvanisé à chaud classe A.</li> </ul>                                                                                                                                                                                              |
| PLACAGE         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Barres HA 500 Ø 25 mm, maillage 1 U / 10 m², longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>3</sup>, forage (taillant) : Ø 55 mm minimum</li> </ul>                                                                                                           |

Le tableau ci-après présente les surfaces estimées des grillages plaqués type DELTAX® G80/2 sur les secteurs concernés.

<sup>1</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;

<sup>2</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;

<sup>3</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;



| SECTEURS | INSTAB.           | LARGEUR  | LONGUEUR DEVELOPPEE <sup>1</sup> | SURFACE (Y COMPRIS RETRAIT EN TETE) <sup>2</sup> | OBSERVATIONS                                                            |
|----------|-------------------|----------|----------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Y        | I2                | 14.00 ml | 7.00 m                           | 160 m <sup>2</sup>                               | Grillage plaqué toute hauteur<br><b>Nbre d'ancrages : 24</b>            |
| X        | I8                | 20.00 ml | 9.00 m                           | 270 m <sup>2</sup>                               | Grillage plaqué toute hauteur<br><b>Nbre d'ancrages : 35</b>            |
| T        | Zone de la grotte | 18.00 ml | 7.00 m                           | 200 m <sup>2</sup>                               | Grillage plaqué en partie haute du front<br><b>Nbre d'ancrages : 28</b> |

Une pré-implantation des grillages plaqués est présentée sur les plans d'exécution en annexe 6. L'implantation définitive sera définie lors de la phase de suivi d'exécution.

### Instabilités I25 à 27

La géométrie globale des ouvrages est décrite dans le tableau suivant :

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GRILLAGE        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Type TECCO® G65/3, maille rhomboïdale, 83 x 143 mm, fil Ø 3.0 mm, 1 770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé</li> <li>1 nappe</li> <li>Recul en tête de 3.00 m par rapport à la crête</li> </ul>                                                                                          |
| RIVE SUPERIEURE | <ul style="list-style-type: none"> <li>Barres HA 500 Ø 28 mm, espacement maximum : 2.00 m, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>3</sup>, forage (taillant) : Ø 68 mm minimum</li> <li>Câble Ø 12 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A, interrompu tous les 12.00 m</li> </ul> |
| RIVE INFERIEURE | <ul style="list-style-type: none"> <li>Barres HA 500 Ø 28 mm, espacement maximum : 2.00 m, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>4</sup>, forage (taillant) : Ø 68 mm minimum</li> <li>Câble Ø 12 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A, interrompu tous les 12.00 m</li> </ul> |
| RIVES LATERALES | <ul style="list-style-type: none"> <li>Câble Ø 12 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A.</li> </ul>                                                                                                                                                                                              |
| PLACAGE         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Barres HA 500 Ø 28 mm, espacement horizontal : 2.00 m, espacement vertical : 1.50 m, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>5</sup>, forage (taillant) : Ø 68 mm minimum</li> </ul>                                                                              |

Le tableau ci-après présente les surfaces estimées du grillage plaqué type TECCO® G65/3 sur le secteur concerné.

<sup>1</sup> Correspondant à la longueur moyenne effective du versant (parallèle à la pente) ;

<sup>2</sup> Augmentée de 20% (prise en compte des irrégularités du versant) et arrondie à la dizaine supérieure ;

<sup>3</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;

<sup>4</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;

<sup>5</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;

| SECTEUR | INSTAB.   | LARGEUR  | LONGUEUR DEVELOPPEE <sup>1</sup> | SURFACE (Y COMPRIS RETRAIT EN TETE) <sup>2</sup> | OBSERVATIONS                                                 |
|---------|-----------|----------|----------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| T       | I25 à I27 | 25.00 ml | 5.00 m                           | 240 m <sup>2</sup>                               | Grillage plaqué toute hauteur<br><b>Nbre d'ancrages : 77</b> |

Une pré-implantation des grillages plaqués est présentée sur les plans d'exécution en annexe 6. L'implantation définitive sera définie lors de la phase de suivi d'exécution.

## 6.7. Filets plaqués

La géométrie globale des ouvrages est décrite dans le tableau suivant :

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FILLET           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filet de câbles Ø 8 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A, maille 250 x 250 mm</li> <li>• Câble périphérique : câble Ø 16 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A</li> <li>• Recul en tête de 2.00 m par rapport à la crête</li> <li>• Retours latéraux de 1.00 m de part et d'autre de la masse rocheuse</li> </ul> |
| ANCRAGES PERIPH. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Barres HA 500 Ø 28 mm, espacement maximum : 3.00 m, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>3</sup>, forage (taillant) : Ø 68 mm minimum</li> <li>• Elingues : câble Ø 16 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A</li> </ul>                                                                                                 |
| PLACAGE          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Barres HA 500 Ø 28 mm, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>4</sup>, forage (taillant) : Ø 68 mm minimum</li> <li>• <i>Câblage éventuel : câble Ø 16 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A</i></li> </ul>                                                                                                               |

Le tableau ci-après présente les surfaces estimées du filet plaqué sur le secteur concerné.

| SECTEUR | INSTAB. | LARGEUR  | LONGUEUR DEVELOPPEE <sup>5</sup> | SURFACE (Y COMPRIS RETRAIT + RETOURS) <sup>6</sup> | OBSERVATIONS                                              |
|---------|---------|----------|----------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| X       | I8      | 10.00 ml | 5.00 m                           | 90 m <sup>2</sup>                                  | Filet plaqué toute hauteur<br><b>Nbre d'ancrages : 24</b> |

Une pré-implantation des grillages plaqués est présentée sur les plans d'exécution en annexe 6. L'implantation définitive sera définie lors de la phase de suivi d'exécution.

<sup>1</sup> Correspondant à la longueur moyenne effective du versant (parallèle à la pente) ;

<sup>2</sup> Augmentée de 20% (prise en compte des irrégularités du versant) et arrondie à la dizaine supérieure ;

<sup>3</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;

<sup>4</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;

<sup>5</sup> Correspondant à la longueur moyenne effective du versant (parallèle à la pente) ;

<sup>6</sup> Arrondie à la dizaine supérieure.

## 6.8. Récapitulatif des quantités

| FOURNITURES                              | UNITE | SECTEURS                |     |   |    |   |     | TOTAL  |
|------------------------------------------|-------|-------------------------|-----|---|----|---|-----|--------|
|                                          |       | Y                       | X   | W | V  | U | T   |        |
| Boulonnages                              |       |                         |     |   |    |   |     |        |
| Barre HA 500 Ø 25 mm                     | ml    | 12                      | 102 |   | 12 |   |     | 126 ml |
|                                          |       | Provision pour imprévus |     |   |    |   |     | 40 ml  |
| Barre HA 500 Ø 28 mm                     | ml    |                         | 12  |   |    |   | 56  | 68 ml  |
|                                          |       | Provision pour imprévus |     |   |    |   |     | 20 ml  |
| Plaque d'appui Ø 200 x 10 mm + Ecrou     | U     | 4                       | 26  |   | 3  |   | 17  | 50 U   |
|                                          |       | Provision pour imprévus |     |   |    |   |     | 10 U   |
| Grillages plaqués type DELTAX® G80/2     |       |                         |     |   |    |   |     |        |
| Grillage type DELTAX® G80/2              | m²    | 160                     | 270 |   |    |   | 200 | 630 m² |
| Barre HA 500 Ø 25 mm                     | ml    | 48                      | 70  |   |    |   | 56  | 174 ml |
| Plaque d'appui 200 x 200 x 10 mm + Ecrou | U     | 24                      | 35  |   |    |   | 28  | 87 U   |
| Câble Ø 12 mm                            | ml    | 60                      | 70  |   |    |   | 60  | 190 ml |
| Grillages plaqués type TECCO® G65/3      |       |                         |     |   |    |   |     |        |
| Grillage type TECCO® G65/3               | m²    |                         |     |   |    |   | 240 | 240 m² |
| Barre HA 500 Ø 28 mm                     | ml    |                         |     |   |    |   | 231 | 231 ml |
| Plaque à griffes de type P33 + Ecrou     | U     |                         |     |   |    |   | 77  | 77 U   |



| FOURNITURES                                 | UNITE | SECTEURS  |    |   |   |   |    | TOTAL |
|---------------------------------------------|-------|-----------|----|---|---|---|----|-------|
|                                             |       | Y         | X  | W | V | U | T  |       |
| Câble Ø 12 mm                               | ml    |           |    |   |   |   | 80 | 80 ml |
| <b>Filets plaqués</b>                       |       |           |    |   |   |   |    |       |
| Filet de câbles Ø 8 mm, maille 250 x 250 mm | m²    |           | 90 |   |   |   |    | 90 m² |
| Barre HA 500 Ø 28 mm                        | ml    |           | 96 |   |   |   |    | 96 ml |
| Plaque d'appui 200 x 200 x 10 mm + Ecrou    | U     |           | 24 |   |   |   |    | 24 U  |
| Câble Ø 16 mm                               | ml    |           | 20 |   |   |   |    | 20 ml |
| Câble Ø 16 mm (placage)                     | ml    | Provision |    |   |   |   |    | 30 ml |

| FOURNITURES                                 | UNITE          | TOTAL              |
|---------------------------------------------|----------------|--------------------|
| Grillage type DELTAX® G80/2                 | m <sup>2</sup> | 630 m <sup>2</sup> |
| Grillage type TECCO® G65/3                  | m <sup>2</sup> | 240 m <sup>2</sup> |
| Filet de câbles Ø 8 mm, maille 250 x 250 mm | m <sup>2</sup> | 90 m <sup>2</sup>  |
| Barre HA 500 Ø 25 mm                        | ml             | 340 ml             |
| Barre HA 500 Ø 28 mm                        | ml             | 319 ml             |
| Plaque d'appui Ø 200 x 10 mm + Erou         | U              | 60 U               |
| Plaque d'appui 200 x 200 x 10 mm + Erou     | U              | 111 U              |
| Plaque à griffes de type P33 + Erou         | U              | 77 U               |
| Câble Ø 16 mm                               | ml             | 50 ml              |
| Câble Ø 12 mm                               | ml             | 270 ml             |

## 6.9. Installations – Accès au chantier

L'emplacement des installations de chantier est laissé à l'initiative de l'entreprise, en accord avec la MOE/MOA et les contraintes du site.

Les accès se feront par la RD 9G.

Les moyens de levage pourront être mécanisés (chariot élévateur, grue mobile, ...).

## 6.10. Contraintes de chantier / Zones réglementées

### ZNIEFF I et II

Les travaux sont dans l'emprise de la ZNIEFF type I – Gorges de la Save et vallée de la Seygouade.

Les travaux sont hors emprise de la zone ZNIEFF type II.

### NATURA 2000

Les travaux sont hors de l'emprise de la zone NATURA.

### Patrimoine

L'Atlas des patrimoines recense plusieurs zonages sur l'emprise des travaux :

- Monument historique – Ensemble des grottes et abris préhistoriques de la vallée de la Save ;

- Site classé – AC2 SC Château ruines parcelle terrain qui les contient Lespugue ;
- Site inscrit – AC2 SI Gorges de la Save.

Les Gorges de la Save présentent par ailleurs un potentiel archéologique.

Les contraintes qui en découlent (étude d'impact, demande d'autorisation de travaux, mise en défens d'espèces endémiques, ...) ne sont pas prises en compte dans ce rapport Projet (ni en majoration des coûts, ni des délais).

## 6.11. Estimation du montant des travaux

*Les montants fournis ne sont qu'indicatifs, ils résultent de prix unitaires obtenus à partir de consultations d'entreprises ou d'appels d'offres antérieurs pour des marchés concernant les travaux spéciaux. Seule une consultation d'entreprises permettra d'avoir un montant précis des travaux.*

L'estimation présentée ci-après est donnée à titre d'exemple, hors études / travaux complémentaires éventuels (environnementales et patrimoniales), et hors coûts des visites préalables par le conducteur de travaux et/ou le chef de chantier.

| DESIGNATION DES PRESTATIONS                                            | QUANTITE          | PRIX UNITAIRES HT   | MONTANT HT |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|------------|
| <b>Travaux généraux – Documents à remettre</b>                         |                   |                     |            |
| Installation de chantier                                               | 1 F               | 10 000 €            | 10 000 €   |
| Signalisation / Protection                                             | 1 F               | 5 000 €             | 5 000 €    |
| Documents administratifs (PAQ – SOGED – PPSPS)                         | 1 F               | 1 500 €             | 1 500 €    |
| Documents techniques (Etude d'EXEcution G3, Dossier Ouvrages Exécutés) | 1 F               | 5 000 €             | 5 000 €    |
| <b>Travaux préparatoires</b>                                           |                   |                     |            |
| Dévégétalisation                                                       | 10 J/eq           | 900 €               | 9 000 €    |
| Purges manuelles                                                       | 20 J/eq           | 800 €               | 12 000 €   |
| Déroctages généraux                                                    | 10 J              | 1 200 €             | 12 000 €   |
| Déroctages I1 et I14ter                                                | 90 m <sup>3</sup> | 50 €/m <sup>3</sup> | 4 500 €    |
| <b>Dispositif de confortements et de sécurisations</b>                 |                   |                     |            |
| <b>Ancrages ponctuels</b>                                              |                   |                     |            |



|                                             |        |         |                     |
|---------------------------------------------|--------|---------|---------------------|
| Ancrages de confortement Ø 25 mm            | 166 ml | 80 €/ml | 13 280 €            |
| Ancrages de confortement Ø 28 mm            | 88 ml  | 85 €/ml | 7 480 €             |
| <b>Grillages plaqués type DELTAX® G80/2</b> |        |         |                     |
| Grillage type DELTAX® G80/2                 | 630 m² | 25 €/m² | 15 750.00 €         |
| Ancrages Ø 25 mm                            | 174 ml | 80 €/ml | 13 920.00 €         |
| Câbles Ø 12 mm                              | 190 ml | 15 €/ml | 2 850.00 €          |
| <b>Grillages plaqués type TECCO® G65/3</b>  |        |         |                     |
| Grillage type TECCO® G65/3                  | 240 m² | 70 €/m² | 16 800.00 €         |
| Ancrages Ø 28 mm                            | 231 ml | 85 €/ml | 19 635.00 €         |
| Câbles Ø 12 mm                              | 80 ml  | 15 €/ml | 1 200.00 €          |
| <b>Filets plaqués</b>                       |        |         |                     |
| Filet de câbles Ø 8 mm, maille 250 x 250 mm | 90 m²  | 70 €/m² | 6 300.00 €          |
| Ancrages Ø 28 mm                            | 96 ml  | 85 €/ml | 8 160.00 €          |
| Câbles Ø 16 mm                              | 20 ml  | 20 €/ml | 400.00 €            |
| <b>Essais et contrôles</b>                  |        |         |                     |
| Essais de conformité sur ancrage            | 5      | 750     | 3 750.00 €          |
| Essais de contrôle sur ancrages             | 5      | 550     | 2 750.00 €          |
| Contrôles sur coulis de scellement          | 3      | 150     | 450.00 €            |
| <b>TOTAL HT</b>                             |        |         | <b>171 725.00 €</b> |

## 6.12. Estimation du délai des travaux / Planning

La durée des travaux de base est estimée à **2.5 mois**.

En raison de contraintes environnementale (hibernation des chyroptères), il est envisagé avec le Maître d'Ouvrage un phasage des travaux en 2 tranches :

- Tranche 1 – Mi-Janvier / Mi-Mars 2026 : travaux sur les secteurs Y, X, W et V (hors instabilité I22) ;
- Tranche 2 – Mars / Mi-Avril 2026 : travaux sur les secteurs V (instabilité I22) et T.

Ci-après est proposé un planning prévisionnel. Il pourra faire l'objet d'adaptations en cours de chantier notamment en optimisant certaines prestations concomitantes.

| MOIS<br>SEMAINE<br>PRESTATION                                                  | JANVIER |    |    |    | FEVRIER |    |    |    | MARS |     |     |     | AVRIL |     |     |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------|----|----|----|---------|----|----|----|------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
|                                                                                | S1      | S2 | S3 | S4 | S5      | S6 | S7 | S8 | S9   | S10 | S11 | S12 | S13   | S14 | S15 | S16 |
| Préparation du chantier                                                        |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Installation de l'entreprise                                                   |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Essais de conformités (ancrages + essais) – Tranche 1                          |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Etude G3 (vérification dimensionnement grillages / filets plaqués) – Tranche 1 |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Dévégétalisation / Abattages sélectifs – Tranche 1                             |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Purges manuelles contrôlées / Déroctages – Tranche 1                           |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Ancrages (boulonnages + grillages / filets plaqués) – Tranche 1                |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Essais de contrôle – Tranche 1                                                 |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Grillages / Filets plaqués – Tranche 1                                         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Essais de conformités (ancrages + essais) – Tranche 2                          |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Etude G3 (vérification dimensionnement grillages / filets plaqués) – Tranche 2 |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Dévégétalisation / Abattages sélectifs – Tranche 2                             |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Purges manuelles contrôlées / Déroctages – Tranche 2                           |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Ancrages (boulonnages + grillages / filets plaqués) – Tranche 2                |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |





| PRESTATION                     | MOIS    | JANVIER |    |    |    | FEVRIER |    |    |    | MARS |     |     |     | AVRIL |     |     |     |
|--------------------------------|---------|---------|----|----|----|---------|----|----|----|------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
|                                | SEMAINE | S1      | S2 | S3 | S4 | S5      | S6 | S7 | S8 | S9   | S10 | S11 | S12 | S13   | S14 | S15 | S16 |
| Essais de contrôle – Tranche 2 |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Grillages plaqués – Tranche 2  |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Repli de l'entreprise          |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |

## 7. Matériaux constitutifs

### 7.1. Grillages

#### Type DELTAX® (ou équivalent)

- Système retenu (ou équivalent) : type DELTAX® G80/2
- Résistance du filet à la traction longitudinale :  $\geq 53 \text{ kN/m}^2$
- Diamètre intérieur de la maille : 82 mm
- Diamètre du fil : 2 mm
- Limite élastique du fil :  $\geq 1\,770 \text{ N/mm}^2$
- Plaques à griffes : 330 x 205 x 7 mm

#### Type TECCO® (ou équivalent)

- Système retenu (ou équivalent) : type TECCO® G65/3 associé aux plaques à griffes P33
- Résistance du filet à la traction :  $\geq 150 \text{ kN/m}^2$
- Résistance du filet au poinçonnement :  $\geq 180 \text{ kN/m}^2$
- Résistance du filet au cisaillement :  $\geq 90 \text{ kN/m}^2$
- Diamètre intérieur de la maille : 65 mm
- Diamètre du fil : 3 mm
- Limite élastique du fil :  $\geq 1\,770 \text{ N/mm}^2$
- Plaques à griffes : 330 x 205 x 7 mm

### 7.2. Filets

- Filet de câbles  $\varnothing 8 \text{ mm}$ , nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A
- Maille : 250 x 250 mm
- Câble périphérique  $\varnothing 16 \text{ mm}$  (voir caractéristiques ci-après) tressé sur le pourtour

### 7.3. Barres d'ancrages

Les aciers H.A. des barres d'ancrages sont de nuance 500 / 550 N/mm<sup>2</sup> classe IV.

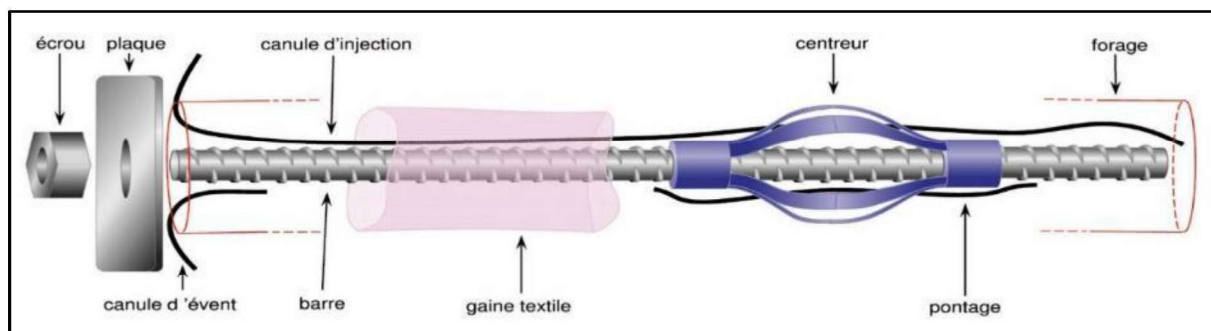
Il s'agit de barres pleines vissables sur toute leur longueur de diamètre 25 et 28 mm.

Les barres d'ancrages seront équipées de 2 centreurs minimum, espacés au maximum de 2.00 m, et d'une canule d'injection permettant l'injection du coulis à partir du fond du trou. Cette injection se fera gravitairement au coulis de ciment CEM I 52,5 N PM ES CP2 (rapport C/E compris entre 1.8 et 2.2).

Les plaques d'appui ronde, de dimensions  $\varnothing 200 \times 10$  mm pour les ancrages  $\varnothing 25$  et  $28$  mm, sont en acier galvanisé classe A de nuance S235 défini par la Norme EN 10 025-2. Elles sont associées à un écrou électro-zingué.

Pour les grillages plaqués type DELTAX®, les ancrages seront équipés de plaques d'appui carré  $200 \times 200 \times 10$  mm.

Pour les grillages plaqués type TECCO®, les ancrages seront équipés de plaques à griffes de type P33.



Vue schématique d'un boulon scellé au coulis de ciment et de ses principaux constituants et manchonnage – Source : Cerema

## 7.4. Câbles

Il s'agit de câbles multi-toron en acier de nuance  $1770 \text{ N/mm}^2$  agencés en  $6 \times 19$  fils autour d'une âme métallique (mention 6 X 19 IWRC). Les câbles à âme textile sont interdits.

Ces câbles sont galvanisés à chaud classe A suivant la norme NF EN 12385-4+A1.

### Diamètre :

- 16 mm pour les câbles de filet plaqué
- 12 mm pour les câbles de grillage plaqué

### Valeurs de rupture minimale en fonction du diamètre du câble :

- Câble  $\varnothing 16 \text{ mm}$  → 161 kN
- Câble  $\varnothing 12 \text{ mm}$  → 90.70 kN

## 7.5. Cosses cœurs

Les cosses cœurs ont une largeur adaptée aux câbles utilisés.

Le rayon de courbure de la partie fermée est au moins égal à trois fois le diamètre du câble.

Les cosses cœurs sont galvanisés classe A suivant la norme NF EN ISO 2081.



## 7.6. Serre-câbles

Les serre-câbles sont de type B selon la Norme EN 13411-5 (Green Pin® ou équivalent).

Les serre-câbles sont galvanisés classe A selon la norme NF EN 10244-2.

Le diamètre des serre-câbles est adapté à celui du câble utilisé.

En sollicitation statique, l'écartement entre chaque serre-câbles est compris entre 1,5 et 3 fois la largeur de l'embase du serre-câble. En sollicitation dynamique, l'écartement entre chaque serre-câbles est au minimum de 6 à 8 fois le diamètre du câble utilisé.

Le nombre de serres-câble et le couple de serrage sont fonction du diamètre du câble utilisé et du type de serres-câble employés. Ils sont définis par la Norme NF EN 13411-5.

- Câble Ø 16 mm → 

|                                                      |
|------------------------------------------------------|
| Nombre de serres-câbles Green Pin® ou équivalent : 3 |
| Couple de serrage : 129.0 N.m                        |
- Câble Ø 12 mm → 

|                                                      |
|------------------------------------------------------|
| Nombre de serres-câbles Green Pin® ou équivalent : 3 |
| Couple de serrage : 88.0 N.m                         |

## 8. Dispositions techniques particulières

### Essais et contrôles

- Essais de conformité sur ancrages – 5 U (*A réaliser au début du chantier*) ;
- Essais de contrôle sur ancrages – 5 U ;
- Essais de contrôle sur coulis – 3 U.

### Normes et procédure d'exécution des essais sur ancrages

La procédure des essais sera conforme à la Norme NF P 94-242-1 pour les scellements répartis en sols meubles et à la Norme XP P 94-444 pour les scellements directs au rocher.

Le dispositif de mesure du déplacement axial de la tête de l'ancrage devra avoir une incertitude de mesure inférieure à 0.1 mm.

Le massif de réaction devra être dimensionné pour résister sans déformation notable aux tensions appliquées lors des essais et avoir ses appuis placés en dehors de la zone d'influence de l'ancrage.

Pour chaque essai, un PV d'essai sera dressé. Il devra mentionner la norme utilisée, la date et l'heure de l'essai, l'identité du vérificateur, l'identification de l'ancrage testé, la nature et la géométrie de l'ancrage testé, les valeurs mesurées en cours d'essai conformément à la Norme utilisée et une présentation des résultats sous forme d'un graphique avec conclusions de l'essai.

### Essais de conformité sur ancrages

**5 essais de conformité** seront réalisés au début du chantier préalablement à la réalisation des ancrages. L'objectif de ces essais est de déterminer le coefficient de frottement latéral  $Q_s$  des terrains.

Les clous réalisés à cet effet ne seront pas réutilisés, ni inclus dans les ouvrages.

La foration des ancrages ne pourra commencer qu'une fois les essais de conformité réalisés par l'entreprise et validés par le Maître d'Œuvre.

### Essais de contrôle sur ancrages

Pendant les travaux, il est prévu de réaliser **5 essais de contrôle** d'exécution sur les ancrages. Le choix des clous d'essai sera défini par le Maître d'œuvre. Pour la réalisation des essais de contrôle, la traction maximale sur l'ancrage sera déterminée par le Maître d'œuvre.

Ces essais seront effectués au cours de l'exécution après une prise d'**au moins 5 jours du coulis**.

**Conformité** – Les ancrages réalisés à cet effet pourront être inclus dans l'ouvrage si aucun phénomène de fluage ou de rupture n'apparaît au dépouillement.

**Non-conformité** – Les ancrages testés montrant une non-conformité (rupture ou fluage) seront refaits aux frais de l'entreprise. Ils pourront faire l'objet de nouveaux essais de contrôle.

### Essais de contrôle sur coulis

Le coulis de scellement devra être vérifié par des essais de laboratoire de type : mesure de densité apparent et résistance à la compression (à 7 jours et à 28 jours) à chaque phase d'injection des ancrages du chantier.

Pendant les travaux, il est prévu de réaliser **3 essais de contrôle sur coulis**.



## 9. Surveillance et entretien des ouvrages

La **surveillance** nécessitera :

- **des visites annuelles** (et au lendemain d'un événement majeur : épisode pluvieux intense, séisme, éboulement, ...), afin de contrôler la sollicitation des ouvrages (présence de blocs dans les grillages et filets plaqués) et leur état global. A chaque visite, des photographies seront prises et un compte-rendu de visite sera rédigé ;
- **des inspections détaillées (tous les 3 ans)** dans le but d'inspecter les différents éléments constitutifs des ouvrages (grillage, ancrages, câbles, ...) et de valider leur intégrité et leur bon fonctionnement, ainsi que leur géométrie. Le cas échéant, elles permettront de définir un programme de travaux. Pour chaque ouvrage sera rédigée un PV d'inspection détaillée.

Les visites concerneront l'ensemble des confortements réalisés.

Tous les ouvrages préconisés ne peuvent être inspectés et entretenus par des agents d'entretien courant compte tenu du contexte acrobatique et d'exposition aux instabilités rocheuses.

Les interventions d'inspection et d'entretien doivent être menées par du personnel spécifique. Il pourra s'agir d'une part d'un BET spécialisé et d'autre part de l'entreprise de travaux ayant réalisé les ouvrages.

### 9.1. Boulonnages

La reprise de la protection anticorrosion par peinture des pièces métalliques – même galvanisées – (têtes de boulons : partie non scellée de la barre, plaque, écrou) : nettoyage par brossage des éléments corrodés puis application de deux couches de peintures anticorrosion. Le choix des peintures utilisées, leur épaisseur et le mode d'application devront correspondre à un des systèmes certifiés par l'ACQPA. La protection des plaques d'ancrage suppose leur démontage et leur repose après séchage, si la corrosion est trop importante leur remplacement sera envisagé.

La fréquence de l'entretien devra être **tous les 5 à 10 ans** (moins si constat de corrosion importante). Les préconisations émises sur les boulons de confortement sont applicables aux barres d'ancrages des grillages et filets plaqués.

### 9.2. Grillages et filets plaqués

Si un remplissage de l'ouvrage est constaté (poche de matériaux en pied ou en paroi, ouvrage dangereusement en tension) il conviendra d'envisager la purge des matériaux retenus pour permettre à l'ouvrage de conserver sa fonctionnalité.

La maintenance consiste donc à vidanger ces poches d'accumulation, ce qui peut nécessiter d'ouvrir ponctuellement le grillage, puis de réparer l'ouvrage par remise en tension du câble de pied ou de rappel en paroi et reprise des ligatures. Il conviendra d'éviter toute mise en tension excessive du grillage qui pourrait engendrer sa destruction.

Le remplacement d'éléments défectueux (grillage, filet, câbles et pièces d'accastillage : serre-câbles, cosses cœurs, manilles) peut également s'avérer nécessaire suite à la sollicitation de l'ouvrage ou si une corrosion importante et/ou anormale est observée.

Enfin il conviendra de procéder à de la dévégétalisation pour éviter que les arbres mettent le grillage en surtension (lorsque le diamètre des arbres devient supérieur à celui de la maille du grillage) et à la reprise de la protection anticorrosion par peinture des pièces métalliques non galvanisées (têtes de barres : partie non scellée de la barre, plaque, écrou) comme décrit précédemment.

La fréquence de l'entretien est fonction de la sollicitation de l'ouvrage (taux de remplissage observé, végétation). Ce qui nécessite d'organiser un suivi périodique (contrôle visuel régulier) avec rédaction de fiches de visites.

La fréquence de l'entretien devra être **tous les 5 à 10 ans** (moins si constat de corrosion importante) pour les barres d'ancrages.

Si les éléments relatifs à la protection anticorrosion peuvent se programmer avec une fréquence établie, les opérations de purge et réfection des ouvrages sont liées à l'évolution naturelle du talus rocheux et imposent au gestionnaire une certaine réactivité. Cette maintenance fait partie intégrante de la vie de ce type d'ouvrage.



## 10. Conclusion

L'aléa résultant est globalement qualifié de **MOYEN** à **FORT** vis-à-vis des chutes de pierres et de blocs, sur le Tronçon 1 des Gorges de la Save.

Ce niveau d'aléa impose la mise en place d'une stratégie de sécurisation.

Il est prévu la réalisation de :

- purges et déroctages mécanisés ;
- boulonnages de masses instables par des ancrages GEWI HA 500 Ø 25 mm et Ø 28 mm ;
- confinement des talus rocheux par grillage plaqué type DELTAX® G80/2 et TECCO® 65/3 ;
- confinement d'un amas rocheux par filet de câbles Ø 8 mm – maille : 250 x 250 mm – plaqué.

Préalablement à la réalisation des ancrages, une dévégétalisation et des purges préparatoires seront effectuées sur l'emprise des travaux.

La durée des travaux est estimée à **2.5 mois**.

Après réalisation des travaux, l'aléa résultant résiduel serait qualifié globalement de **TRES FAIBLE** à **FAIBLE**.

Cette étude géotechnique de Conception – Phase Projet (G2 PRO) devra être suivie lors des travaux par des études de réalisation (étude d'exécution G3 / supervision géotechnique G4).

A cet effet, nous restons à la disposition du demandeur pour poursuivre ces missions géotechniques.

### AVERTISSEMENT

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable pour leur exploitation. Ils sont la propriété du Conseil Départemental de Haute-Garonne (CD31) et ne peuvent être reproduits ou diffusés que dans ce cadre.

Ce document est provisoire. Toute nouvelle donnée remettra automatiquement en cause la validité des préconisations réalisées. Il conviendra en outre de contrôler la conformité des hypothèses tout au long de la phase de réalisation conformément à l'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique suivant la norme NF P 94-500 donc un extrait est placé en Annexe 1.



## ANNEXES

### ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

- Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique ;
- Classification des missions types d'ingénierie géotechnique.

Affor. Normes en ligne pour: GINGER CEBTP le 20/11/2013 à 10:53

NF P94-500:2013-11

— 15 —

NF P 94-500

#### 4.2.4 Tableaux synthétiques

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

| 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 : Étude géotechnique préalable (G1)           |                                   | Étude géotechnique préalable (G1)<br>Phase Étude de Site (ES)                                     |                                                                                                                                                        | Spécificités géotechniques du site                                                                   | Première identification des risques présentés par le site                                                                                                                                       | Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique                                                 |
|                                                       | Étude préliminaire, esquisse, APS | Étude géotechnique préalable (G1)<br>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)               |                                                                                                                                                        | Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site                                     | Première identification des risques pour les futurs ouvrages                                                                                                                                    | Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique                                                 |
| Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)       | APC/AVP                           | Étude géotechnique de conception (G2)<br>Phase Avant-projet (AVP)                                 |                                                                                                                                                        | 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                               | Étude géotechnique de conception (G2)<br>Phase Projet (PRO)                                       |                                                                                                                                                        | Conception et justifications du projet                                                               |                                                                                                                                                                                                 | Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)                                              |
|                                                       | DCE/ACT                           | Étude géotechnique de conception (G2)<br>Phase DCE / ACT                                          |                                                                                                                                                        | Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux    |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                  |
| Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4) |                                   | À la charge du maître d'œuvre                                                                     | À la charge du maître d'ouvrage                                                                                                                        |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                  |
|                                                       | EXE/VISA                          | Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)<br>Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi) | Supervision géotechnique d'exécution (G4)<br>Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi) | Étude 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                           | Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)<br>Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude) | Supervision géotechnique d'exécution (G4)<br>Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude) | 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 |
| À 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.

**ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (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'avoisinants 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).

**ÉTAPE 2 : ÉTUDE 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 avoisinants), 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 avoisinants), 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, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.



**Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)**
**ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)**
**ÉTUDE 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 géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

## **ANNEXE 2 – FICHES DE CALCUL DE LA PRISE EN COMPTE DE LA CORROSION**

**Détermination des valeurs de calcul des résistances ultimes de traction**
**Selon l'Annexe F de la norme NF P 94-270**

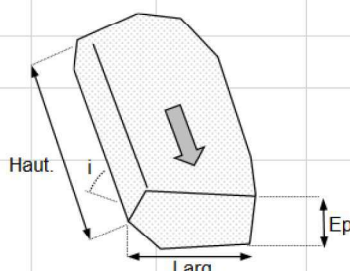
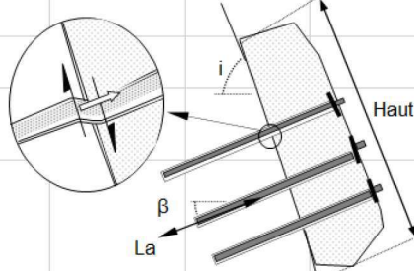
|                                                                |                                  |                                                                       |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Paramètres du projet</b>                                    | Durée de vie                     | 75 ans                                                                |
|                                                                | Provisoire                       | Non                                                                   |
|                                                                | Sensibilité                      | Structure courante                                                    |
| <b>Caractéristiques eau / sol</b>                              | Nature du sol                    | Texture légère, perméable, sableuse, sols pulvérulents                |
|                                                                | Résistivité du sol               | $\rho < 1000 \Omega \cdot \text{cm}$                                  |
|                                                                | Humidité                         | Hors nappe sol sec (teneur en eau $< 20\%$ )                          |
|                                                                | pH du sol                        | $> 6$                                                                 |
| <b>Caractéristiques atmosphériques</b>                         | Type                             | Atmosphères avec un faible niveau de pollution. Surtout zones rurales |
| <b>Caractéristique des barres</b>                              | Type                             | GEWI                                                                  |
|                                                                | Diamètre                         | 25 mm                                                                 |
|                                                                | Limite élastique                 | 245 kN                                                                |
|                                                                | Limite rupture                   | 270 kN                                                                |
|                                                                | Section                          | 491 mm <sup>2</sup>                                                   |
| <b>Corrosion eau/sol</b>                                       | Indice de corrosion sol / eau    | 5                                                                     |
|                                                                | Catégorie de corrosion sol / eau | III Moyennement corrosif                                              |
| <b>Corrosion air</b>                                           | Catégorie de corrosion air       | C2 Faiblement corrosive                                               |
| <b>Perte d'épaisseur</b>                                       | Liée au sol / eau                | 3.3 mm                                                                |
|                                                                | Liée à l'air                     | 0.2 mm                                                                |
|                                                                | Max                              | 3.3 mm                                                                |
| <b>Caractéristiques corrodées ou protégées des barres</b>      | Protection obligatoire           | Non                                                                   |
|                                                                | Section corrodée ou protégée     | 266 mm <sup>2</sup>                                                   |
|                                                                | Perte de section                 | 225 mm <sup>2</sup>                                                   |
| <b>Coefficients pondérateurs selon EUROCODES</b>               | Fact.part. limite élastique      | 1.15                                                                  |
|                                                                | Fact.part. résistance rupture    | 1.25                                                                  |
| <b>Résistance après corrosion</b>                              |                                  |                                                                       |
| Résistance à la limite d'élasticité après corrosion $R_{t,dy}$ |                                  | 115 kN                                                                |
| Résistance à la limite de rupture après corrosion $R_{t,dr}$   |                                  | 117 kN                                                                |



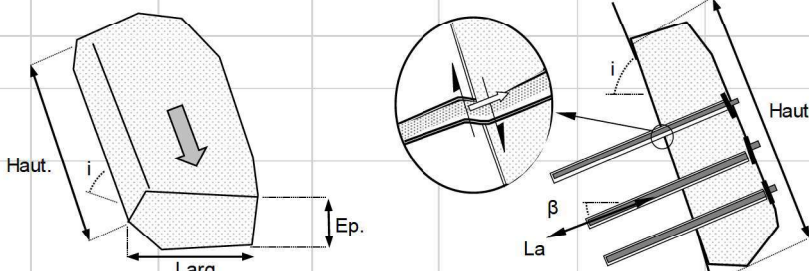
**Détermination des valeurs de calcul des résistances ultimes de traction**
**Selon l'Annexe F de la norme NF P 94-270**

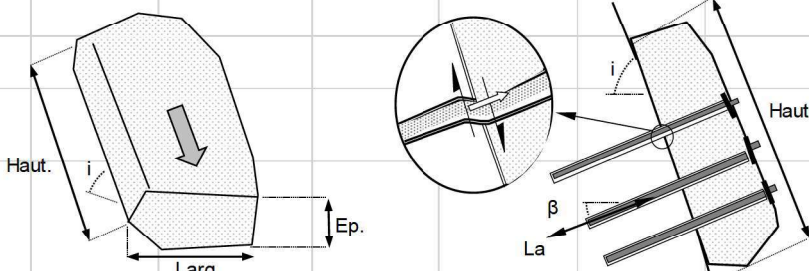
|                                                                |                                  |                                                                       |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Paramètres du projet</b>                                    | Durée de vie                     | 75 ans                                                                |
|                                                                | Provisoire                       | Non                                                                   |
|                                                                | Sensibilité                      | Structure courante                                                    |
| <b>Caractéristiques eau / sol</b>                              | Nature du sol                    | Texture légère, perméable, sableuse, sols pulvérulents                |
|                                                                | Résistivité du sol               | $\rho < 1000 \Omega \cdot \text{cm}$                                  |
|                                                                | Humidité                         | Hors nappe sol sec (teneur en eau $< 20\%$ )                          |
|                                                                | pH du sol                        | $> 6$                                                                 |
| <b>Caractéristiques atmosphériques</b>                         | Type                             | Atmosphères avec un faible niveau de pollution. Surtout zones rurales |
| <b>Caractéristique des barres</b>                              | Type                             | GEWI                                                                  |
|                                                                | Diamètre                         | 28 mm                                                                 |
|                                                                | Limite élastique                 | 308 kN                                                                |
|                                                                | Limite rupture                   | 339 kN                                                                |
|                                                                | Section                          | 616 mm <sup>2</sup>                                                   |
| <b>Corrosion eau/sol</b>                                       | Indice de corrosion sol / eau    | 5                                                                     |
|                                                                | Catégorie de corrosion sol / eau | III Moyennement corrosif                                              |
| <b>Corrosion air</b>                                           | Catégorie de corrosion air       | C2 Faiblement corrosive                                               |
| <b>Perte d'épaisseur</b>                                       | Liée au sol / eau                | 3.3 mm                                                                |
|                                                                | Liée à l'air                     | 0.2 mm                                                                |
|                                                                | Max                              | 3.3 mm                                                                |
| <b>Caractéristiques corrodées ou protégées des barres</b>      | Protection obligatoire           | Non                                                                   |
|                                                                | Section corrodée ou protégée     | 360 mm <sup>2</sup>                                                   |
|                                                                | Perte de section                 | 256 mm <sup>2</sup>                                                   |
| <b>Coefficients pondérateurs selon EUROCODES</b>               | Fact.part. limite élastique      | 1.15                                                                  |
|                                                                | Fact.part. résistance rupture    | 1.25                                                                  |
| <b>Résistance après corrosion</b>                              |                                  |                                                                       |
| Résistance à la limite d'élasticité après corrosion $R_{t,dy}$ |                                  | 156 kN                                                                |
| Résistance à la limite de rupture après corrosion $R_{t,dr}$   |                                  | 158 kN                                                                |

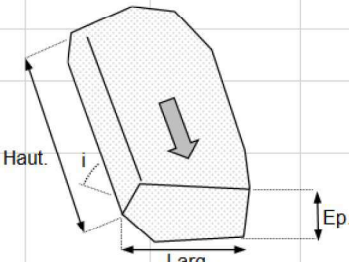
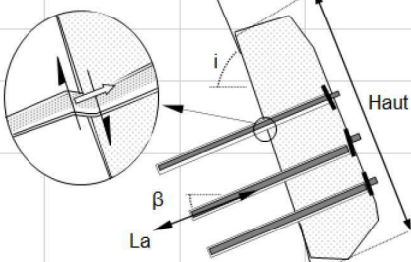
## **ANNEXE 3 – NOTES DE CALCUL POUR LE DIMENSIONNEMENT DES BOULONNAGES**

|                                                                                                                                  |               |                                                         |                                                                     |                                                                                    |                   |                                             |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|---------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            |               |                                                         |                                                                     | Note de calcul - Confortement par clouage passif                                   |                   |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               |                                                         |                                                                     | ELU - Situation fondamentale                                                       |                   |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               |                                                         |                                                                     | ZONE                                                                               |                   | Elément                                     |         |
| Gorges de la Save                                                                                                                |               | Tronçon 1 - Secteur Y                                   |                                                                     | I2a, I2b, I2c et I2d                                                               |                   |                                             |         |
| Caractéristiques de chacune des écailles                                                                                         |               |                                                         |                                                                     |                                                                                    |                   |                                             |         |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 1.30 m        | Largeur moy.                                            | 1.00 m                                                              | Epaisseur moy.                                                                     | 0.70 m            | Volume                                      | 0.91 m³ |
|                                                 |               |                                                         |                                                                     |  |                   |                                             |         |
| Données                                                                                                                          |               |                                                         |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES                                          |                   |                                             |         |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |               | 26                                                      |                                                                     | Angle de frottement                                                                |                   | 1.00                                        |         |
| Poids (kN)                                                                                                                       |               | 23.66                                                   |                                                                     | Cohésion                                                                           |                   | 1.00                                        |         |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |               | 75                                                      |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)                                           |                   | 1.35                                        |         |
| Inclinaison des ancrages β (°)                                                                                                   |               | 10                                                      |                                                                     | Traction limite acier (boulon)                                                     |                   | 1.15                                        |         |
| Angle de frottement φ (°)                                                                                                        |               | 35                                                      |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon                                                  |                   | 1.15                                        |         |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |               | 0                                                       |                                                                     | Méthode                                                                            |                   | 1.00                                        |         |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |               | 0                                                       |                                                                     | Nombre d'essais de traction                                                        |                   | 0                                           |         |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |               | 500                                                     |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) ξs1                                               |                   | 1.60                                        |         |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |               | 500                                                     |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) ξs2                                               |                   | 1.60                                        |         |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |               | 272                                                     |                                                                     |                                                                                    |                   |                                             |         |
| Ancrages                                                                                                                         |               |                                                         |                                                                     |                                                                                    |                   |                                             |         |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre |                                                         | Diamètre de barre                                                   |                                                                                    | Nombre d'ancrages | Résistance acier en traction avec corrosion |         |
| 500                                                                                                                              | GEWI          |                                                         | 25 mm                                                               |                                                                                    | 1                 | 115.38 kN                                   |         |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |               | 55 mm                                                   | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                                                                    |                   | 66.92 kN                                    |         |
| Efforts moteur                                                                                                                   |               |                                                         |                                                                     | Efforts résistants                                                                 |                   |                                             |         |
| 30.85 kN                                                                                                                         |               |                                                         |                                                                     | Cohésion                                                                           | 0.00 kN           | Frottement                                  | 3.18 kN |
|                                                                                                                                  |               |                                                         |                                                                     | Fsans clouage = 0.10                                                               |                   |                                             |         |
| Effort à reprendre                                                                                                               |               | Traction à reprendre                                    |                                                                     | Cisaillement à reprendre                                                           |                   |                                             |         |
| 27.68 kN                                                                                                                         |               | 2.41 kN                                                 |                                                                     | 27.57 kN                                                                           |                   |                                             |         |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |               | Résistance des ancrages en traction                     |                                                                     | Résistance des ancrages en cisaillement                                            |                   |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | 5.08 kN                                                 |                                                                     | 58.11 kN                                                                           |                   |                                             |         |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |               | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement |                                                                     |                                                                                    |                   |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | 58.34 kN                                                |                                                                     |                                                                                    |                   |                                             |         |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |               |                                                         |                                                                     |                                                                                    |                   |                                             |         |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |               |                                                         |                                                                     | Favec clouage = 1.99                                                               |                   |                                             |         |
| Nombre de clous                                                                                                                  |               | 1                                                       | Longueur de scellement minimum                                      |                                                                                    |                   | 2.00 m                                      |         |
| Diamètre                                                                                                                         |               | 25 mm                                                   | Longueur minimum                                                    |                                                                                    |                   | 2.90 m                                      |         |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |               |                                                         |                                                                     | Fscel = 18.47                                                                      |                   |                                             |         |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |               |                                                         |                                                                     |                                                                                    |                   |                                             |         |

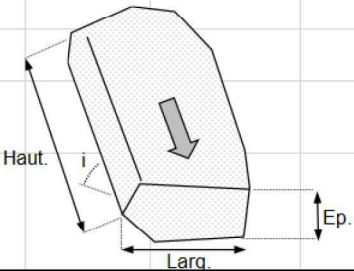
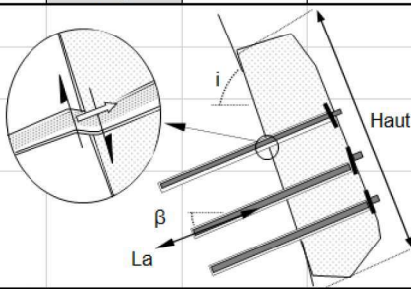


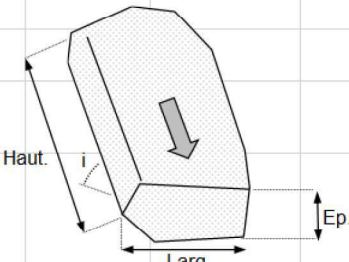
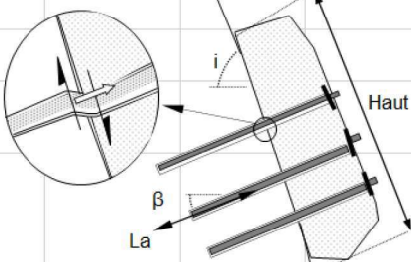
|                                                                                                                                  |               |                                                  |                                                                     |                                           |                                         |                                             |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|---------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            |               | Note de calcul - Confortement par clouage passif |                                                                     |                                           |                                         |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | ELU - Situation fondamentale                     |                                                                     |                                           |                                         |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | ZONE                                             |                                                                     |                                           | Elément                                 |                                             |         |
| Gorges de la Save                                                                                                                |               |                                                  | I5                                                                  |                                           |                                         |                                             |         |
| Tronçon 1 - Secteur X                                                                                                            |               |                                                  |                                                                     |                                           |                                         |                                             |         |
| Caractéristiques du bloc                                                                                                         |               |                                                  |                                                                     |                                           |                                         |                                             |         |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 1.60 m        | Largeur moy.                                     | 0.90 m                                                              | Epaisseur moy.                            | 0.90 m                                  | Volume                                      | 1.30 m³ |
|                                                |               |                                                  |                                                                     |                                           |                                         |                                             |         |
| Données                                                                                                                          |               |                                                  |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES |                                         |                                             |         |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |               | 26                                               |                                                                     | Angle de frottement                       |                                         | 1.00                                        |         |
| Poids (kN)                                                                                                                       |               | 33.696                                           |                                                                     | Cohésion                                  |                                         | 1.00                                        |         |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |               | 75                                               |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)  |                                         | 1.35                                        |         |
| Inclinaison des ancrages beta (°)                                                                                                |               | 10                                               |                                                                     | Traction limite acier (boulon)            |                                         | 1.15                                        |         |
| Angle de frottement phi (°)                                                                                                      |               | 35                                               |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon         |                                         | 1.15                                        |         |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |               | 0                                                |                                                                     | Méthode                                   |                                         | 1.00                                        |         |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |               | 0                                                |                                                                     | Nombre d'essais de traction               |                                         | 0                                           |         |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |               | 500                                              |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) xi_a1    |                                         | 1.60                                        |         |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |               | 500                                              |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) xi_a2    |                                         | 1.60                                        |         |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |               | 272                                              |                                                                     |                                           |                                         |                                             |         |
| Ancrages                                                                                                                         |               |                                                  |                                                                     |                                           |                                         |                                             |         |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre |                                                  | Diamètre de barre                                                   |                                           | Nombre d'ancrages                       | Résistance acier en traction avec corrosion |         |
| 500                                                                                                                              | GEWI          |                                                  | 25 mm                                                               |                                           | 1                                       | 115.38 kN                                   |         |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |               | 55 mm                                            | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                           |                                         | 66.92 kN                                    |         |
| Efforts moteur                                                                                                                   |               |                                                  |                                                                     | Efforts résistants                        |                                         |                                             |         |
| 43.94 kN                                                                                                                         |               |                                                  |                                                                     | Cohésion                                  | 0.00 kN                                 | Frottement                                  | 4.52 kN |
|                                                                                                                                  |               |                                                  |                                                                     | F_sans clouage = 0.10                     |                                         |                                             |         |
| Effort à reprendre                                                                                                               |               |                                                  | Traction à reprendre                                                |                                           | Cisaillement à reprendre                |                                             |         |
| 39.42 kN                                                                                                                         |               |                                                  | 3.44 kN                                                             |                                           | 39.27 kN                                |                                             |         |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |               |                                                  | Résistance des ancrages en traction                                 |                                           | Résistance des ancrages en cisaillement |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               |                                                  | 5.08 kN                                                             |                                           | 58.11 kN                                |                                             |         |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |               |                                                  | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement             |                                           |                                         |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               |                                                  | 58.34 kN                                                            |                                           |                                         |                                             |         |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |               |                                                  |                                                                     |                                           |                                         |                                             |         |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |               |                                                  |                                                                     | F_avec clouage = 1.43                     |                                         |                                             |         |
| Nombre de clous                                                                                                                  |               | 1                                                | Longueur de scellement minimum                                      |                                           |                                         | 2.00 m                                      |         |
| Diamètre                                                                                                                         |               | 25 mm                                            | Longueur minimum                                                    |                                           |                                         | 3.10 m                                      |         |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |               |                                                  |                                                                     | F_scel = 18.47                            |                                         |                                             |         |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |               |                                                  |                                                                     |                                           |                                         |                                             |         |

|                                                                                                                                  |               |                                                         |                                                                     |                                           |                   |                                             |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|---------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            |               | Note de calcul - Confortement par clouage passif        |                                                                     |                                           |                   |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | ELU - Situation fondamentale                            |                                                                     |                                           |                   |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | ZONE                                                    |                                                                     |                                           | Elément           |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur X              |                                                                     |                                           | I8                |                                             |         |
| Caractéristiques du bloc                                                                                                         |               |                                                         |                                                                     |                                           |                   |                                             |         |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 2.30 m        | Largeur moy.                                            | 1.20 m                                                              | Epaisseur moy.                            | 0.60 m            | Volume                                      | 1.66 m³ |
|                                                |               |                                                         |                                                                     |                                           |                   |                                             |         |
| Données                                                                                                                          |               |                                                         |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES |                   |                                             |         |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |               | 26                                                      |                                                                     | Angle de frottement                       |                   | 1.00                                        |         |
| Poids (kN)                                                                                                                       |               | 43.056                                                  |                                                                     | Cohésion                                  |                   | 1.00                                        |         |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |               | 70                                                      |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)  |                   | 1.35                                        |         |
| Inclinaison des ancrages beta (°)                                                                                                |               | 10                                                      |                                                                     | Traction limite acier (boulon)            |                   | 1.15                                        |         |
| Angle de frottement phi (°)                                                                                                      |               | 35                                                      |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon         |                   | 1.15                                        |         |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |               | 0                                                       |                                                                     | Méthode                                   |                   | 1.00                                        |         |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |               | 0                                                       |                                                                     | Nombre d'essais de traction               |                   | 0                                           |         |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |               | 500                                                     |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) xi_a1    |                   | 1.60                                        |         |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |               | 500                                                     |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) xi_a2    |                   | 1.60                                        |         |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |               | 272                                                     |                                                                     |                                           |                   |                                             |         |
| Ancrages                                                                                                                         |               |                                                         |                                                                     |                                           |                   |                                             |         |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre |                                                         | Diamètre de barre                                                   |                                           | Nombre d'ancrages | Résistance acier en traction avec corrosion |         |
| 500                                                                                                                              | GEWI          |                                                         | 25 mm                                                               |                                           | 1                 | 115.38 kN                                   |         |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |               | 55 mm                                                   | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                           |                   | 66.92 kN                                    |         |
| Efforts moteur                                                                                                                   |               |                                                         |                                                                     | Efforts résistants                        |                   |                                             |         |
| 54.62 kN                                                                                                                         |               |                                                         |                                                                     | Cohésion                                  | 0.00 kN           | Frottement                                  | 7.64 kN |
|                                                                                                                                  |               |                                                         |                                                                     | F_sans clouage = 0.14                     |                   |                                             |         |
| Effort à reprendre                                                                                                               |               | Traction à reprendre                                    |                                                                     | Cisaillement à reprendre                  |                   |                                             |         |
| 46.98 kN                                                                                                                         |               | 8.16 kN                                                 |                                                                     | 46.27 kN                                  |                   |                                             |         |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |               | Résistance des ancrages en traction                     |                                                                     | Résistance des ancrages en cisaillement   |                   |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | 10.21 kN                                                |                                                                     | 57.89 kN                                  |                   |                                             |         |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |               | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement |                                                                     |                                           |                   |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | 58.78 kN                                                |                                                                     |                                           |                   |                                             |         |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |               |                                                         |                                                                     |                                           |                   |                                             |         |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |               |                                                         |                                                                     | F_avec clouage = 1.22                     |                   |                                             |         |
| Nombre de clous                                                                                                                  |               | 1                                                       | Longueur de scellement minimum                                      |                                           |                   | 2.00 m                                      |         |
| Diamètre                                                                                                                         |               | 25 mm                                                   | Longueur minimum                                                    |                                           |                   | 2.80 m                                      |         |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |               |                                                         |                                                                     | F_scel = 9.20                             |                   |                                             |         |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |               |                                                         |                                                                     |                                           |                   |                                             |         |

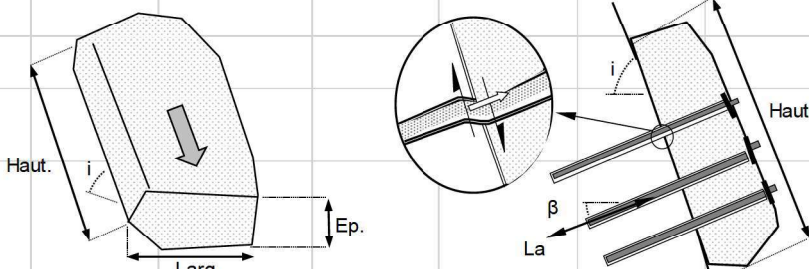
|                                                                                                                                  |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|----------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            | Note de calcul - Confortement par clouage passif |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |          |
|                                                                                                                                  | ELU - Situation fondamentale                     |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |          |
|                                                                                                                                  | ZONE                                             |                                                                                    |                                                                     | Elément                                          |                                         |                                             |          |
| Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur X                                                                                       |                                                  |                                                                                    | I9bis                                                               |                                                  |                                         |                                             |          |
| Caractéristiques de l'écaïlle                                                                                                    |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |          |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 3.00 m                                           | Largeur moy.                                                                       | 2.50 m                                                              | Epaisseur moy.                                   | 1.00 m                                  | Volume                                      | 7.50 m³  |
|                                                 |                                                  |  |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |          |
| Données                                                                                                                          |                                                  |                                                                                    |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES        |                                         |                                             |          |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |                                                  | 26                                                                                 |                                                                     | Angle de frottement                              |                                         | 1.00                                        |          |
| Poids (kN)                                                                                                                       |                                                  | 195                                                                                |                                                                     | Cohésion                                         |                                         | 1.00                                        |          |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |                                                  | 50                                                                                 |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)         |                                         | 1.35                                        |          |
| Inclinaison des ancrages β (°)                                                                                                   |                                                  | 30                                                                                 |                                                                     | Traction limite acier (boulon)                   |                                         | 1.15                                        |          |
| Angle de frottement φ (°)                                                                                                        |                                                  | 30                                                                                 |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon                |                                         | 1.15                                        |          |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |                                                  | 0                                                                                  |                                                                     | Méthode                                          |                                         | 1.00                                        |          |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |                                                  | 0                                                                                  |                                                                     | Nombre d'essais de traction                      |                                         | 0                                           |          |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |                                                  | 500                                                                                |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) ξ <sub>s1</sub> |                                         | 1.60                                        |          |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |                                                  | 500                                                                                |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) ξ <sub>s2</sub> |                                         | 1.60                                        |          |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |                                                  | 272                                                                                |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |          |
| Ancrages                                                                                                                         |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |          |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre                                    |                                                                                    | Diamètre de barre                                                   |                                                  | Nombre d'ancrages                       | Résistance acier en traction avec corrosion |          |
| 500                                                                                                                              | GEWI                                             |                                                                                    | 28 mm                                                               |                                                  | 3                                       | 156.38 kN                                   |          |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |                                                  | 68 mm                                                                              | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                                  |                                         | 90.70 kN                                    |          |
| Efforts moteur                                                                                                                   |                                                  |                                                                                    |                                                                     | Efforts résistants                               |                                         |                                             |          |
| 201.66 kN                                                                                                                        |                                                  |                                                                                    |                                                                     | Cohésion                                         | 0.00 kN                                 | Frottement                                  | 53.61 kN |
|                                                                                                                                  |                                                  |                                                                                    |                                                                     | F <sub>sans clouage</sub> = 0.27                 |                                         |                                             |          |
| Effort à reprendre                                                                                                               |                                                  |                                                                                    | Traction à reprendre                                                |                                                  | Cisaillement à reprendre                |                                             |          |
| 148.06 kN                                                                                                                        |                                                  |                                                                                    | 25.71 kN                                                            |                                                  | 145.81 kN                               |                                             |          |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |                                                  |                                                                                    | Résistance des ancrages en traction                                 |                                                  | Résistance des ancrages en cisaillement |                                             |          |
|                                                                                                                                  |                                                  |                                                                                    | 41.50 kN                                                            |                                                  | 235.39 kN                               |                                             |          |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |                                                  |                                                                                    | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement             |                                                  |                                         |                                             |          |
|                                                                                                                                  |                                                  |                                                                                    | 239.02 kN                                                           |                                                  |                                         |                                             |          |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |          |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |                                                  |                                                                                    |                                                                     | F <sub>avec clouage</sub> = 1.45                 |                                         |                                             |          |
| Nombre de clous                                                                                                                  |                                                  | 3                                                                                  | Longueur de scellement minimum                                      |                                                  |                                         | 2.00 m                                      |          |
| Diamètre                                                                                                                         |                                                  | 28 mm                                                                              | Longueur minimum                                                    |                                                  |                                         | 3.20 m                                      |          |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |                                                  |                                                                                    |                                                                     | F <sub>scel</sub> = 8.39                         |                                         |                                             |          |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |          |



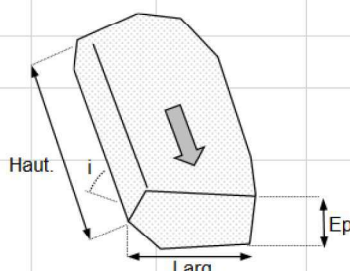
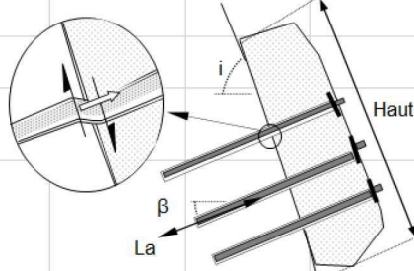
|                                                                                                                                  |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                         |                                             |         |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|---------|---------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            | Note de calcul - Confortement par clouage passif |                                                                                    |                                                                     |                                         |                                             |         |         |
|                                                                                                                                  | ELU - Situation fondamentale                     |                                                                                    |                                                                     |                                         |                                             |         |         |
|                                                                                                                                  | ZONE                                             |                                                                                    |                                                                     | Elément                                 |                                             |         |         |
| Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur X                                                                                       |                                                  |                                                                                    | I10 et I11 - Masses diverses                                        |                                         |                                             |         |         |
| Caractéristiques de chacune des écailles (au nombre de 5)                                                                        |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                         |                                             |         |         |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 1.50 m                                           | Largeur moy.                                                                       | 1.00 m                                                              | Epaisseur moy.                          | 0.50 m                                      | Volume  | 0.75 m³ |
|                                                 |                                                  |  |                                                                     |                                         |                                             |         |         |
| Données                                                                                                                          |                                                  |                                                                                    | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES                           |                                         |                                             |         |         |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |                                                  | 26                                                                                 | Angle de frottement                                                 |                                         | 1.00                                        |         |         |
| Poids (kN)                                                                                                                       |                                                  | 19.5                                                                               | Cohésion                                                            |                                         | 1.00                                        |         |         |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |                                                  | 80                                                                                 | Actions permanentes défavorables (masse)                            |                                         | 1.35                                        |         |         |
| Inclinaison des ancrages beta (°)                                                                                                |                                                  | 10                                                                                 | Traction limite acier (boulon)                                      |                                         | 1.15                                        |         |         |
| Angle de frottement phi (°)                                                                                                      |                                                  | 30                                                                                 | Frottement latéral roche / boulon                                   |                                         | 1.15                                        |         |         |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |                                                  | 0                                                                                  | Méthode                                                             |                                         | 1.00                                        |         |         |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |                                                  | 0                                                                                  | Nombre d'essais de traction                                         |                                         | 0                                           |         |         |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |                                                  | 500                                                                                | Facteur de corrélation (moyenne) xi_s1                              |                                         | 1.60                                        |         |         |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |                                                  | 500                                                                                | Facteur de corrélation (minimum) xi_s2                              |                                         | 1.60                                        |         |         |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |                                                  | 272                                                                                |                                                                     |                                         |                                             |         |         |
| Ancrages                                                                                                                         |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                         |                                             |         |         |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre                                    |                                                                                    | Diamètre de barre                                                   | Nombre d'ancrages                       | Résistance acier en traction avec corrosion |         |         |
| 500                                                                                                                              | GEWI                                             |                                                                                    | 25 mm                                                               | 1                                       | 115.38 kN                                   |         |         |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |                                                  | 55 mm                                                                              | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                         | 66.92 kN                                    |         |         |
| Efforts moteur                                                                                                                   |                                                  |                                                                                    | Efforts résistants                                                  |                                         |                                             |         |         |
| 25.93 kN                                                                                                                         |                                                  |                                                                                    | Cohésion                                                            | 0.00 kN                                 | Frottement                                  | 1.45 kN |         |
|                                                                                                                                  |                                                  |                                                                                    | F_sans clouage = 0.06                                               |                                         |                                             |         |         |
| Effort à reprendre                                                                                                               |                                                  | Traction à reprendre                                                               |                                                                     | Cisaillement à reprendre                |                                             |         |         |
| 24.48 kN                                                                                                                         |                                                  | 0.00 kN                                                                            |                                                                     | 24.48 kN                                |                                             |         |         |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |                                                  | Résistance des ancrages en traction                                                |                                                                     | Résistance des ancrages en cisaillement |                                             |         |         |
|                                                                                                                                  |                                                  | 0.00 kN                                                                            |                                                                     | 58.19 kN                                |                                             |         |         |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |                                                  | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement                            |                                                                     |                                         |                                             |         |         |
|                                                                                                                                  |                                                  | 58.19 kN                                                                           |                                                                     |                                         |                                             |         |         |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                         |                                             |         |         |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |                                                  |                                                                                    | F_avec clouage = 2.30                                               |                                         |                                             |         |         |
| Nombre de clous                                                                                                                  |                                                  | 1                                                                                  | Longueur de scellement minimum                                      |                                         | 2.00 m                                      |         |         |
| Diamètre                                                                                                                         |                                                  | 25 mm                                                                              | Longueur minimum                                                    |                                         | 2.70 m                                      |         |         |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |                                                  |                                                                                    | F_scel = #####                                                      |                                         |                                             |         |         |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                         |                                             |         |         |

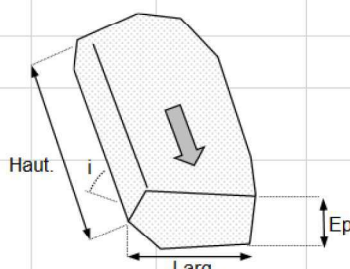
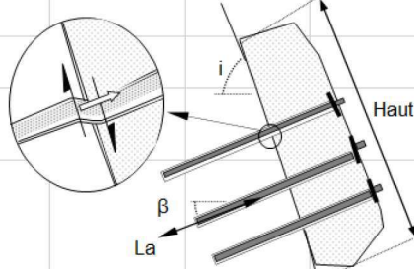
|                                                                                                                                  |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|-----------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            | Note de calcul - Confortement par clouage passif |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |           |
|                                                                                                                                  | ELU - Situation fondamentale                     |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |           |
|                                                                                                                                  | ZONE                                             |                                                                                    |                                                                     | Elément                                          |                                         |                                             |           |
| Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur X                                                                                       |                                                  |                                                                                    | I10bis                                                              |                                                  |                                         |                                             |           |
| Caractéristiques de l'écaille                                                                                                    |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |           |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 8.00 m                                           | Largeur moy.                                                                       | 3.00 m                                                              | Epaisseur moy.                                   | 2.00 m                                  | Volume                                      | 48.00 m³  |
|                                                 |                                                  |  |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |           |
| Données                                                                                                                          |                                                  |                                                                                    |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES        |                                         |                                             |           |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |                                                  | 26                                                                                 |                                                                     | Angle de frottement                              |                                         | 1.00                                        |           |
| Poids (kN)                                                                                                                       |                                                  | 1248                                                                               |                                                                     | Cohésion                                         |                                         | 1.00                                        |           |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |                                                  | 35                                                                                 |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)         |                                         | 1.35                                        |           |
| Inclinaison des ancrages β (°)                                                                                                   |                                                  | 10                                                                                 |                                                                     | Traction limite acier (boulon)                   |                                         | 1.15                                        |           |
| Angle de frottement φ (°)                                                                                                        |                                                  | 30                                                                                 |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon                |                                         | 1.15                                        |           |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |                                                  | 0                                                                                  |                                                                     | Méthode                                          |                                         | 1.00                                        |           |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |                                                  | 0                                                                                  |                                                                     | Nombre d'essais de traction                      |                                         | 0                                           |           |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |                                                  | 500                                                                                |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) ξ <sub>s1</sub> |                                         | 1.60                                        |           |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |                                                  | 500                                                                                |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) ξ <sub>s2</sub> |                                         | 1.60                                        |           |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |                                                  | 272                                                                                |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |           |
| Ancrages                                                                                                                         |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |           |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre                                    |                                                                                    | Diamètre de barre                                                   |                                                  | Nombre d'ancrages                       | Résistance acier en traction avec corrosion |           |
| 500                                                                                                                              | GEWI                                             |                                                                                    | 25 mm                                                               |                                                  | 8                                       | 115.38 kN                                   |           |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |                                                  | 55 mm                                                                              | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                                  |                                         | 66.92 kN                                    |           |
| Efforts moteur                                                                                                                   |                                                  |                                                                                    |                                                                     | Efforts résistants                               |                                         |                                             |           |
| 966.36 kN                                                                                                                        |                                                  |                                                                                    |                                                                     | Cohésion                                         | 0.00 kN                                 | Frottement                                  | 437.20 kN |
|                                                                                                                                  |                                                  |                                                                                    |                                                                     | F <sub>sans clouage</sub> = 0.45                 |                                         |                                             |           |
| Effort à reprendre                                                                                                               |                                                  |                                                                                    | Traction à reprendre                                                |                                                  | Cisaillement à reprendre                |                                             |           |
| 529.16 kN                                                                                                                        |                                                  |                                                                                    | 374.17 kN                                                           |                                                  | 374.17 kN                               |                                             |           |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |                                                  |                                                                                    | Résistance des ancrages en traction                                 |                                                  | Résistance des ancrages en cisaillement |                                             |           |
|                                                                                                                                  |                                                  |                                                                                    | 402.68 kN                                                           |                                                  | 402.68 kN                               |                                             |           |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |                                                  |                                                                                    | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement             |                                                  |                                         |                                             |           |
|                                                                                                                                  |                                                  |                                                                                    | 569.48 kN                                                           |                                                  |                                         |                                             |           |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |           |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |                                                  |                                                                                    |                                                                     | F <sub>avec clouage</sub> = 1.04                 |                                         |                                             |           |
| Nombre de clous                                                                                                                  |                                                  | 8                                                                                  | Longueur de scellement minimum                                      |                                                  |                                         | 2.00 m                                      |           |
| Diamètre                                                                                                                         |                                                  | 25 mm                                                                              | Longueur minimum                                                    |                                                  |                                         | 4.20 m                                      |           |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |                                                  |                                                                                    |                                                                     | F <sub>scel</sub> = 1.87                         |                                         |                                             |           |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                                         |                                             |           |

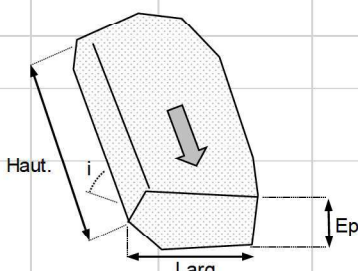
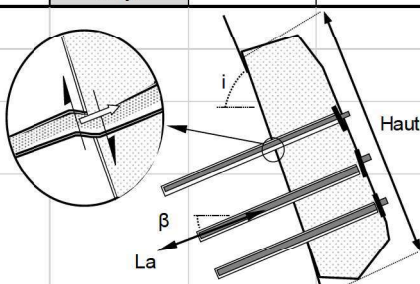


|                                                                                                                                  |               |              |                                                                     |                                                  |                                             |            |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------|---------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            |               |              | Note de calcul - Confortement par clouage passif                    |                                                  |                                             |            |         |
|                                                                                                                                  |               |              | ELU - Situation fondamentale                                        |                                                  |                                             |            |         |
|                                                                                                                                  |               |              | ZONE                                                                |                                                  | Elément                                     |            |         |
|                                                                                                                                  |               |              | Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur X                          |                                                  | I12                                         |            |         |
| Caractéristiques de l'écaille                                                                                                    |               |              |                                                                     |                                                  |                                             |            |         |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 1.40 m        | Largeur moy. | 2.00 m                                                              | Epaisseur moy.                                   | 0.80 m                                      | Volume     | 2.24 m³ |
|                                                |               |              |                                                                     |                                                  |                                             |            |         |
| Données                                                                                                                          |               |              |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES        |                                             |            |         |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |               | 26           |                                                                     | Angle de frottement                              |                                             | 1.00       |         |
| Poids (kN)                                                                                                                       |               | 58.24        |                                                                     | Cohésion                                         |                                             | 1.00       |         |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |               | 75           |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)         |                                             | 1.35       |         |
| Inclinaison des ancrages β (°)                                                                                                   |               | 10           |                                                                     | Traction limite acier (boulon)                   |                                             | 1.15       |         |
| Angle de frottement φ (°)                                                                                                        |               | 30           |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon                |                                             | 1.15       |         |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |               | 0            |                                                                     | Méthode                                          |                                             | 1.00       |         |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |               | 0            |                                                                     | Nombre d'essais de traction                      |                                             | 0          |         |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |               | 500          |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) ξ <sub>a1</sub> |                                             | 1.60       |         |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |               | 500          |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) ξ <sub>a2</sub> |                                             | 1.60       |         |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |               | 272          |                                                                     |                                                  |                                             |            |         |
| Ancrages                                                                                                                         |               |              |                                                                     |                                                  |                                             |            |         |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre |              | Diamètre de barre                                                   | Nombre d'ancrages                                | Résistance acier en traction avec corrosion |            |         |
| 500                                                                                                                              | GEWI          |              | 25 mm                                                               | 2                                                | 115.38 kN                                   |            |         |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |               | 55 mm        | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                                  |                                             | 66.92 kN   |         |
| Efforts moteur                                                                                                                   |               |              |                                                                     | Efforts résistants                               |                                             |            |         |
| 75.94 kN                                                                                                                         |               |              |                                                                     | Cohésion                                         | 0.00 kN                                     | Frottement | 6.45 kN |
|                                                                                                                                  |               |              |                                                                     | F <sub>sans clouage</sub> = 0.08                 |                                             |            |         |
| Effort à reprendre                                                                                                               |               |              | Traction à reprendre                                                |                                                  | Cisaillement à reprendre                    |            |         |
| 69.50 kN                                                                                                                         |               |              | 6.06 kN                                                             |                                                  | 69.23 kN                                    |            |         |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |               |              | Résistance des ancrages en traction                                 |                                                  | Résistance des ancrages en cisaillement     |            |         |
|                                                                                                                                  |               |              | 10.17 kN                                                            |                                                  | 116.23 kN                                   |            |         |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |               |              | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement             |                                                  |                                             |            |         |
|                                                                                                                                  |               |              | 116.67 kN                                                           |                                                  |                                             |            |         |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |               |              |                                                                     |                                                  |                                             |            |         |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |               |              |                                                                     | F <sub>avec clouage</sub> = 1.62                 |                                             |            |         |
| Nombre de clous                                                                                                                  |               | 2            | Longueur de scellement minimum                                      |                                                  |                                             | 2.00 m     |         |
| Diamètre                                                                                                                         |               | 25 mm        | Longueur minimum                                                    |                                                  |                                             | 3.00 m     |         |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |               |              |                                                                     | F <sub>scel</sub> = 18.47                        |                                             |            |         |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |               |              |                                                                     |                                                  |                                             |            |         |

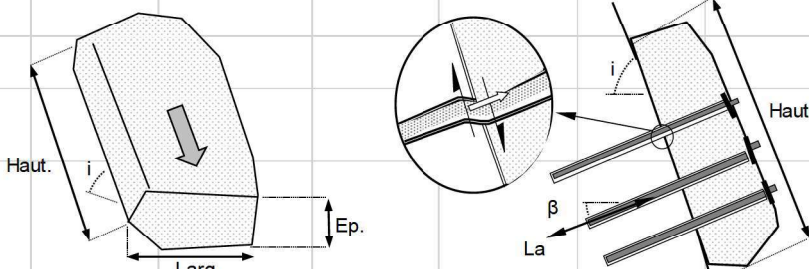


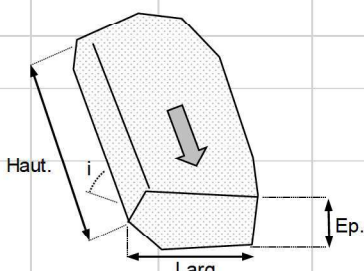
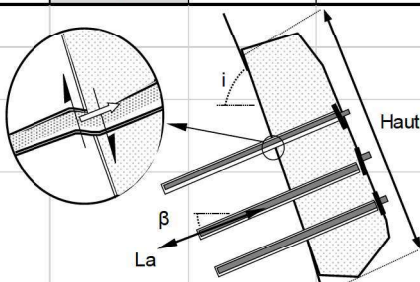
|                                                                                                                                  |               |                                                                                    |                                                                     |                                           |                                         |                                             |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|-----------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            |               | Note de calcul - Confortement par clouage passif                                   |                                                                     |                                           |                                         |                                             |           |
|                                                                                                                                  |               | ELU - Situation fondamentale                                                       |                                                                     |                                           |                                         |                                             |           |
|                                                                                                                                  |               | ZONE                                                                               |                                                                     |                                           | Elément                                 |                                             |           |
|                                                                                                                                  |               | Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur X                                         |                                                                     |                                           | I13                                     |                                             |           |
| Caractéristiques de la chandelle                                                                                                 |               |                                                                                    |                                                                     |                                           |                                         |                                             |           |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 8.00 m        | Largeur moy.                                                                       | 3.00 m                                                              | Epaisseur moy.                            | 1.00 m                                  | Volume                                      | 24.00 m³  |
|                                                 |               |  |                                                                     |                                           |                                         |                                             |           |
| Données                                                                                                                          |               |                                                                                    |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES |                                         |                                             |           |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |               | 26                                                                                 |                                                                     | Angle de frottement                       |                                         | 1.00                                        |           |
| Poids (kN)                                                                                                                       |               | 624                                                                                |                                                                     | Cohésion                                  |                                         | 1.00                                        |           |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |               | 35                                                                                 |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)  |                                         | 1.35                                        |           |
| Inclinaison des ancrages β (°)                                                                                                   |               | 10                                                                                 |                                                                     | Traction limite acier (boulon)            |                                         | 1.15                                        |           |
| Angle de frottement φ (°)                                                                                                        |               | 30                                                                                 |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon         |                                         | 1.15                                        |           |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |               | 0                                                                                  |                                                                     | Méthode                                   |                                         | 1.00                                        |           |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |               | 0                                                                                  |                                                                     | Nombre d'essais de traction               |                                         | 0                                           |           |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |               | 500                                                                                |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) ξs1      |                                         | 1.60                                        |           |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |               | 500                                                                                |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) ξs2      |                                         | 1.60                                        |           |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |               | 272                                                                                |                                                                     |                                           |                                         |                                             |           |
| Ancrages                                                                                                                         |               |                                                                                    |                                                                     |                                           |                                         |                                             |           |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre |                                                                                    | Diamètre de barre                                                   |                                           | Nombre d'ancrages                       | Résistance acier en traction avec corrosion |           |
| 500                                                                                                                              | GEWI          |                                                                                    | 25 mm                                                               |                                           | 5                                       | 115.38 kN                                   |           |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |               | 55 mm                                                                              | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                           |                                         | 66.92 kN                                    |           |
| Efforts moteur                                                                                                                   |               |                                                                                    |                                                                     | Efforts résistants                        |                                         |                                             |           |
| 483.18 kN                                                                                                                        |               |                                                                                    |                                                                     | Cohésion                                  | 0.00 kN                                 | Frottement                                  | 218.60 kN |
|                                                                                                                                  |               |                                                                                    |                                                                     | Fsans clouage = 0.45                      |                                         |                                             |           |
| Effort à reprendre                                                                                                               |               |                                                                                    | Traction à reprendre                                                |                                           | Cisaillement à reprendre                |                                             |           |
| 264.58 kN                                                                                                                        |               |                                                                                    | 187.09 kN                                                           |                                           | 187.09 kN                               |                                             |           |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |               |                                                                                    | Résistance des ancrages en traction                                 |                                           | Résistance des ancrages en cisaillement |                                             |           |
|                                                                                                                                  |               |                                                                                    | 251.68 kN                                                           |                                           | 251.68 kN                               |                                             |           |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |               |                                                                                    | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement             |                                           |                                         |                                             |           |
|                                                                                                                                  |               |                                                                                    | 355.93 kN                                                           |                                           |                                         |                                             |           |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |               |                                                                                    |                                                                     |                                           |                                         |                                             |           |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |               |                                                                                    |                                                                     | Favec clouage = 1.19                      |                                         |                                             |           |
| Nombre de clous                                                                                                                  |               | 5                                                                                  | Longueur de scellement minimum                                      |                                           |                                         | 2.00 m                                      |           |
| Diamètre                                                                                                                         |               | 25 mm                                                                              | Longueur minimum                                                    |                                           |                                         | 3.20 m                                      |           |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |               |                                                                                    |                                                                     | Fscel = 1.87                              |                                         |                                             |           |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |               |                                                                                    |                                                                     |                                           |                                         |                                             |           |

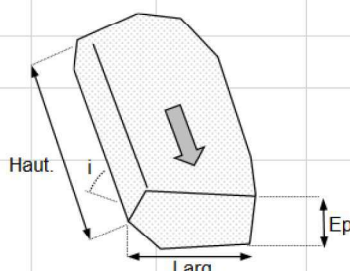
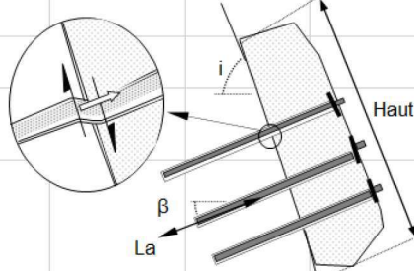
|                                                                                                                                  |               |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|---------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            |               |              |                                                                     | Note de calcul - Confortement par clouage passif                                   |                                         |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               |              |                                                                     | ELU - Situation fondamentale                                                       |                                         |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               |              |                                                                     | ZONE                                                                               |                                         | Elément                                     |         |
| Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur X                                                                                       |               |              |                                                                     | I14                                                                                |                                         |                                             |         |
| Caractéristiques du bloc                                                                                                         |               |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 1.00 m        | Largeur moy. | 1.60 m                                                              | Epaisseur moy.                                                                     | 0.50 m                                  | Volume                                      | 0.80 m³ |
|                                                 |               |              |                                                                     |  |                                         |                                             |         |
| Données                                                                                                                          |               |              |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES                                          |                                         |                                             |         |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |               |              | 26                                                                  | Angle de frottement                                                                |                                         |                                             | 1.00    |
| Poids (kN)                                                                                                                       |               |              | 20.8                                                                | Cohésion                                                                           |                                         |                                             | 1.00    |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |               |              | 70                                                                  | Actions permanentes défavorables (masse)                                           |                                         |                                             | 1.35    |
| Inclinaison des ancrages β (°)                                                                                                   |               |              | 10                                                                  | Traction limite acier (boulon)                                                     |                                         |                                             | 1.15    |
| Angle de frottement φ (°)                                                                                                        |               |              | 30                                                                  | Frottement latéral roche / boulon                                                  |                                         |                                             | 1.15    |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |               |              | 0                                                                   | Méthode                                                                            |                                         |                                             | 1.00    |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |               |              | 0                                                                   | Nombre d'essais de traction                                                        |                                         |                                             | 0       |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |               |              | 500                                                                 | Facteur de corrélation (moyenne) ξs1                                               |                                         |                                             | 1.60    |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |               |              | 500                                                                 | Facteur de corrélation (minimum) ξs2                                               |                                         |                                             | 1.60    |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |               |              | 272                                                                 |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Ancrages                                                                                                                         |               |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre |              | Diamètre de barre                                                   |                                                                                    | Nombre d'ancrages                       | Résistance acier en traction avec corrosion |         |
| 500                                                                                                                              | GEWI          |              | 25 mm                                                               |                                                                                    | 1                                       | 115.38 kN                                   |         |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |               | 55 mm        | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                                                                    |                                         | 66.92 kN                                    |         |
| Efforts moteur                                                                                                                   |               |              |                                                                     | Efforts résistants                                                                 |                                         |                                             |         |
| 26.39 kN                                                                                                                         |               |              |                                                                     | Cohésion                                                                           | 0.00 kN                                 | Frottement                                  | 3.04 kN |
|                                                                                                                                  |               |              |                                                                     | Fsans clouage = 0.12                                                               |                                         |                                             |         |
| Effort à reprendre                                                                                                               |               |              | Traction à reprendre                                                |                                                                                    | Cisaillement à reprendre                |                                             |         |
| 23.34 kN                                                                                                                         |               |              | 4.05 kN                                                             |                                                                                    | 22.99 kN                                |                                             |         |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |               |              | Résistance des ancrages en traction                                 |                                                                                    | Résistance des ancrages en cisaillement |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               |              | 10.21 kN                                                            |                                                                                    | 57.89 kN                                |                                             |         |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |               |              | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement             |                                                                                    |                                         |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               |              | 58.78 kN                                                            |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |               |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |               |              |                                                                     | Favec clouage = 2.34                                                               |                                         |                                             |         |
| Nombre de clous                                                                                                                  |               | 1            | Longueur de scellement minimum                                      |                                                                                    |                                         | 2.00 m                                      |         |
| Diamètre                                                                                                                         |               | 25 mm        | Longueur minimum                                                    |                                                                                    |                                         | 2.70 m                                      |         |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |               |              |                                                                     | Fscel = 9.20                                                                       |                                         |                                             |         |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |               |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |

|                                                                                                                                  |               |                                                  |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|---------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            |               | Note de calcul - Confortement par clouage passif |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | ELU - Situation fondamentale                     |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | ZONE                                             |                                                                     |                                                                                    | Elément                                 |                                             |         |
| Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur X                                                                                       |               |                                                  | I14bis                                                              |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Caractéristiques du bloc                                                                                                         |               |                                                  |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 1.80 m        | Largeur moy.                                     | 1.20 m                                                              | Epaisseur moy.                                                                     | 1.00 m                                  | Volume                                      | 2.16 m³ |
|                                                 |               |                                                  |                                                                     |  |                                         |                                             |         |
| Données                                                                                                                          |               |                                                  |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES                                          |                                         |                                             |         |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |               | 26                                               |                                                                     | Angle de frottement                                                                |                                         | 1.00                                        |         |
| Poids (kN)                                                                                                                       |               | 56.16                                            |                                                                     | Cohésion                                                                           |                                         | 1.00                                        |         |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |               | 75                                               |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)                                           |                                         | 1.35                                        |         |
| Inclinaison des ancrages beta (°)                                                                                                |               | 10                                               |                                                                     | Traction limite acier (boulon)                                                     |                                         | 1.15                                        |         |
| Angle de frottement phi (°)                                                                                                      |               | 30                                               |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon                                                  |                                         | 1.15                                        |         |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |               | 0                                                |                                                                     | Méthode                                                                            |                                         | 1.00                                        |         |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |               | 0                                                |                                                                     | Nombre d'essais de traction                                                        |                                         | 0                                           |         |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |               | 500                                              |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) xi_a1                                             |                                         | 1.60                                        |         |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |               | 500                                              |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) xi_a2                                             |                                         | 1.60                                        |         |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |               | 272                                              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Ancrages                                                                                                                         |               |                                                  |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre |                                                  | Diamètre de barre                                                   |                                                                                    | Nombre d'ancrages                       | Résistance acier en traction avec corrosion |         |
| 500                                                                                                                              | GEWI          |                                                  | 25 mm                                                               |                                                                                    | 2                                       | 115.38 kN                                   |         |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |               | 55 mm                                            | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                                                                    |                                         | 66.92 kN                                    |         |
| Efforts moteur                                                                                                                   |               |                                                  |                                                                     | Efforts résistants                                                                 |                                         |                                             |         |
| 73.23 kN                                                                                                                         |               |                                                  |                                                                     | Cohésion                                                                           | 0.00 kN                                 | Frottement                                  | 6.22 kN |
|                                                                                                                                  |               |                                                  |                                                                     | F_sans clouage = 0.08                                                              |                                         |                                             |         |
| Effort à reprendre                                                                                                               |               |                                                  | Traction à reprendre                                                |                                                                                    | Cisaillement à reprendre                |                                             |         |
| 67.02 kN                                                                                                                         |               |                                                  | 5.84 kN                                                             |                                                                                    | 66.76 kN                                |                                             |         |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |               |                                                  | Résistance des ancrages en traction                                 |                                                                                    | Résistance des ancrages en cisaillement |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               |                                                  | 10.17 kN                                                            |                                                                                    | 116.23 kN                               |                                             |         |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |               |                                                  | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement             |                                                                                    |                                         |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               |                                                  | 116.67 kN                                                           |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |               |                                                  |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |               |                                                  |                                                                     | F_avec clouage = 1.68                                                              |                                         |                                             |         |
| Nombre de clous                                                                                                                  |               | 2                                                | Longueur de scellement minimum                                      |                                                                                    |                                         | 2.00 m                                      |         |
| Diamètre                                                                                                                         |               | 25 mm                                            | Longueur minimum                                                    |                                                                                    |                                         | 3.20 m                                      |         |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |               |                                                  |                                                                     | F_scel = 18.47                                                                     |                                         |                                             |         |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |               |                                                  |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |

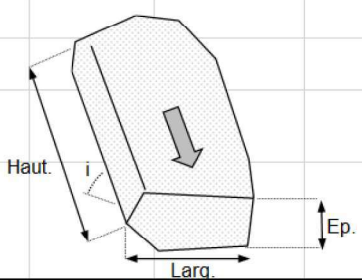
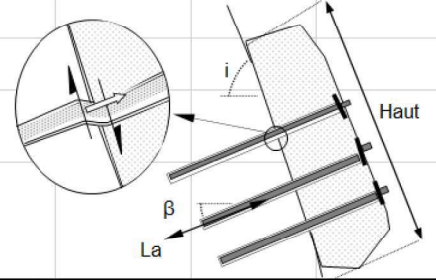


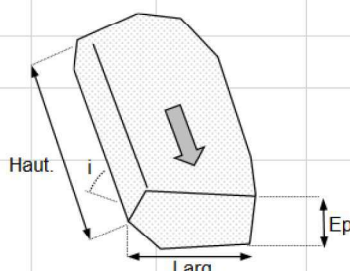
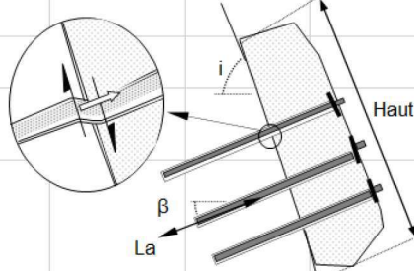
|                                                                                                                                  |               |                                                         |                                                                     |                                                  |                   |                                             |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|---------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            |               | Note de calcul - Confortement par clouage passif        |                                                                     |                                                  |                   |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | ELU - Situation fondamentale                            |                                                                     |                                                  |                   |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | ZONE                                                    |                                                                     | Elément                                          |                   |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur V              |                                                                     | I22 écaille principale                           |                   |                                             |         |
| Caractéristiques de l'écaille                                                                                                    |               |                                                         |                                                                     |                                                  |                   |                                             |         |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 2.70 m        | Largeur moy.                                            | 1.00 m                                                              | Epaisseur moy.                                   | 1.20 m            | Volume                                      | 3.24 m³ |
|                                                |               |                                                         |                                                                     |                                                  |                   |                                             |         |
| Données                                                                                                                          |               |                                                         |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES        |                   |                                             |         |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |               | 26                                                      |                                                                     | Angle de frottement                              |                   | 1.00                                        |         |
| Poids (kN)                                                                                                                       |               | 84.24                                                   |                                                                     | Cohésion                                         |                   | 1.00                                        |         |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |               | 80                                                      |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)         |                   | 1.35                                        |         |
| Inclinaison des ancrages β (°)                                                                                                   |               | 5                                                       |                                                                     | Traction limite acier (boulon)                   |                   | 1.15                                        |         |
| Angle de frottement φ (°)                                                                                                        |               | 30                                                      |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon                |                   | 1.15                                        |         |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |               | 0                                                       |                                                                     | Méthode                                          |                   | 1.00                                        |         |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |               | 0                                                       |                                                                     | Nombre d'essais de traction                      |                   | 0                                           |         |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |               | 500                                                     |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) ξ <sub>a1</sub> |                   | 1.60                                        |         |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |               | 500                                                     |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) ξ <sub>a2</sub> |                   | 1.60                                        |         |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |               | 272                                                     |                                                                     |                                                  |                   |                                             |         |
| Ancrages                                                                                                                         |               |                                                         |                                                                     |                                                  |                   |                                             |         |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre |                                                         | Diamètre de barre                                                   |                                                  | Nombre d'ancrages | Résistance acier en traction avec corrosion |         |
| 500                                                                                                                              | GEWI          |                                                         | 25 mm                                                               |                                                  | 2                 | 115.38 kN                                   |         |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |               | 55 mm                                                   | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                                  |                   | 66.92 kN                                    |         |
| Efforts moteur                                                                                                                   |               |                                                         |                                                                     | Efforts résistants                               |                   |                                             |         |
| 112.00 kN                                                                                                                        |               |                                                         |                                                                     | Cohésion                                         | 0.00 kN           | Frottement                                  | 6.26 kN |
|                                                                                                                                  |               |                                                         |                                                                     | F <sub>sans clouage</sub> = 0.06                 |                   |                                             |         |
| Effort à reprendre                                                                                                               |               | Traction à reprendre                                    |                                                                     | Cisaillement à reprendre                         |                   |                                             |         |
| 105.74 kN                                                                                                                        |               | 9.22 kN                                                 |                                                                     | 105.34 kN                                        |                   |                                             |         |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |               | Résistance des ancrages en traction                     |                                                                     | Résistance des ancrages en cisaillement          |                   |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | 10.17 kN                                                |                                                                     | 116.23 kN                                        |                   |                                             |         |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |               | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement |                                                                     |                                                  |                   |                                             |         |
|                                                                                                                                  |               | 116.67 kN                                               |                                                                     |                                                  |                   |                                             |         |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |               |                                                         |                                                                     |                                                  |                   |                                             |         |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |               |                                                         |                                                                     | F <sub>avec clouage</sub> = 1.10                 |                   |                                             |         |
| Nombre de clous                                                                                                                  |               | 2                                                       | Longueur de scellement minimum                                      |                                                  |                   | 2.00 m                                      |         |
| Diamètre                                                                                                                         |               | 25 mm                                                   | Longueur minimum                                                    |                                                  |                   | 3.40 m                                      |         |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |               |                                                         |                                                                     | F <sub>scel</sub> = 18.47                        |                   |                                             |         |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |               |                                                         |                                                                     |                                                  |                   |                                             |         |

|                                                                                                                                  |               |                                                         |                                                                     |                                                                                    |                    |        |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------|---------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            |               | Note de calcul - Confortement par clouage passif        |                                                                     |                                                                                    |                    |        |         |
|                                                                                                                                  |               | ELU - Situation fondamentale                            |                                                                     |                                                                                    |                    |        |         |
|                                                                                                                                  |               | ZONE                                                    |                                                                     | Elément                                                                            |                    |        |         |
|                                                                                                                                  |               | Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur V              |                                                                     | I22 écaille secondaire                                                             |                    |        |         |
| Caractéristiques de l'écaille                                                                                                    |               |                                                         |                                                                     |                                                                                    |                    |        |         |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 1.30 m        | Largeur moy.                                            | 1.00 m                                                              | Epaisseur moy.                                                                     | 0.50 m             | Volume | 0.65 m³ |
|                                                 |               |                                                         |                                                                     |  |                    |        |         |
| Données                                                                                                                          |               |                                                         | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES                           |                                                                                    |                    |        |         |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |               | 26                                                      | Angle de frottement                                                 |                                                                                    | 1.00               |        |         |
| Poids (kN)                                                                                                                       |               | 16.9                                                    | Cohésion                                                            |                                                                                    | 1.00               |        |         |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |               | 80                                                      | Actions permanentes défavorables (masse)                            |                                                                                    | 1.35               |        |         |
| Inclinaison des ancrages β (°)                                                                                                   |               | 5                                                       | Traction limite acier (boulon)                                      |                                                                                    | 1.15               |        |         |
| Angle de frottement φ (°)                                                                                                        |               | 30                                                      | Frottement latéral roche / boulon                                   |                                                                                    | 1.15               |        |         |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |               | 0                                                       | Méthode                                                             |                                                                                    | 1.00               |        |         |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |               | 0                                                       | Nombre d'essais de traction                                         |                                                                                    | 0                  |        |         |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |               | 500                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) ξ <sub>a1</sub>                    |                                                                                    | 1.60               |        |         |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |               | 500                                                     | Facteur de corrélation (minimum) ξ <sub>a2</sub>                    |                                                                                    | 1.60               |        |         |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |               | 272                                                     |                                                                     |                                                                                    |                    |        |         |
| Ancrages                                                                                                                         |               |                                                         |                                                                     |                                                                                    |                    |        |         |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre | Diamètre de barre                                       | Nombre d'ancrages                                                   | Résistance acier en traction avec corrosion                                        |                    |        |         |
| 500                                                                                                                              | GEWI          | 25 mm                                                   | 1                                                                   | 115.38 kN                                                                          |                    |        |         |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |               | 55 mm                                                   | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                                                                    | 66.92 kN           |        |         |
| Efforts moteur                                                                                                                   |               |                                                         | Efforts résistants                                                  |                                                                                    |                    |        |         |
| 22.47 kN                                                                                                                         |               |                                                         | Cohésion                                                            | 0.00 kN                                                                            | Frottement 1.26 kN |        |         |
|                                                                                                                                  |               |                                                         | F <sub>sans clouage</sub> = 0.06                                    |                                                                                    |                    |        |         |
| Effort à reprendre                                                                                                               |               | Traction à reprendre                                    |                                                                     | Cisaillement à reprendre                                                           |                    |        |         |
| 21.21 kN                                                                                                                         |               | 1.85 kN                                                 |                                                                     | 21.13 kN                                                                           |                    |        |         |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |               | Résistance des ancrages en traction                     |                                                                     | Résistance des ancrages en cisaillement                                            |                    |        |         |
|                                                                                                                                  |               | 5.08 kN                                                 |                                                                     | 58.11 kN                                                                           |                    |        |         |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |               | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement |                                                                     |                                                                                    |                    |        |         |
|                                                                                                                                  |               | 58.34 kN                                                |                                                                     |                                                                                    |                    |        |         |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |               |                                                         |                                                                     |                                                                                    |                    |        |         |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |               |                                                         | F <sub>avec clouage</sub> = 2.65                                    |                                                                                    |                    |        |         |
| Nombre de clous                                                                                                                  |               | 1                                                       | Longueur de scellement minimum                                      |                                                                                    | 2.00 m             |        |         |
| Diamètre                                                                                                                         |               | 25 mm                                                   | Longueur minimum                                                    |                                                                                    | 2.70 m             |        |         |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |               |                                                         | F <sub>scel</sub> = 18.47                                           |                                                                                    |                    |        |         |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |               |                                                         |                                                                     |                                                                                    |                    |        |         |

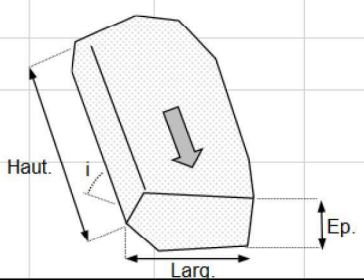
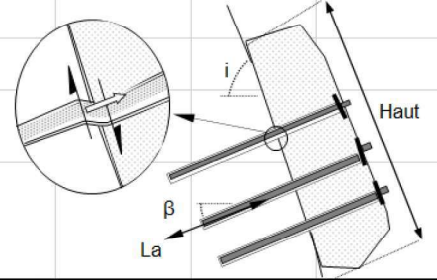
|                                                                                                                                  |               |                                                  |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|----------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            |               | Note de calcul - Confortement par clouage passif |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               | ELU - Situation fondamentale                     |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               | ZONE                                             |                                                                     |                                                                                    | Elément                                 |                                             |          |
| Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur T                                                                                       |               |                                                  | I24 - Masse principale                                              |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Caractéristiques de chacune des masses                                                                                           |               |                                                  |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 3.10 m        | Largeur moy.                                     | 2.70 m                                                              | Epaisseur moy.                                                                     | 1.00 m                                  | Volume                                      | 8.37 m³  |
|                                                 |               |                                                  |                                                                     |  |                                         |                                             |          |
| Données                                                                                                                          |               |                                                  |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES                                          |                                         |                                             |          |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |               | 26                                               |                                                                     | Angle de frottement                                                                |                                         | 1.00                                        |          |
| Poids (kN)                                                                                                                       |               | 217.62                                           |                                                                     | Cohésion                                                                           |                                         | 1.00                                        |          |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |               | 60                                               |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)                                           |                                         | 1.35                                        |          |
| Inclinaison des ancrages β (°)                                                                                                   |               | 10                                               |                                                                     | Traction limite acier (boulon)                                                     |                                         | 1.15                                        |          |
| Angle de frottement φ (°)                                                                                                        |               | 30                                               |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon                                                  |                                         | 1.15                                        |          |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |               | 0                                                |                                                                     | Méthode                                                                            |                                         | 1.00                                        |          |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |               | 0                                                |                                                                     | Nombre d'essais de traction                                                        |                                         | 0                                           |          |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |               | 500                                              |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) ξs1                                               |                                         | 1.60                                        |          |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |               | 500                                              |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) ξs2                                               |                                         | 1.60                                        |          |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |               | 272                                              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Ancrages                                                                                                                         |               |                                                  |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre |                                                  | Diamètre de barre                                                   |                                                                                    | Nombre d'ancrages                       | Résistance acier en traction avec corrosion |          |
| 500                                                                                                                              | GEWI          |                                                  | 28 mm                                                               |                                                                                    | 3                                       | 156.38 kN                                   |          |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |               | 68 mm                                            | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                                                                    |                                         | 90.70 kN                                    |          |
| Efforts moteur                                                                                                                   |               |                                                  |                                                                     | Efforts résistants                                                                 |                                         |                                             |          |
| 254.43 kN                                                                                                                        |               |                                                  |                                                                     | Cohésion                                                                           | 0.00 kN                                 | Frottement                                  | 46.53 kN |
|                                                                                                                                  |               |                                                  |                                                                     | Fsans clouage = 0.18                                                               |                                         |                                             |          |
| Effort à reprendre                                                                                                               |               |                                                  | Traction à reprendre                                                |                                                                                    | Cisaillement à reprendre                |                                             |          |
| 207.89 kN                                                                                                                        |               |                                                  | 71.10 kN                                                            |                                                                                    | 195.36 kN                               |                                             |          |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |               |                                                  | Résistance des ancrages en traction                                 |                                                                                    | Résistance des ancrages en cisaillement |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               |                                                  | 84.26 kN                                                            |                                                                                    | 231.51 kN                               |                                             |          |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |               |                                                  | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement             |                                                                                    |                                         |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               |                                                  | 246.37 kN                                                           |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |               |                                                  |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |               |                                                  |                                                                     | Favec clouage = 1.15                                                               |                                         |                                             |          |
| Nombre de clous                                                                                                                  |               | 3                                                | Longueur de scellement minimum                                      |                                                                                    |                                         | 2.00 m                                      |          |
| Diamètre                                                                                                                         |               | 28 mm                                            | Longueur minimum                                                    |                                                                                    |                                         | 3.20 m                                      |          |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |               |                                                  |                                                                     | Fscel = 4.13                                                                       |                                         |                                             |          |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |               |                                                  |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |



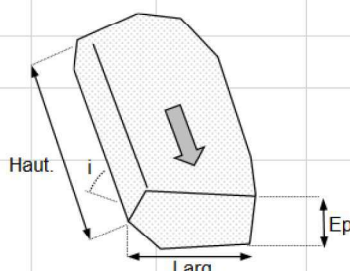
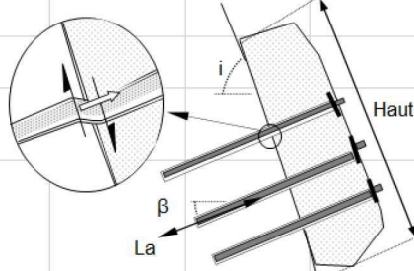
|                                                                                                                                  |                                                  |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|---------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            | Note de calcul - Confortement par clouage passif |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
|                                                                                                                                  | ELU - Situation fondamentale                     |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
|                                                                                                                                  | ZONE                                             |              |                                                                     | Elément                                                                            |                                         |                                             |         |
| Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur T                                                                                       |                                                  |              | I24 - Masses secondaires                                            |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Caractéristiques de chacune des masses                                                                                           |                                                  |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 1.00 m                                           | Largeur moy. | 2.00 m                                                              | Epaisseur moy.                                                                     | 1.00 m                                  | Volume                                      | 2.00 m³ |
|                                                 |                                                  |              |                                                                     |  |                                         |                                             |         |
| Données                                                                                                                          |                                                  |              |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES                                          |                                         |                                             |         |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |                                                  | 26           |                                                                     | Angle de frottement                                                                |                                         | 1.00                                        |         |
| Poids (kN)                                                                                                                       |                                                  | 52           |                                                                     | Cohésion                                                                           |                                         | 1.00                                        |         |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |                                                  | 70           |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)                                           |                                         | 1.35                                        |         |
| Inclinaison des ancrages β (°)                                                                                                   |                                                  | 10           |                                                                     | Traction limite acier (boulon)                                                     |                                         | 1.15                                        |         |
| Angle de frottement φ (°)                                                                                                        |                                                  | 30           |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon                                                  |                                         | 1.15                                        |         |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |                                                  | 0            |                                                                     | Méthode                                                                            |                                         | 1.00                                        |         |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |                                                  | 0            |                                                                     | Nombre d'essais de traction                                                        |                                         | 0                                           |         |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |                                                  | 500          |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) ξs1                                               |                                         | 1.60                                        |         |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |                                                  | 500          |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) ξs2                                               |                                         | 1.60                                        |         |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |                                                  | 272          |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Ancrages                                                                                                                         |                                                  |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre                                    |              | Diamètre de barre                                                   |                                                                                    | Nombre d'ancrages                       | Résistance acier en traction avec corrosion |         |
| 500                                                                                                                              | GEWI                                             |              | 28 mm                                                               |                                                                                    | 1                                       | 156.38 kN                                   |         |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |                                                  | 68 mm        | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                                                                    |                                         | 90.70 kN                                    |         |
| Efforts moteur                                                                                                                   |                                                  |              |                                                                     | Efforts résistants                                                                 |                                         |                                             |         |
| 65.97 kN                                                                                                                         |                                                  |              |                                                                     | Cohésion                                                                           | 0.00 kN                                 | Frottement                                  | 7.61 kN |
|                                                                                                                                  |                                                  |              |                                                                     | Fsans clouage = 0.12                                                               |                                         |                                             |         |
| Effort à reprendre                                                                                                               |                                                  |              | Traction à reprendre                                                |                                                                                    | Cisaillement à reprendre                |                                             |         |
| 58.36 kN                                                                                                                         |                                                  |              | 10.13 kN                                                            |                                                                                    | 57.47 kN                                |                                             |         |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |                                                  |              | Résistance des ancrages en traction                                 |                                                                                    | Résistance des ancrages en cisaillement |                                             |         |
|                                                                                                                                  |                                                  |              | 13.83 kN                                                            |                                                                                    | 78.46 kN                                |                                             |         |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |                                                  |              | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement             |                                                                                    |                                         |                                             |         |
|                                                                                                                                  |                                                  |              | 79.67 kN                                                            |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |                                                  |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |                                                  |              |                                                                     | Favec clouage = 1.32                                                               |                                         |                                             |         |
| Nombre de clous                                                                                                                  |                                                  | 1            | Longueur de scellement minimum                                      |                                                                                    |                                         | 2.00 m                                      |         |
| Diamètre                                                                                                                         |                                                  | 28 mm        | Longueur minimum                                                    |                                                                                    |                                         | 3.20 m                                      |         |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |                                                  |              |                                                                     | Fscel = 8.39                                                                       |                                         |                                             |         |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |                                                  |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |         |

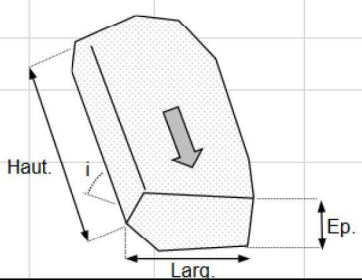
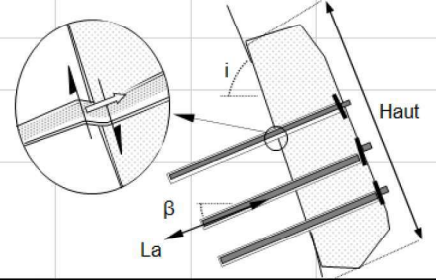
|                                                                                                                                  |               |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|----------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            |               | Note de calcul - Confortement par clouage passif                                   |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               | ELU - Situation fondamentale                                                       |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               | ZONE                                                                               |                                                                     |                                                  | Elément           |                                             |          |
| Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur T                                                                                       |               |                                                                                    | I25a                                                                |                                                  |                   |                                             |          |
| Caractéristiques de chacune des masses                                                                                           |               |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 2.00 m        | Largeur moy.                                                                       | 4.00 m                                                              | Epaisseur moy.                                   | 1.00 m            | Volume                                      | 8.00 m³  |
|                                                 |               |  |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
| Données                                                                                                                          |               |                                                                                    |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES        |                   |                                             |          |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |               | 26                                                                                 |                                                                     | Angle de frottement                              |                   | 1.00                                        |          |
| Poids (kN)                                                                                                                       |               | 208                                                                                |                                                                     | Cohésion                                         |                   | 1.00                                        |          |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |               | 60                                                                                 |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)         |                   | 1.35                                        |          |
| Inclinaison des ancrages β (°)                                                                                                   |               | 10                                                                                 |                                                                     | Traction limite acier (boulon)                   |                   | 1.15                                        |          |
| Angle de frottement φ (°)                                                                                                        |               | 30                                                                                 |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon                |                   | 1.15                                        |          |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |               | 0                                                                                  |                                                                     | Méthode                                          |                   | 1.00                                        |          |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |               | 0                                                                                  |                                                                     | Nombre d'essais de traction                      |                   | 0                                           |          |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |               | 500                                                                                |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) ξ <sub>a1</sub> |                   | 1.60                                        |          |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |               | 500                                                                                |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) ξ <sub>a2</sub> |                   | 1.60                                        |          |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |               | 272                                                                                |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
| Ancrages                                                                                                                         |               |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre |                                                                                    | Diamètre de barre                                                   |                                                  | Nombre d'ancrages | Résistance acier en traction avec corrosion |          |
| 500                                                                                                                              | GEWI          |                                                                                    | 28 mm                                                               |                                                  | 3                 | 156.38 kN                                   |          |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |               | 68 mm                                                                              | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                                  |                   | 90.70 kN                                    |          |
| Efforts moteur                                                                                                                   |               |                                                                                    |                                                                     | Efforts résistants                               |                   |                                             |          |
| 243.18 kN                                                                                                                        |               |                                                                                    |                                                                     | Cohésion                                         | 0.00 kN           | Frottement                                  | 44.48 kN |
|                                                                                                                                  |               |                                                                                    |                                                                     | F <sub>sans clouage</sub> = 0.18                 |                   |                                             |          |
| Effort à reprendre                                                                                                               |               | Traction à reprendre                                                               |                                                                     | Cisaillement à reprendre                         |                   |                                             |          |
| 198.70 kN                                                                                                                        |               | 67.96 kN                                                                           |                                                                     | 186.72 kN                                        |                   |                                             |          |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |               | Résistance des ancrages en traction                                                |                                                                     | Résistance des ancrages en cisaillement          |                   |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               | 84.26 kN                                                                           |                                                                     | 231.51 kN                                        |                   |                                             |          |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |               | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement                            |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               | 246.37 kN                                                                          |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |               |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |               |                                                                                    |                                                                     | F <sub>avec clouage</sub> = 1.20                 |                   |                                             |          |
| Nombre de clous                                                                                                                  |               | 3                                                                                  | Longueur de scellement minimum                                      |                                                  |                   | 2.00 m                                      |          |
| Diamètre                                                                                                                         |               | 28 mm                                                                              | Longueur minimum                                                    |                                                  |                   | 3.20 m                                      |          |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |               |                                                                                    |                                                                     | F <sub>scel</sub> = 4.13                         |                   |                                             |          |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |               |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |



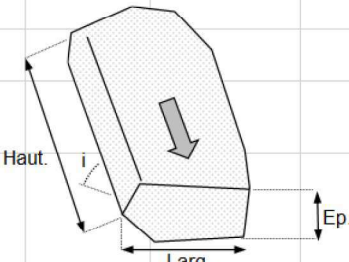
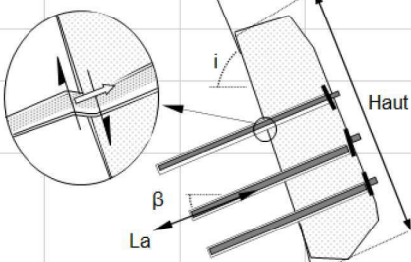
|                                                                                                                                  |                                                  |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|----------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            | Note de calcul - Confortement par clouage passif |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
|                                                                                                                                  | ELU - Situation fondamentale                     |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
|                                                                                                                                  | ZONE                                             |              |                                                                     |                                                                                    | Elément                                 |                                             |          |
| Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur T                                                                                       |                                                  |              |                                                                     | I25b                                                                               |                                         |                                             |          |
| Caractéristiques de chacune des masses                                                                                           |                                                  |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 1.20 m                                           | Largeur moy. | 1.50 m                                                              | Epaisseur moy.                                                                     | 1.00 m                                  | Volume                                      | 1.80 m³  |
|                                                 |                                                  |              |                                                                     |  |                                         |                                             |          |
| Données                                                                                                                          |                                                  |              |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES                                          |                                         |                                             |          |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |                                                  | 26           |                                                                     | Angle de frottement                                                                |                                         | 1.00                                        |          |
| Poids (kN)                                                                                                                       |                                                  | 46.8         |                                                                     | Cohésion                                                                           |                                         | 1.00                                        |          |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |                                                  | 60           |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)                                           |                                         | 1.35                                        |          |
| Inclinaison des ancrages beta (°)                                                                                                |                                                  | 10           |                                                                     | Traction limite acier (boulon)                                                     |                                         | 1.15                                        |          |
| Angle de frottement phi (°)                                                                                                      |                                                  | 30           |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon                                                  |                                         | 1.15                                        |          |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |                                                  | 0            |                                                                     | Méthode                                                                            |                                         | 1.00                                        |          |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |                                                  | 0            |                                                                     | Nombre d'essais de traction                                                        |                                         | 0                                           |          |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |                                                  | 500          |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) xi_s1                                             |                                         | 1.60                                        |          |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |                                                  | 500          |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) xi_s2                                             |                                         | 1.60                                        |          |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |                                                  | 272          |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Ancrages                                                                                                                         |                                                  |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre                                    |              | Diamètre de barre                                                   |                                                                                    | Nombre d'ancrages                       | Résistance acier en traction avec corrosion |          |
| 500                                                                                                                              | GEWI                                             |              | 28 mm                                                               |                                                                                    | 1                                       | 156.38 kN                                   |          |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |                                                  | 68 mm        | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0.58*traction EC3) |                                                                                    |                                         | 90.70 kN                                    |          |
| Efforts moteur                                                                                                                   |                                                  |              |                                                                     | Efforts résistants                                                                 |                                         |                                             |          |
| 54.72 kN                                                                                                                         |                                                  |              |                                                                     | Cohésion                                                                           | 0.00 kN                                 | Frottement                                  | 10.01 kN |
|                                                                                                                                  |                                                  |              |                                                                     | F_sans clouage = 0.18                                                              |                                         |                                             |          |
| Effort à reprendre                                                                                                               |                                                  |              | Traction à reprendre                                                |                                                                                    | Cisaillement à reprendre                |                                             |          |
| 44.71 kN                                                                                                                         |                                                  |              | 15.29 kN                                                            |                                                                                    | 42.01 kN                                |                                             |          |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |                                                  |              | Résistance des ancrages en traction                                 |                                                                                    | Résistance des ancrages en cisaillement |                                             |          |
|                                                                                                                                  |                                                  |              | 28.09 kN                                                            |                                                                                    | 77.17 kN                                |                                             |          |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |                                                  |              | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement             |                                                                                    |                                         |                                             |          |
|                                                                                                                                  |                                                  |              | 82.12 kN                                                            |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |                                                  |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |                                                  |              |                                                                     | F_avec clouage = 1.68                                                              |                                         |                                             |          |
| Nombre de clous                                                                                                                  |                                                  | 1            | Longueur de scellement minimum                                      |                                                                                    |                                         | 2.00 m                                      |          |
| Diamètre                                                                                                                         |                                                  | 28 mm        | Longueur minimum                                                    |                                                                                    |                                         | 3.20 m                                      |          |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |                                                  |              |                                                                     | F_scel = 4.13                                                                      |                                         |                                             |          |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |                                                  |              |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |



|                                                                                                                                  |               |                       |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|----------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            |               |                       | Note de calcul - Confortement par clouage passif                    |                                                                                    |                                         |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               |                       | ELU - Situation fondamentale                                        |                                                                                    |                                         |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               |                       | ZONE                                                                |                                                                                    | Elément                                 |                                             |          |
| Gorges de la Save                                                                                                                |               | Tronçon 1 - Secteur T |                                                                     |                                                                                    | I25c                                    |                                             |          |
| Caractéristiques de chacune des masses                                                                                           |               |                       |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 1.50 m        | Largeur moy.          | 1.80 m                                                              | Epaisseur moy.                                                                     | 1.00 m                                  | Volume                                      | 2.70 m³  |
|                                                 |               |                       |                                                                     |  |                                         |                                             |          |
| Données                                                                                                                          |               |                       |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES                                          |                                         |                                             |          |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |               | 26                    |                                                                     | Angle de frottement                                                                |                                         | 1.00                                        |          |
| Poids (kN)                                                                                                                       |               | 70.2                  |                                                                     | Cohésion                                                                           |                                         | 1.00                                        |          |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |               | 60                    |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)                                           |                                         | 1.35                                        |          |
| Inclinaison des ancrages β (°)                                                                                                   |               | 10                    |                                                                     | Traction limite acier (boulon)                                                     |                                         | 1.15                                        |          |
| Angle de frottement φ (°)                                                                                                        |               | 30                    |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon                                                  |                                         | 1.15                                        |          |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |               | 0                     |                                                                     | Méthode                                                                            |                                         | 1.00                                        |          |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |               | 0                     |                                                                     | Nombre d'essais de traction                                                        |                                         | 0                                           |          |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |               | 500                   |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) ξa1                                               |                                         | 1.60                                        |          |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |               | 500                   |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) ξa2                                               |                                         | 1.60                                        |          |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |               | 272                   |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Ancrages                                                                                                                         |               |                       |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre |                       | Diamètre de barre                                                   |                                                                                    | Nombre d'ancrages                       | Résistance acier en traction avec corrosion |          |
| 500                                                                                                                              | GEWI          |                       | 28 mm                                                               |                                                                                    | 1                                       | 156.38 kN                                   |          |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |               | 68 mm                 | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                                                                    |                                         | 90.70 kN                                    |          |
| Efforts moteur                                                                                                                   |               |                       |                                                                     | Efforts résistants                                                                 |                                         |                                             |          |
| 82.07 kN                                                                                                                         |               |                       |                                                                     | Cohésion                                                                           | 0.00 kN                                 | Frottement                                  | 15.01 kN |
|                                                                                                                                  |               |                       |                                                                     | Fsans clouage = 0.18                                                               |                                         |                                             |          |
| Effort à reprendre                                                                                                               |               |                       | Traction à reprendre                                                |                                                                                    | Cisaillement à reprendre                |                                             |          |
| 67.06 kN                                                                                                                         |               |                       | 22.94 kN                                                            |                                                                                    | 63.02 kN                                |                                             |          |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |               |                       | Résistance des ancrages en traction                                 |                                                                                    | Résistance des ancrages en cisaillement |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               |                       | 28.09 kN                                                            |                                                                                    | 77.17 kN                                |                                             |          |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |               |                       | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement             |                                                                                    |                                         |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               |                       | 82.12 kN                                                            |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |               |                       |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |               |                       |                                                                     | Favec clouage = 1.18                                                               |                                         |                                             |          |
| Nombre de clous                                                                                                                  |               | 1                     | Longueur de scellement minimum                                      |                                                                                    |                                         | 2.00 m                                      |          |
| Diamètre                                                                                                                         |               | 28 mm                 | Longueur minimum                                                    |                                                                                    |                                         | 3.20 m                                      |          |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |               |                       |                                                                     | Fscel = 4.13                                                                       |                                         |                                             |          |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |               |                       |                                                                     |                                                                                    |                                         |                                             |          |

|                                                                                                                                  |               |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|----------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            |               | Note de calcul - Confortement par clouage passif                                   |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               | ELU - Situation fondamentale                                                       |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               | ZONE                                                                               |                                                                     |                                                  | Elément           |                                             |          |
| Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur T                                                                                       |               |                                                                                    | I26                                                                 |                                                  |                   |                                             |          |
| Caractéristiques de chacune des masses                                                                                           |               |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 1.80 m        | Largeur moy.                                                                       | 4.00 m                                                              | Epaisseur moy.                                   | 1.30 m            | Volume                                      | 9.36 m³  |
|                                                 |               |  |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
| Données                                                                                                                          |               |                                                                                    |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES        |                   |                                             |          |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |               | 26                                                                                 |                                                                     | Angle de frottement                              |                   | 1.00                                        |          |
| Poids (kN)                                                                                                                       |               | 243.36                                                                             |                                                                     | Cohésion                                         |                   | 1.00                                        |          |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |               | 60                                                                                 |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)         |                   | 1.35                                        |          |
| Inclinaison des ancrages β (°)                                                                                                   |               | 10                                                                                 |                                                                     | Traction limite acier (boulon)                   |                   | 1.15                                        |          |
| Angle de frottement φ (°)                                                                                                        |               | 30                                                                                 |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon                |                   | 1.15                                        |          |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |               | 0                                                                                  |                                                                     | Méthode                                          |                   | 1.00                                        |          |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |               | 0                                                                                  |                                                                     | Nombre d'essais de traction                      |                   | 0                                           |          |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |               | 500                                                                                |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) ξ <sub>a1</sub> |                   | 1.60                                        |          |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |               | 500                                                                                |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) ξ <sub>a2</sub> |                   | 1.60                                        |          |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |               | 272                                                                                |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
| Ancrages                                                                                                                         |               |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre |                                                                                    | Diamètre de barre                                                   |                                                  | Nombre d'ancrages | Résistance acier en traction avec corrosion |          |
| 500                                                                                                                              | GEWI          |                                                                                    | 28 mm                                                               |                                                  | 3                 | 156.38 kN                                   |          |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |               | 68 mm                                                                              | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                                  |                   | 90.70 kN                                    |          |
| Efforts moteur                                                                                                                   |               |                                                                                    |                                                                     | Efforts résistants                               |                   |                                             |          |
| 284.52 kN                                                                                                                        |               |                                                                                    |                                                                     | Cohésion                                         | 0.00 kN           | Frottement                                  | 52.04 kN |
|                                                                                                                                  |               |                                                                                    |                                                                     | F <sub>sans clouage</sub> = 0.18                 |                   |                                             |          |
| Effort à reprendre                                                                                                               |               | Traction à reprendre                                                               |                                                                     | Cisaillement à reprendre                         |                   |                                             |          |
| 232.48 kN                                                                                                                        |               | 79.51 kN                                                                           |                                                                     | 218.46 kN                                        |                   |                                             |          |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |               | Résistance des ancrages en traction                                                |                                                                     | Résistance des ancrages en cisaillement          |                   |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               | 84.26 kN                                                                           |                                                                     | 231.51 kN                                        |                   |                                             |          |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |               | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement                            |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
|                                                                                                                                  |               | 246.37 kN                                                                          |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |               |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |               |                                                                                    |                                                                     | F <sub>avec clouage</sub> = 1.05                 |                   |                                             |          |
| Nombre de clous                                                                                                                  |               | 3                                                                                  | Longueur de scellement minimum                                      |                                                  | 2.00 m            |                                             |          |
| Diamètre                                                                                                                         |               | 28 mm                                                                              | Longueur minimum                                                    |                                                  | 3.50 m            |                                             |          |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |               |                                                                                    |                                                                     | F <sub>scel</sub> = 4.13                         |                   |                                             |          |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |               |                                                                                    |                                                                     |                                                  |                   |                                             |          |



|                                                                                                                                  |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                           |                                         |                                             |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|----------|
| <br>Division risques rocheux - IMSRN            | Note de calcul - Confortement par clouage passif |                                                                                    |                                                                     |                                           |                                         |                                             |          |
|                                                                                                                                  | ELU - Situation fondamentale                     |                                                                                    |                                                                     |                                           |                                         |                                             |          |
|                                                                                                                                  | ZONE                                             |                                                                                    |                                                                     | Elément                                   |                                         |                                             |          |
| Gorges de la Save<br>Tronçon 1 - Secteur T                                                                                       |                                                  |                                                                                    | I27                                                                 |                                           |                                         |                                             |          |
| Caractéristiques de chacune des masses                                                                                           |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                           |                                         |                                             |          |
| Hauteur moy.                                                                                                                     | 2.00 m                                           | Largeur moy.                                                                       | 1.40 m                                                              | Epaisseur moy.                            | 1.40 m                                  | Volume                                      | 3.92 m³  |
|                                                 |                                                  |  |                                                                     |                                           |                                         |                                             |          |
| Données                                                                                                                          |                                                  |                                                                                    |                                                                     | Coefficients pondérateurs selon EUROCODES |                                         |                                             |          |
| Poids volumique (kN/m³)                                                                                                          |                                                  | 26                                                                                 |                                                                     | Angle de frottement                       |                                         | 1.00                                        |          |
| Poids (kN)                                                                                                                       |                                                  | 101.92                                                                             |                                                                     | Cohésion                                  |                                         | 1.00                                        |          |
| Inclinaison du plan de rupture i (°)                                                                                             |                                                  | 50                                                                                 |                                                                     | Actions permanentes défavorables (masse)  |                                         | 1.35                                        |          |
| Inclinaison des ancrages β (°)                                                                                                   |                                                  | 10                                                                                 |                                                                     | Traction limite acier (boulon)            |                                         | 1.15                                        |          |
| Angle de frottement φ (°)                                                                                                        |                                                  | 30                                                                                 |                                                                     | Frottement latéral roche / boulon         |                                         | 1.15                                        |          |
| Cohésion (kPa)                                                                                                                   |                                                  | 0                                                                                  |                                                                     | Méthode                                   |                                         | 1.00                                        |          |
| Pression d'eau (kPa)                                                                                                             |                                                  | 0                                                                                  |                                                                     | Nombre d'essais de traction               |                                         | 0                                           |          |
| Frottement latéral qs (Valeur moyenne) (kPa)                                                                                     |                                                  | 500                                                                                |                                                                     | Facteur de corrélation (moyenne) ξs1      |                                         | 1.60                                        |          |
| Frottement latéral qs (Valeur minimale) (kPa)                                                                                    |                                                  | 500                                                                                |                                                                     | Facteur de corrélation (minimum) ξs2      |                                         | 1.60                                        |          |
| Frottement latéral qs (kPa)                                                                                                      |                                                  | 272                                                                                |                                                                     |                                           |                                         |                                             |          |
| Ancrages                                                                                                                         |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                           |                                         |                                             |          |
| Nuance                                                                                                                           | Type de barre                                    |                                                                                    | Diamètre de barre                                                   |                                           | Nombre d'ancrages                       | Résistance acier en traction avec corrosion |          |
| 500                                                                                                                              | GEWI                                             |                                                                                    | 28 mm                                                               |                                           | 1                                       | 156.38 kN                                   |          |
| Diamètre de forage min. (taillant)                                                                                               |                                                  | 68 mm                                                                              | Résistance acier en cisaillement avec corrosion (0,58*traction EC3) |                                           |                                         | 90.70 kN                                    |          |
| Efforts moteur                                                                                                                   |                                                  |                                                                                    |                                                                     | Efforts résistants                        |                                         |                                             |          |
| 105.40 kN                                                                                                                        |                                                  |                                                                                    |                                                                     | Cohésion                                  | 0.00 kN                                 | Frottement                                  | 28.02 kN |
|                                                                                                                                  |                                                  |                                                                                    |                                                                     | Fsans clouage = 0.27                      |                                         |                                             |          |
| Effort à reprendre                                                                                                               |                                                  |                                                                                    | Traction à reprendre                                                |                                           | Cisaillement à reprendre                |                                             |          |
| 77.38 kN                                                                                                                         |                                                  |                                                                                    | 38.69 kN                                                            |                                           | 67.02 kN                                |                                             |          |
| Critère de rupture de l'ancrage en traction / cisaillement pur selon EC                                                          |                                                  |                                                                                    | Résistance des ancrages en traction                                 |                                           | Résistance des ancrages en cisaillement |                                             |          |
|                                                                                                                                  |                                                  |                                                                                    | 43.18 kN                                                            |                                           | 74.79 kN                                |                                             |          |
| La réaction des ancrages passifs est prise en compte sous la forme d'une réaction parallèle à la direction du glissement         |                                                  |                                                                                    | Effort repris par les ancrages selon plan de glissement             |                                           |                                         |                                             |          |
|                                                                                                                                  |                                                  |                                                                                    | 86.36 kN                                                            |                                           |                                         |                                             |          |
| Coefficient de sécurité ELU en situation fondamentale                                                                            |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                           |                                         |                                             |          |
| Le coefficient de sécurité est calculé sur le plan de glissement                                                                 |                                                  |                                                                                    |                                                                     | Favec clouage = 1.09                      |                                         |                                             |          |
| Nombre de clous                                                                                                                  |                                                  | 1                                                                                  | Longueur de scellement minimum                                      |                                           |                                         | 2.00 m                                      |          |
| Diamètre                                                                                                                         |                                                  | 28 mm                                                                              | Longueur minimum                                                    |                                           |                                         | 3.60 m                                      |          |
| Coefficient de sécurité du scellement (résistance du scellement barre, coulis)                                                   |                                                  |                                                                                    |                                                                     | Fscel = 2.69                              |                                         |                                             |          |
| Ginger CEBTP - Agence de LIMOGES - 117 Rue de Nexon, 87000 Limoges<br>Tél. +33 (0)5 55 30 80 80 - cebtp.limoges@groupeginger.com |                                                  |                                                                                    |                                                                     |                                           |                                         |                                             |          |



## **ANNEXE 4 – NOTE DE CALCUL POUR LE DIMENSIONNEMENT DU GRILLAGE PLAQUE TYPE TECCO® 65/3**

# RUVOLUM® ONLINE TOOL

RUVOLUM® - Le logiciel de dimensionnement du système de stabilisation de pente TECCO®/SPIDER®

Projet n°  
 Nom du projet Gorges Save - I25-I27  
 Date, Auteur 2025-11-21, PUYRAIMOND

| Données d'entrée                                          |                   |             |
|-----------------------------------------------------------|-------------------|-------------|
| Inclinaison de la pente                                   | $\alpha =$        | 80.0 degrés |
| Epaisseur de la couche                                    | $t =$             | 1.00 m      |
| Angle de frottement du sol                                | $\Phi_s =$        | 30.0 degrés |
| Poids volumique du sol                                    | $\gamma_s =$      | 26.0 kN/m³  |
| Inclinaison du clou                                       | $\psi =$          | 15.0 degrés |
| Espacement horizontal des clous                           | $a =$             | 2.00 m      |
| Espacement des clous dans le sens de la pente             | $b =$             | 1.50 m      |
| Cas de charges                                            |                   |             |
| Pression d'écoulement                                     |                   | Non         |
| Risque sismique                                           |                   | Non         |
| Coefficient d'accélération horizontale sous séisme        | $\varepsilon_h =$ | 0.000 [-]   |
| Coefficient d'accélération verticale sous séisme          | $c_v =$           | 0.000 [-]   |
| Valeurs par défaut et coefficient de sécurité             |                   |             |
| Cohésion du sol                                           | $c_s =$           | 0.0 kN/m²   |
| Rayon du cône de pression                                 | $\zeta =$         | 0.15 m      |
| Inclinaison du cône de pression par rapport à la pente    | $\delta =$        | 45.0 degrés |
| Force parallèle à la pente                                | $Z_d =$           | 15.0 kN     |
| Précontrainte du système                                  | $V =$             | 30.0 kN     |
| Coefficient de sécurité partiel sur l'angle de frottement | $\gamma_\phi$     | 1.25 [-]    |
| Coefficient de sécurité partiel sur la cohésion           | $\gamma_c$        | 1.25 [-]    |
| Coefficient de sécurité partiel sur le poids volumique    | $\gamma_\gamma$   | 1.00 [-]    |
| Facteur d'incertitude sur le modèle                       | $\gamma_{mod}$    | 1.10 [-]    |
| Valeurs de dimensionnement                                |                   |             |
|                                                           | $\Phi_d =$        | 24.8 degrés |
|                                                           | $c_d =$           | 0.0 kN/m²   |
|                                                           | $\gamma_d =$      | 26.0 kN/m³  |

| Eléments du système                                                                                                                                                                                                           |                                                  |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------|
| Type de filet appliqué                                                                                                                                                                                                        | TECCO G65/3                                      |                       |
| Plaque à griffes appliquée                                                                                                                                                                                                    | Plaques à griffes TECCO P33                      |                       |
| Résistance du filet à un effort ponctuel et parallèle à la pente                                                                                                                                                              | Z <sub>R</sub> =                                 | 30.0 kN               |
| Résistance du filet à une contrainte de pression dans le sens du clou                                                                                                                                                         | D <sub>R</sub> =                                 | 180.0 kN              |
| Résistance du filet au cisaillement dans la direction du clou                                                                                                                                                                 | P <sub>R</sub> =                                 | 90.0 kN               |
| Elongation longitudinale à partir d'essais de résistance à la traction                                                                                                                                                        | δ<                                               | 6 %                   |
|                                                                                                                                                                                                                               |                                                  |                       |
| Type de barre appliquée                                                                                                                                                                                                       | GEWI D = 28 mm                                   |                       |
| En prenant en compte la corrosion                                                                                                                                                                                             | Oui                                              |                       |
| Résistance du clou à la traction                                                                                                                                                                                              | T <sub>Rred</sub> =                              | 226.0 kN              |
| Résistance du clou au cisaillement                                                                                                                                                                                            | S <sub>Rred</sub> =                              | 131.0 kN              |
| Section transversale du clou retenu avec /sans prise en compte de la corrosion                                                                                                                                                | A <sub>red</sub> =                               | 452.0 mm <sup>2</sup> |
|                                                                                                                                                                                                                               |                                                  |                       |
| Vérifications                                                                                                                                                                                                                 |                                                  |                       |
| Vérification du filet au cisaillement en bordure amont des plaques à griffes                                                                                                                                                  | Satisfaisant                                     |                       |
| Vérification du filet soumis à une force ponctuelle Z transmise aux ancrages                                                                                                                                                  | Satisfaisant                                     |                       |
| Vérification des ancrages dans le cas d'un glissement superficiel parallèle à la pente                                                                                                                                        | Satisfaisant                                     |                       |
| Vérification du filet au poinçonnement                                                                                                                                                                                        | Satisfaisant                                     |                       |
| Vérification des ancrages aux efforts combinés                                                                                                                                                                                | Satisfaisant                                     |                       |
| Les vérifications données portent sur l'étude des instabilités superficielles. D'autres analyses sont requises pour vérifier la stabilité globale. Si besoin le type de clou et le maillage des ancrages peuvent être adaptés |                                                  |                       |
|                                                                                                                                                                                                                               |                                                  |                       |
| Etude des instabilités locales entre ancrages                                                                                                                                                                                 |                                                  |                       |
| Vérification du filet au cisaillement en bordure amont des plaques à griffes                                                                                                                                                  |                                                  |                       |
| Contrainte de cisaillement maximale exercée sur le filet dans la direction de l'ancrage, sur le bord amont de la plaque à griffes                                                                                             | P <sub>d</sub> =                                 | 20.8 kN               |
| Épaisseur de la couche instable critique                                                                                                                                                                                      | t <sub>rel</sub> =                               | 0.60 m                |
| Résistance du filet au cisaillement dans la direction du clou, sur le bord amont de la plaque à griffes                                                                                                                       | P <sub>R</sub> =                                 | 90.0 kN               |
| Coefficient de sécurité sur la résistance au cisaillement du filet                                                                                                                                                            | γ <sub>PR</sub> =                                | 1.5 [-]               |
| Valeur pondérée de la résistance au cisaillement du filet                                                                                                                                                                     | P <sub>R</sub> /γ <sub>PR</sub> =                | 60.0 kN               |
| Vérification de la sécurité du système                                                                                                                                                                                        | P <sub>d</sub> <=P <sub>R</sub> /γ <sub>PR</sub> | Satisfaisant          |
| Vérification du filet soumis à une force ponctuelle Z transmise aux ancrages                                                                                                                                                  |                                                  |                       |
| Effort parallèle à la pente pris en compte dans l'équilibre général                                                                                                                                                           | Z <sub>d</sub> =                                 | 15.0 kN               |
| Résistance du filet à un effort ponctuel et parallèle à la pente                                                                                                                                                              | Z <sub>R</sub> =                                 | 30.0 kN               |
| Coefficient de sécurité sur la force ponctuelle parallèle à la pente Z                                                                                                                                                        | γ <sub>ZR</sub> =                                | 1.5 [-]               |
| Valeur pondérée de la résistance du filet à un effort de traction                                                                                                                                                             | Z <sub>R</sub> /γ <sub>ZR</sub> =                | 20.0 kN               |
| Vérification de la sécurité du système                                                                                                                                                                                        | Z <sub>d</sub> <=Z <sub>R</sub> /γ <sub>ZR</sub> | Satisfaisant          |



## Etude des instabilités superficielles parallèles à la pente

### Vérification des ancrages dans le cas d'un glissement superficiel parallèle à la pente

|                                                                            |                                 |              |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------|
| Précontrainte effectivement appliquée sur l'ancrage                        | $V=$                            | 30.0 kN      |
| Facteur de charge pour une influence positive de la précontrainte V        | $\gamma_{v1}=$                  | 0.8 [-]      |
| Valeur pondérée de la précontrainte pour une influence positive de V       | $V_{d1}=$                       | 24.0 kN      |
| Force de cisaillement requise analytiquement en fonction de $V_{d1}$       | $S_d=$                          | 63.2 kN      |
| Résistance du clou au cisaillement                                         | $S_{Rred}=$                     | 131.0 kN     |
| Coefficient de sécurité appliqué sur la résistance au cisaillement du clou | $\gamma_{SR}=$                  | 1.5 [-]      |
| Valeur pondérée de la résistance du clou au cisaillement                   | $S_{Rred}/\gamma_{SR}=$         | 87.3 kN      |
| Vérification de la sécurité du système                                     | $S_d \leq S_{Rred}/\gamma_{SR}$ | Satisfaisant |

### Vérification du filet au poinçonnement

|                                                                       |                                |              |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------|
| Précontrainte effectivement appliquée sur l'ancrage                   | $V=$                           | 30.0 kN      |
| Facteur de charge pour une influence positive de la précontrainte V   | $\gamma_{v11}=$                | 1.5 [-]      |
| Valeur pondérée de la précontrainte pour une influence positive de V  | $V_{d11}=$                     | 45.0 kN      |
| Résistance du filet à une contrainte de pression dans le sens du clou | $D_R=$                         | 180.0 kN     |
| Coefficient de sécurité appliqué à la contrainte de poinçonnement     | $\gamma_{DR}=$                 | 1.5 [-]      |
| Valeur pondérée de la résistance au poinçonnement du filet            | $D_R/\gamma_{DR}=$             | 120.0 kN     |
| Vérification de la sécurité du système                                | $V_{d11} \leq D_R/\gamma_{DR}$ | Satisfaisant |

### Vérification des ancrages aux efforts combinés

|                                                                                                                                 |                 |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|
| Précontrainte effectivement appliquée sur l'ancrage                                                                             | $V=$            | 30.0 kN      |
| Facteur de charge pour une influence positive de la précontrainte V                                                             | $\gamma_{v1}=$  | 0.8 [-]      |
| Valeur pondérée de la précontrainte pour une influence positive de V                                                            | $V_{d1}=$       | 24.0 kN      |
| Facteur de charge pour une influence négative de la précontrainte V                                                             | $\gamma_{v11}=$ | 1.5 [-]      |
| Valeur pondérée de la précontrainte pour une influence négative de V                                                            | $V_{d11}=$      | 45.0 kN      |
| Force de cisaillement requise analytiquement en fonction de $V_{d11}$                                                           | $S_d=$          | 63.2 kN      |
| Effort de cisaillement maximal appliqué au filet                                                                                | $P_d=$          | 20.8 kN      |
| Résistance du clou à la traction                                                                                                | $T_{Rred}=$     | 226.0 kN     |
| Résistance du clou au cisaillement                                                                                              | $S_{Rred}=$     | 131.0 kN     |
| Coefficient de sécurité appliqué à un effort de traction                                                                        | $\gamma_{TR}=$  | 1.5 [-]      |
| Coefficient de sécurité appliqué à un effort de cisaillement                                                                    | $\gamma_{SR}=$  | 1.5 [-]      |
| Vérification de la sécurité du système $\{[V_{d11}/(T_{Rred}/\gamma_{TR})]^2 + [S_d/(S_{Rred}/\gamma_{SR})]^2\}^{0.5} \leq 1.0$ | 0.78            | Satisfaisant |
| Vérification de la sécurité du système $\{[P_d/(T_{Rred}/\gamma_{TR})]^2 + [S_d/(S_{Rred}/\gamma_{SR})]^2\}^{0.5} \leq 1.0$     | 0.74            | Satisfaisant |
| Force de traction statique équivalente dans le clou (valeur de calcul)                                                          | $T_d=$          | 136.8 kN     |

Section transversale

Épaisseur de la couche

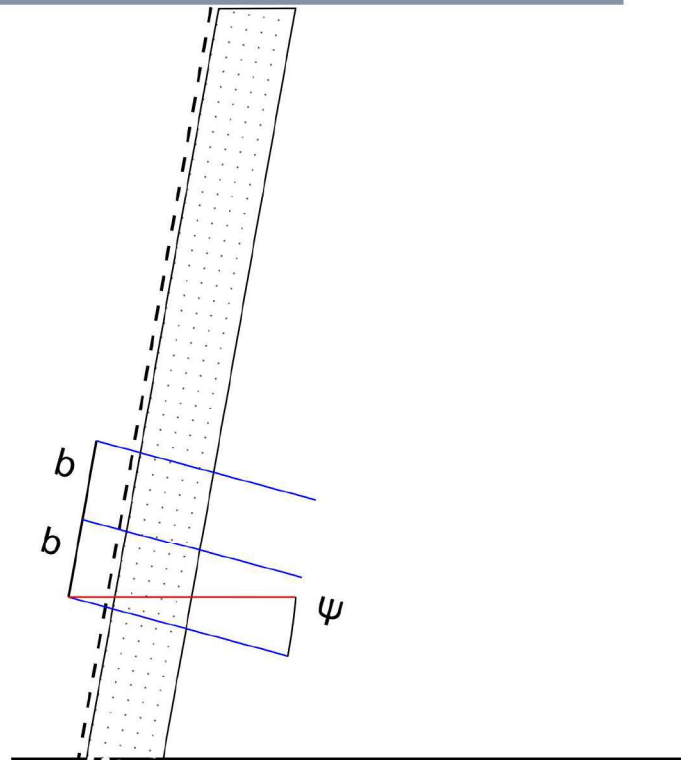
$t = 1.00 \text{ m}$

Inclinaison du clou

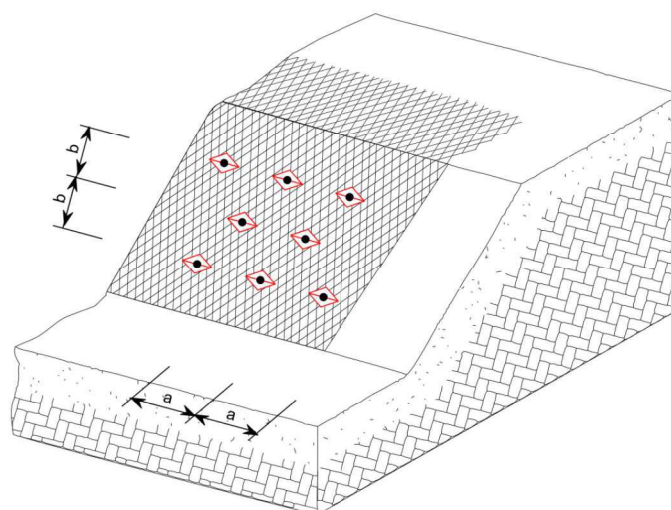
$\psi = 15.0 \text{ degrés}$

Inclinaison de la pente

$\alpha = 80.0 \text{ degrés}$



Vue d'ensemble des ancrages



## **ANNEXE 5 – NOTE DE CALCUL POUR LE DIMENSIONNEMENT DU FILET PLAQUE**



NOTE DE CALCUL POUR LE CONFORTEMENT PAR :

| Zone      | Élément |
|-----------|---------|
| Secteur X | I9      |

|                 |                                     |
|-----------------|-------------------------------------|
| CÂBLAGE         | <input type="checkbox"/>            |
| FILET DE CÂBLES | <input type="checkbox"/>            |
| FILET ASM       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| FILET HLE       | <input type="checkbox"/>            |
| FILET ELITE     | <input type="checkbox"/>            |

DIMENSIONNEMENT DES ANCRAGES DE FIXATION DE POURTOUR

| Hauteur              | Largeur | Ep min | Ep max | Ep moy     | Volume               |
|----------------------|---------|--------|--------|------------|----------------------|
| 5.00 m               | 10.00 m | 1.00 m | 2.00 m | 1.50 m     | 75.00 m <sup>3</sup> |
| Poids volumique      |         |        |        | Poids (kN) |                      |
| 26 kN/m <sup>3</sup> |         |        |        | 1950.00    |                      |

|          |                                      |
|----------|--------------------------------------|
| Eau      | β angle plan glissement/horizontale  |
| 0 kPa    | 60 °                                 |
| Cohésion | Angle frottement sur plan glissement |
| 0 kPa    | 35 °                                 |

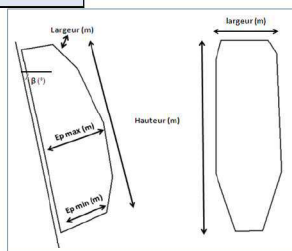
| Hypothèses sur les ancrages | Diamètre de forage                       | Limite élastique       |
|-----------------------------|------------------------------------------|------------------------|
| Diamètre barre              | 57 mm                                    | 500 kN/mm <sup>2</sup> |
| 28 mm                       |                                          |                        |
| Nombre d'ancrages           | Inclinaison des ancrages/horizontale (°) |                        |
| 24                          | 30 °                                     |                        |

| Coefficients de sécurité partiels |      |
|-----------------------------------|------|
| Angle de frottement apparent      | 1    |
| Poids volumique (déstabilisateur) | 1.35 |
| Poids volumique (stabilisateur)   | 1.35 |
| Acier                             | 1.15 |
| Frottement latéral                | 1.15 |
| Méthode                           | 1    |
| Travail ancrage châtiment pur     | 1.72 |
| Cohésion                          | 1    |

| Bilan des forces | Effort résistant   |
|------------------|--------------------|
| Efforts moteur   |                    |
| 2279.81 kN       | Cohésion           |
|                  | Frottement latéral |
|                  | 505.71 kN          |

| Contribution de barre Cb |                                 |
|--------------------------|---------------------------------|
| Limite élastique         | Limite élastique avec corrosion |
| 307.88 kN                | 156.38 kN                       |
| Cb                       | n x Cb                          |
| 78.87 kN                 | 1892.91 kN                      |

| Longueur de scellement Ls                                        |  |
|------------------------------------------------------------------|--|
| Choix à (coulis k=20, mortier lite résistance k=20, résine k=30) |  |
| 10                                                               |  |
| Longueur de scellement min(m) (L*§Barre)                         |  |
| 2.00                                                             |  |
| Longueur de scellement retenue                                   |  |
| 2.0 m                                                            |  |
| Coefficient de frottement qp                                     |  |
| 750 kPa                                                          |  |
| Admissible (qy)                                                  |  |
| 238.55                                                           |  |
| Facteur de sécurité sur Ls                                       |  |
| 8.02                                                             |  |
| Pertinence du facteur de sécurité                                |  |
| 106                                                              |  |
| Longueur de barre retenue                                        |  |
| 2.0 m                                                            |  |



|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| Facteur de sécurité Fs des ancrages | 1.05 |
| Pertinence du coefficient           | OK   |

| Type d'ancrage à réaliser               |        |
|-----------------------------------------|--------|
| Nombre d'ancrages                       | 24     |
| Diamètres des barres                    | 28 mm  |
| Diamètre de forage                      | 57 mm  |
| Type de scellement                      | collé  |
| Longueur scellement mini au rocher sain | 2.00 m |
| Longueur des barres*                    | 4.0 m  |

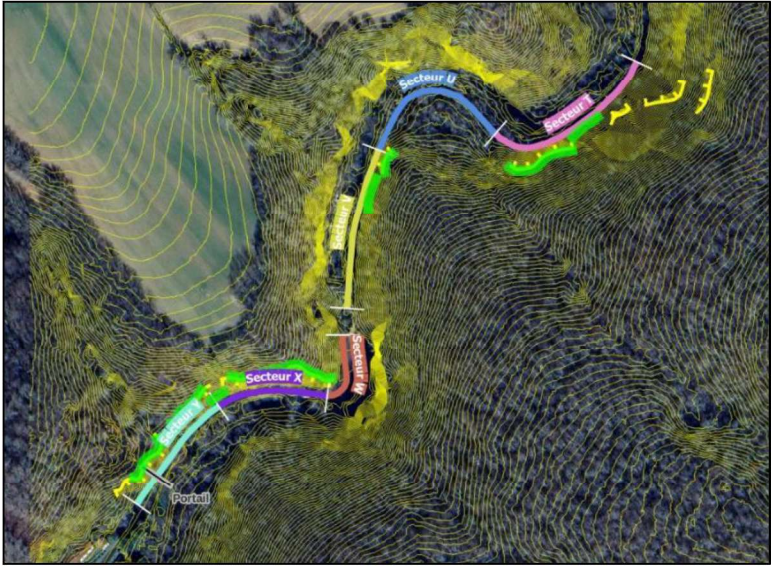
CONFORTEMENT PAR FILET DE CÂBLES

Discretisation verticale/horizontale

| Effort total à reprendre (kN)          | Type de mailles (mm)            | Nb de mailles hauteur/largeur                     | Pondération résistance câble  |
|----------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1774.11 kN                             | 250                             | 33                                                |                               |
| Largeur de filet min (m)               | Câble de mailles Ø(mm)          | Nb de câbles de mailles                           | Résistance (kN)               |
| 12.00                                  | 8                               | 64                                                | 1004.4                        |
| Hauteur de filet min (m)               | Câble périmétral Ø(mm)          | Nb câbles périmétral                              | Résistance (kN)               |
| 7.00                                   | 16                              | 1                                                 | 363                           |
| Surface du filet min (m <sup>2</sup> ) | Résistance (N/mm <sup>2</sup> ) |                                                   | Résistance filet (kN)         |
| 84                                     | 1770                            |                                                   | 2212.84                       |
|                                        |                                 | Pertinence du filet                               | OK                            |
|                                        | Confortement : ajout de câbles  | Effort résultant à reprendre (kN)                 |                               |
|                                        |                                 | Pas d'effort supplémentaire à reprendre           |                               |
| Ø câble (mm)                           | CMR (kN)                        | Nb de câbles à utiliser (1770 N/mm <sup>2</sup> ) | CMR (kN)                      |
| 16                                     | 128.8                           | 0                                                 | 179                           |
| Longueur de câble (m)                  |                                 |                                                   | CMU (kN)                      |
| 0.00                                   |                                 |                                                   | 143.2                         |
|                                        |                                 | Pertinence du câblage                             | Pas de câblage complémentaire |

CONFORTEMENT PAR FILET ASM

## **ANNEXE 6 – PLANS D'EXECUTION**

| SECTEUR                                                                            | Secteurs T à Y                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TRAVAUX                                                                            | Abattage d'arbres (en vert sur la carte ci-dessous)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                    |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|  |  | <p>Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</p> <p>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION</p> |

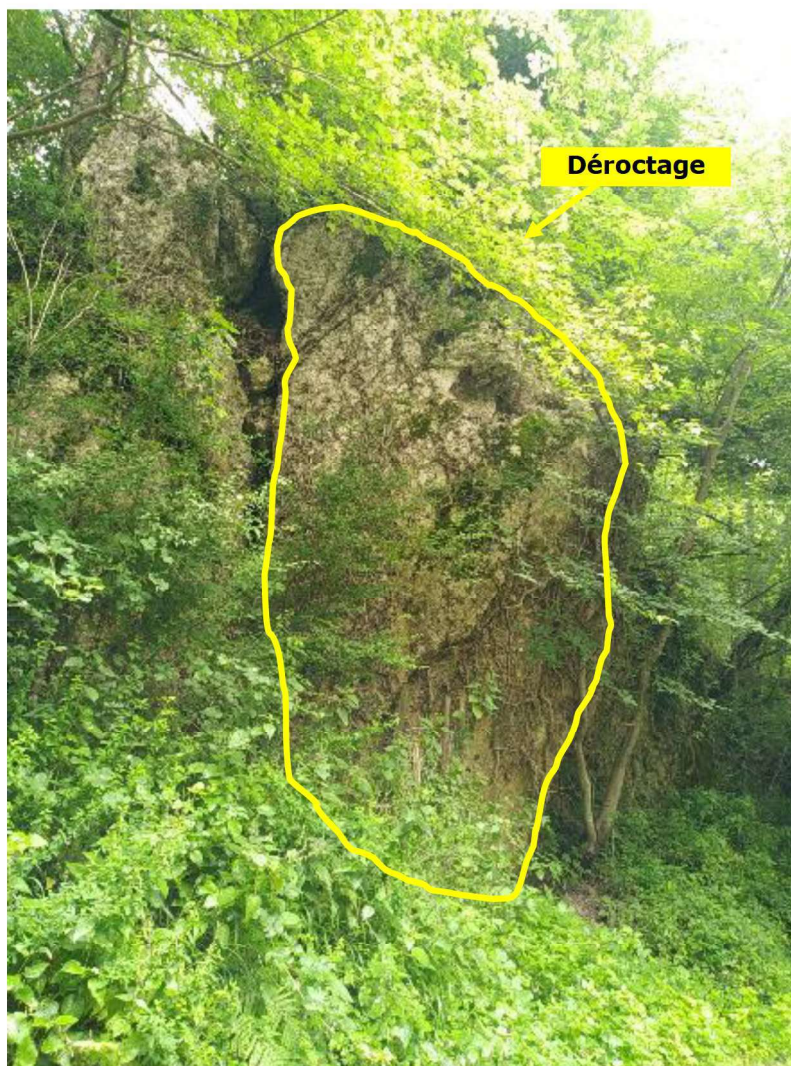


|           |                                                                                                                            |                 |         |        |       |          |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------|--------|-------|----------|
| SECTEUR   | Secteur Y – Vue générale                                                                                                   |                 |         |        |       |          |
| GEOMETRIE | Hauteur                                                                                                                    | 10.00 m maximum | Largeur | 100 ml | Pente | Variable |
| TRAVAUX   | Débroussaillage des parois et crêtes / Abattage d'arbres / Purges manuelles / Déroctages / Boulonnages / Grillages plaqués |                 |         |        |       |          |



|                                                                                    |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO) |
| PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION                        |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                      |

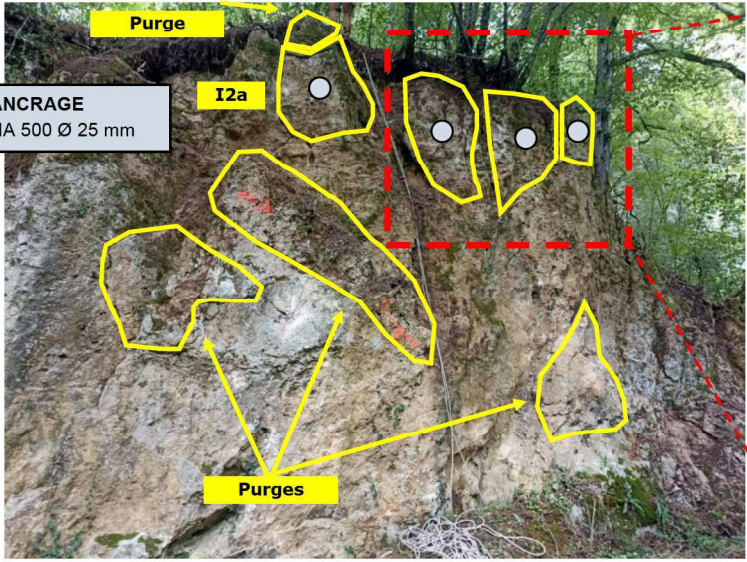
| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur Y – I1 |                                     |           |                     |
|-----------------------|----------------|-------------------------------------|-----------|---------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur        | Largeur                             | Epaisseur | Volume              |
|                       | 8.00 m         | 4.30 m en tête et<br>2.60 m en pied | 2.80 m    | ≈ 80 m <sup>3</sup> |
| TRAVAUX               | Déroctage      |                                     |           |                     |



|  |  |                                                                                                                                                  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <b>Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285</b><br><b>Commune de LESPUGUE (31)</b> |
|  |  | <b>Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</b><br><b>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION</b>    |



| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur Y – I2                                                                                                                                                                       |        |         |       |       |              |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|-------|-------|--------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                                                                              | 7.00 m | Largeur | 14 ml | Pente | Subverticale |
| TRAVAUX               | Purges manuelles / Boulonnages (1 barre HA 500 Ø 25 mm par masse, inclinaison 10°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain) / Grillage plaqué (DELTAX® G80/2) |        |         |       |       |              |

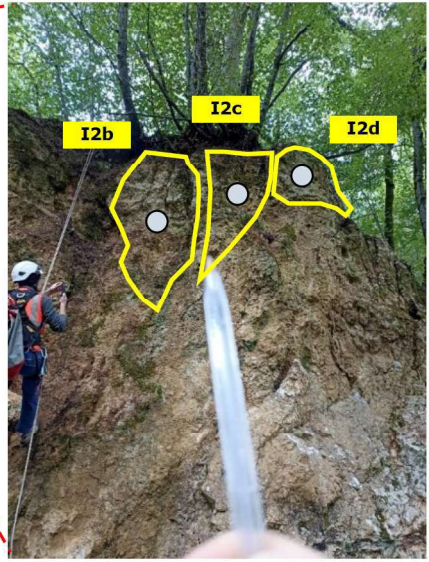


**Purge**

**I2a**

**ANCRAGE**  
Barre HA 500 Ø 25 mm

**Purges**



**I2b**

**I2c**

**I2d**





Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)

PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION



| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur Y – I2                                                                                                                                                                                  |        |         |       |       |              |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|-------|-------|--------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                                                                                         | 7.00 m | Largeur | 14 ml | Pente | Subverticale |
| TRAVAUX               | Purges manuelles / Boulonnages (1 barre HA 500 Ø 25 mm par masse, inclinaison 10°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain) / Grillage plaqué (DELTA <sup>®</sup> G80/2) |        |         |       |       |              |



|  |  |                                                                                                                                                                                                      |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO) |
|  |  | PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION                                                                                                                                          |

| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur Y – I2                                                                                                                                                                            |        |         |       |       |              |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|-------|-------|--------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                                                                                   | 7.00 m | Largeur | 14 ml | Pente | Subverticale |
| TRAVAUX               | Purges manuelles / Boulonnages (1 barre HA 500 Ø 25 mm par masse, inclinaison 10°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain) / Grillage plaqué (type DELTAX® G80/2) |        |         |       |       |              |



**GRILLAGE PLAQUE**  
Type DELTAX® G80/2

**ANCRAGE**  
Barre HA 500 Ø 25 mm



|  |  |                                                                                                                                                                                                      |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO) |
|  |  | PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION                                                                                                                                          |



|           |                                                                                                                                             |                 |         |       |       |          |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------|-------|-------|----------|
| SECTEUR   | Secteur X – Vue générale                                                                                                                    |                 |         |       |       |          |
| GEOMETRIE | Hauteur                                                                                                                                     | 20.00 m maximum | Largeur | 85 ml | Pente | Variable |
| TRAVAUX   | Débroussaillage des parois et crêtes / Abattage d'arbres / Purges manuelles / Déroctages / Boulonnages / Grillages plaqués / Filets plaqués |                 |         |       |       |          |



|                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|   | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO) |  |
|                                                                                                                                                                        | PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION                                                                                                                                          |  |



| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur X – I3 |         |           |                    |
|-----------------------|----------------|---------|-----------|--------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur        | Largeur | Epaisseur | Volume             |
|                       | 1.40 m         | 1.80 m  | 1.70 m    | ≈ 4 m <sup>3</sup> |
| TRAVAUX               | Purge manuelle |         |           |                    |



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <b>Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285</b><br><b>Commune de LESPUGUE (31)</b> |
|                                                                                     |                                                                                     | <b>Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</b><br><b>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION</b>    |



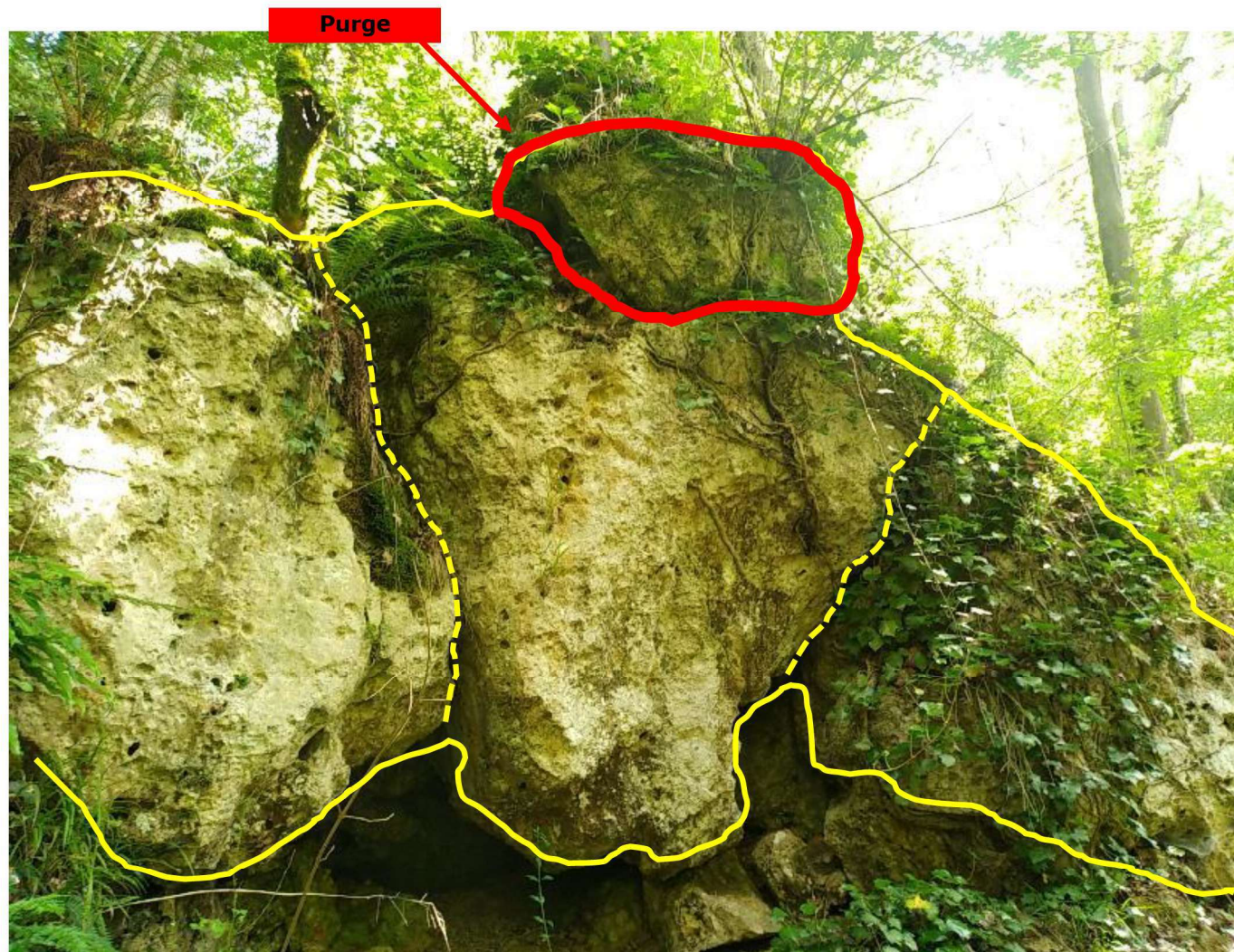
| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur X – I3bis |         |           |                    |
|-----------------------|-------------------|---------|-----------|--------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur           | Largeur | Epaisseur | Volume             |
|                       | /                 | /       | /         | ≈ 1 m <sup>3</sup> |
| TRAVAUX               | Purge manuelle    |         |           |                    |



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <b>Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285</b><br><b>Commune de LESPUGUE (31)</b> |
|                                                                                     |                                                                                     | <b>Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</b><br><b>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION</b>    |



| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur X – I4                 |         |           |                    |
|-----------------------|--------------------------------|---------|-----------|--------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                        | Largeur | Epaisseur | Volume             |
|                       | 1.00 m                         | 1.20 m  | 1.00 m    | ≈ 1 m <sup>3</sup> |
| TRAVAUX               | Purge manuelle du bloc en tête |         |           |                    |

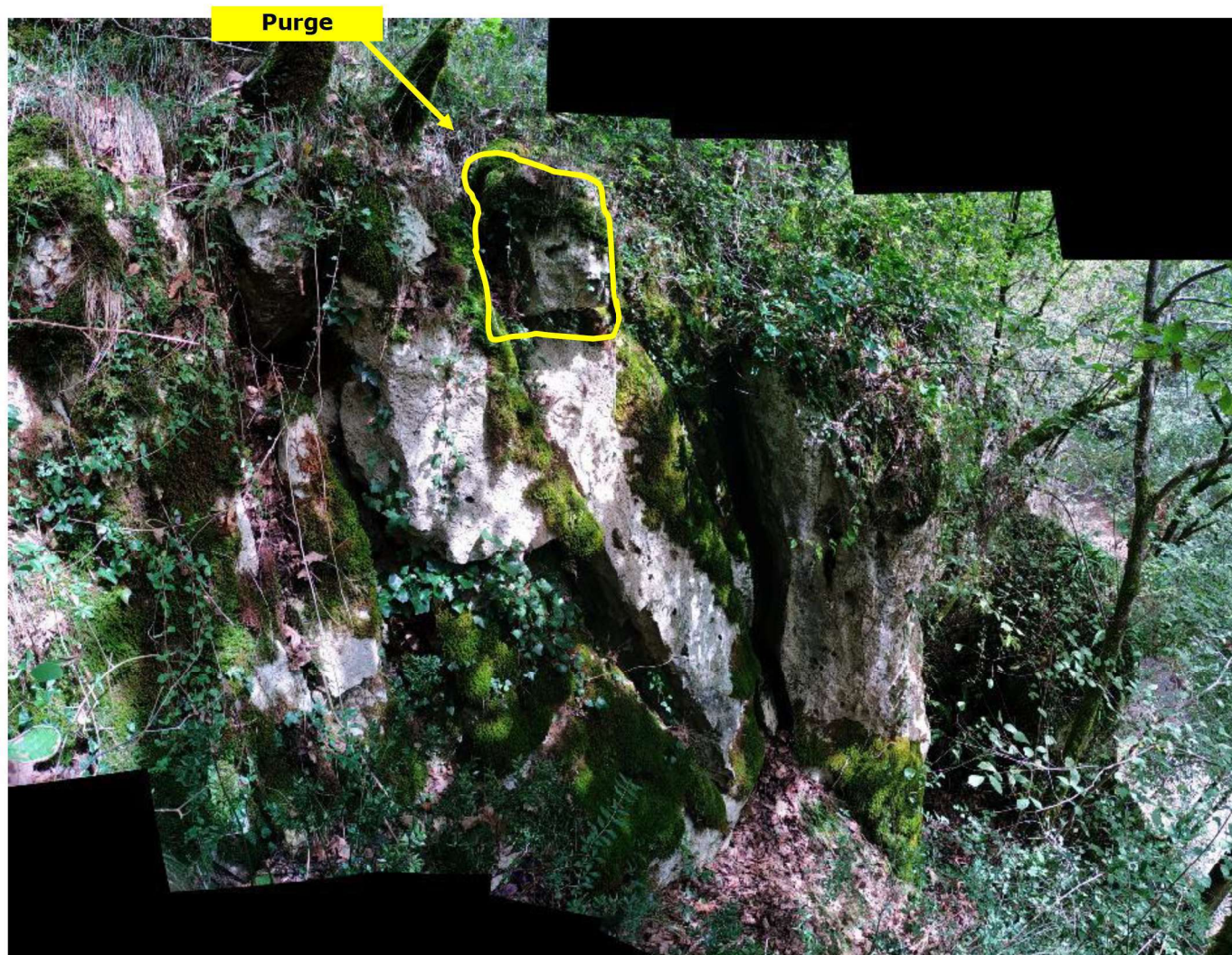




| SECTEUR / INSTABILITE                                                                                                                            | Secteur X – I5                                                                                                                |                                                                                                                                    |           |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------|
| GEOMETRIE                                                                                                                                        | Hauteur                                                                                                                       | Largeur                                                                                                                            | Epaisseur | Volume |
|                                                                                                                                                  | 1.60 m                                                                                                                        | 0.90 m                                                                                                                             | 0.90 m    | ≈ 1 m³ |
| TRAVAUX                                                                                                                                          | Boulonnage : 1 ancrage, barre HA 500 Ø 25 mm, inclinaison 10°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain |                                                                                                                                    |           |        |
| <div><div><b>ANCRAGE</b><br/>Barre HA 500 Ø 25 mm</div></div> |                                                                                                                               |                                                                                                                                    |           |        |
|                                                               |                                            | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285<br>Commune de LESPUGUE (31) |           |        |
|                                                                                                                                                  |                                                                                                                               | Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)<br>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION    |           |        |

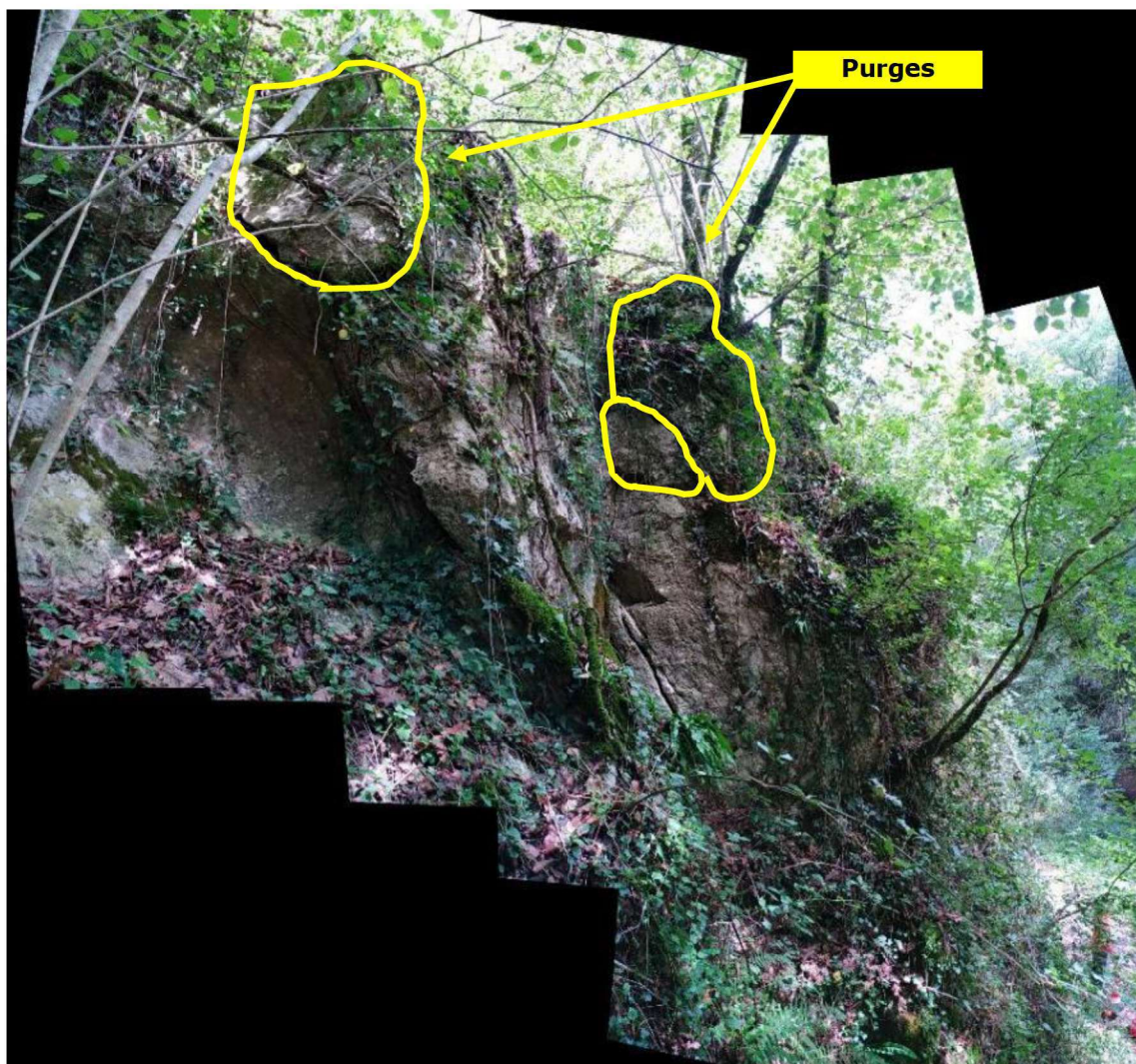


| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur X – I6            |         |           |        |
|-----------------------|---------------------------|---------|-----------|--------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                   | Largeur | Epaisseur | Volume |
|                       | /                         | /       | /         | /      |
| TRAVAUX               | Purges manuelles en crête |         |           |        |





| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur X – I7            |         |           |        |
|-----------------------|---------------------------|---------|-----------|--------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                   | Largeur | Epaisseur | Volume |
|                       | /                         | /       | /         | /      |
| TRAVAUX               | Purges manuelles en crête |         |           |        |



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <b>Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285</b><br><b>Commune de LESPUGUE (31)</b> |
|                                                                                     |                                                                                     | <b>Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</b><br><b>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION</b>    |



| SECTEUR / INSTABILITE |                                                                                                                                                                                                          | Secteur X – I8 |         |       |       |              |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------|-------|-------|--------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                                                                                                  | 9.00 m         | Largeur | 20 ml | Pente | Subverticale |
| TRAVAUX               | Purges manuelles / Boulonnages (1 barre HA 500 Ø 25 mm par masse jusqu'à ≈ 2 m³, inclinaison 10°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain) / Grillage plaqué (type DELTAX® G80/2) |                |         |       |       |              |



**ANCRAGE**  
Barre HA 500 Ø 25 mm



**GRILLAGE PLAQUE**  
Type DELTAX® G80/2

**ANCRAGE**  
Barre HA 500 Ø 25 mm



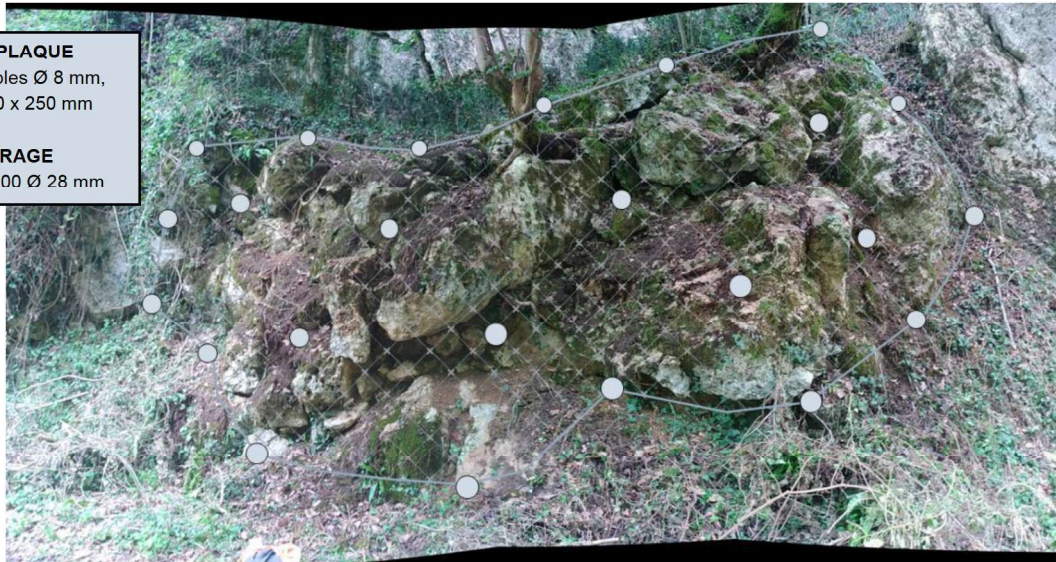
Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)

PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION

| SECTEUR / INSTABILITE |                                           | Secteur X – I9 |         |          |       |              |
|-----------------------|-------------------------------------------|----------------|---------|----------|-------|--------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                   | 5.00           | Largeur | 10.00 ml | Pente | Subverticale |
| TRAVAUX               | Purges manuelles / Filet de câbles plaqué |                |         |          |       |              |

**FILET PLAQUE**  
Filet de câbles Ø 8 mm,  
maille 250 x 250 mm

**ANCRAGE**  
Barre HA 500 Ø 28 mm



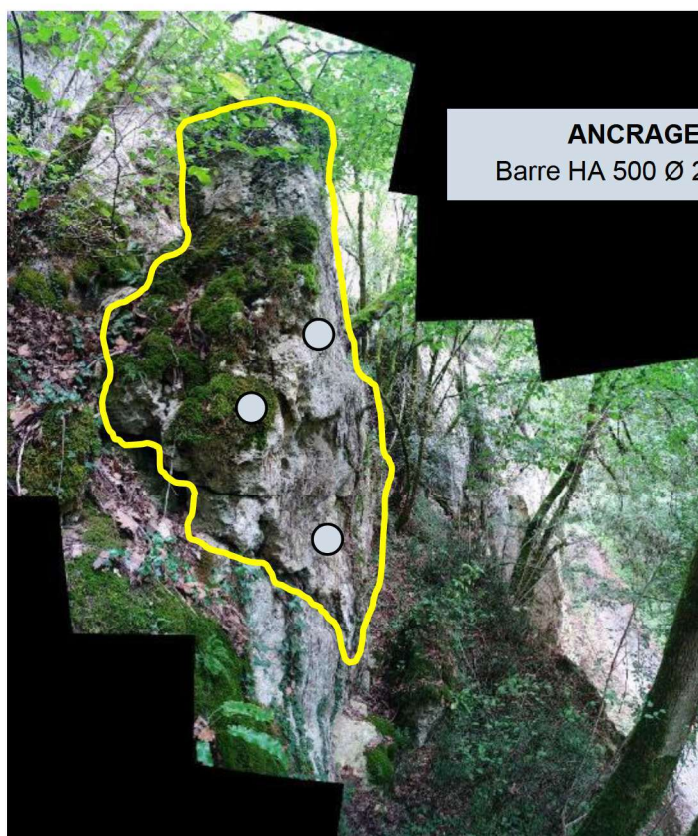


Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)

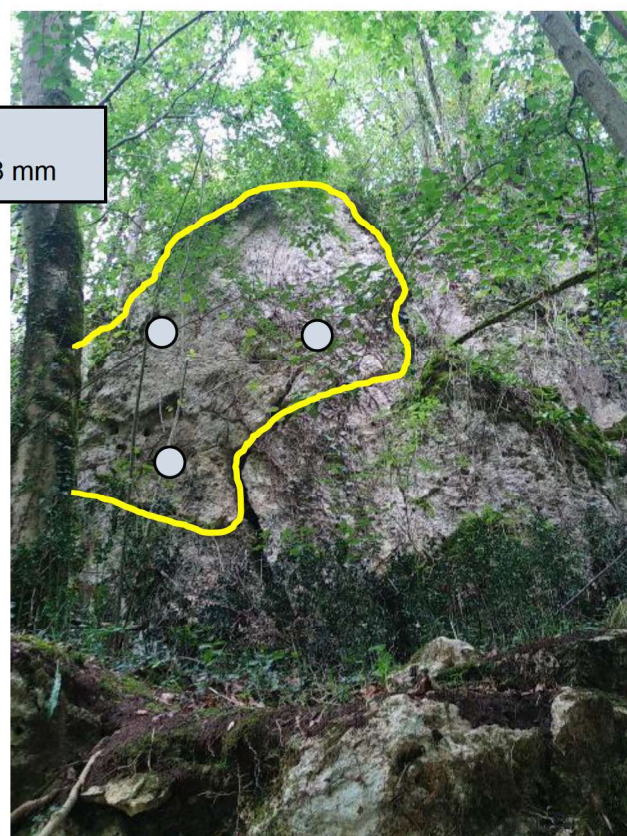
PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION



| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur X – I9bis                                                                                                              |         |           |                    |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|--------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                        | Largeur | Epaisseur | Volume             |
|                       | 3.00 m                                                                                                                         | 2.50 m  | 1.00 m    | ≈ 8 m <sup>3</sup> |
| TRAVAUX               | Boulonnage : 3 ancrages, barre HA 500 Ø 28 mm, inclinaison 30°, forage Ø 68 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain |         |           |                    |



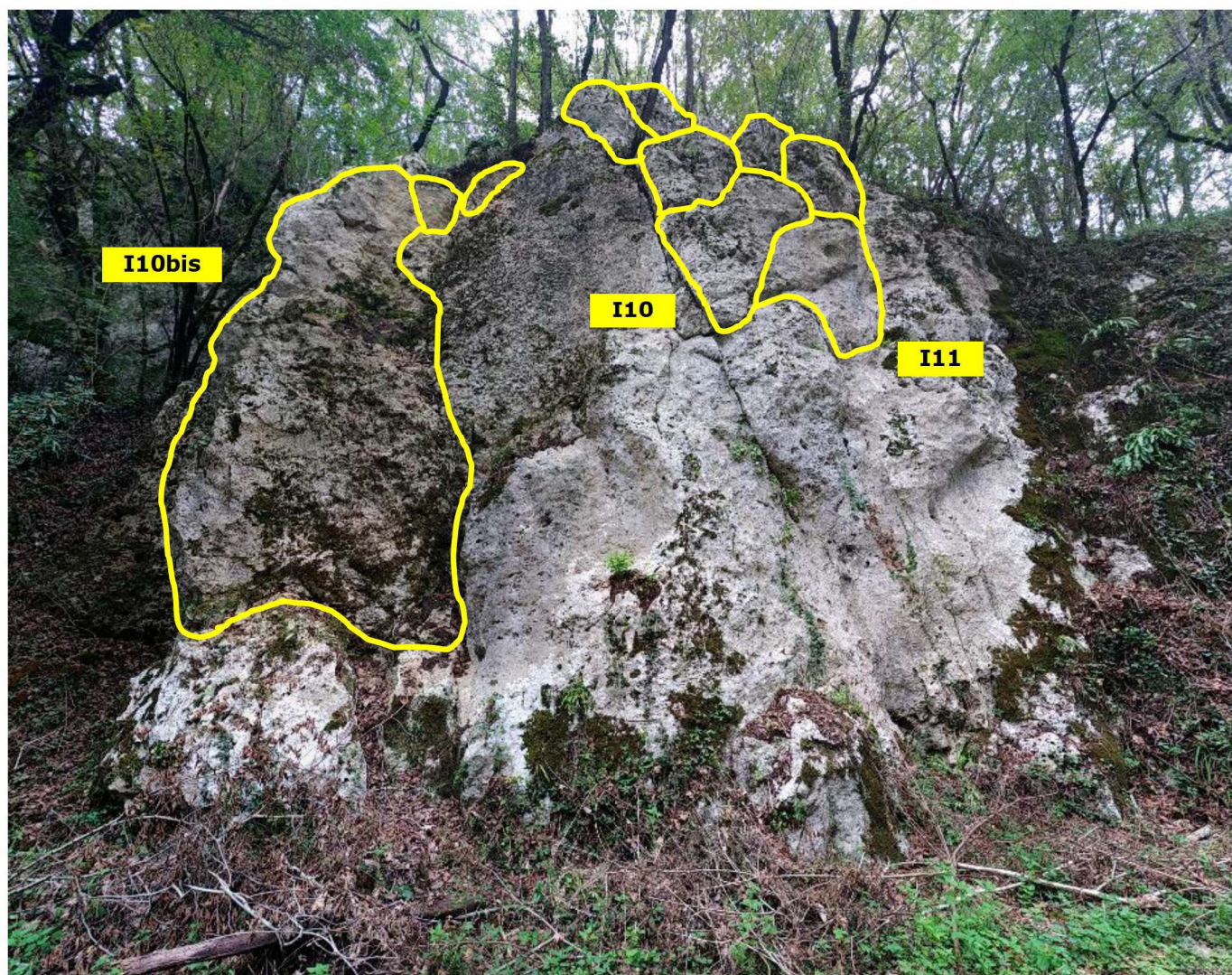
**ANCRAGE**  
Barre HA 500 Ø 28 mm



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285<br>Commune de LESPUGUE (31)     |
|                                                                                     |                                                                                     | <b>Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</b><br>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION |



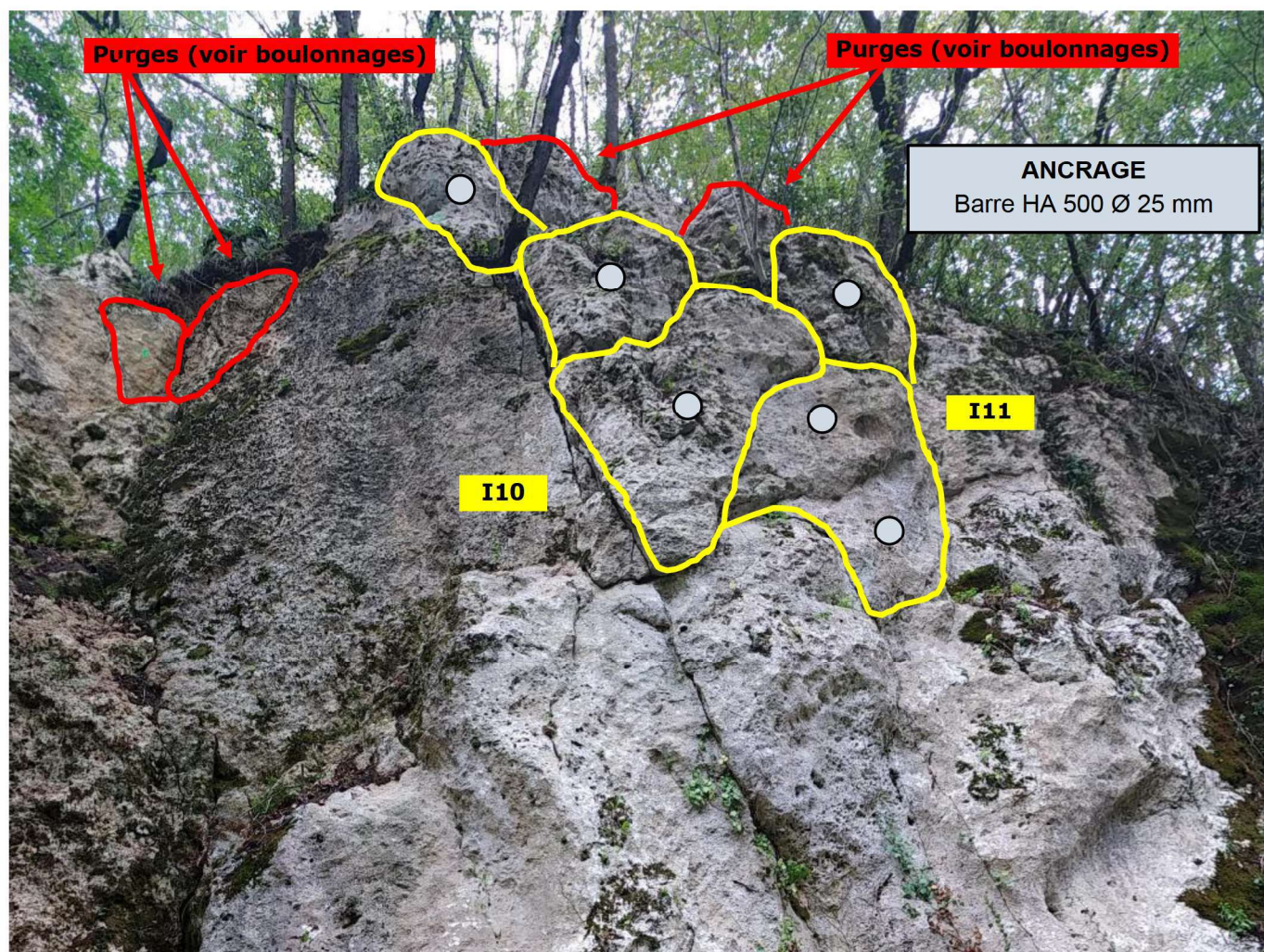
| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur X – I10, I10bis et I11                                                                                                                          |         |           |        |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|--------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                                                 | Largeur | Epaisseur | Volume |
|                       | 20.00 m                                                                                                                                                 | 15.00 m | /         | /      |
| TRAVAUX               | Purges manuelles / Boulonnages (1 à 6 barres HA 500 Ø 25 mm par masse, inclinaison 10°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain) |         |           |        |



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285<br>Commune de LESPUGUE (31)            |
|                                                                                     |                                                                                     | <b>Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</b><br><b>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION</b> |



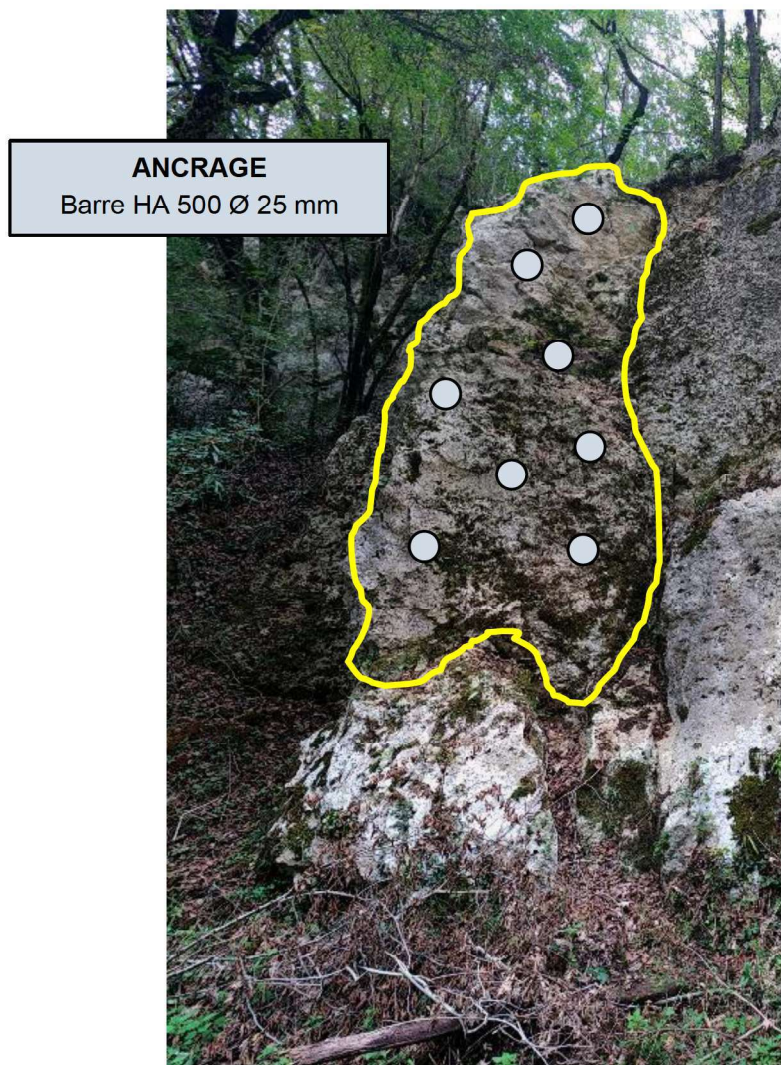
| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur X – I10 et I11                                                                                                                                  |         |           |                              |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|------------------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                                                 | Largeur | Epaisseur | Volume                       |
|                       | /                                                                                                                                                       | /       | /         | Quelques centaines de litres |
| TRAVAUX               | Purges manuelles / Boulonnages (1 à 2 barres HA 500 Ø 25 mm par masse, inclinaison 10°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain) |         |           |                              |



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285<br>Commune de LESPUGUE (31)            |
|                                                                                     |                                                                                     | <b>Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</b><br><b>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION</b> |



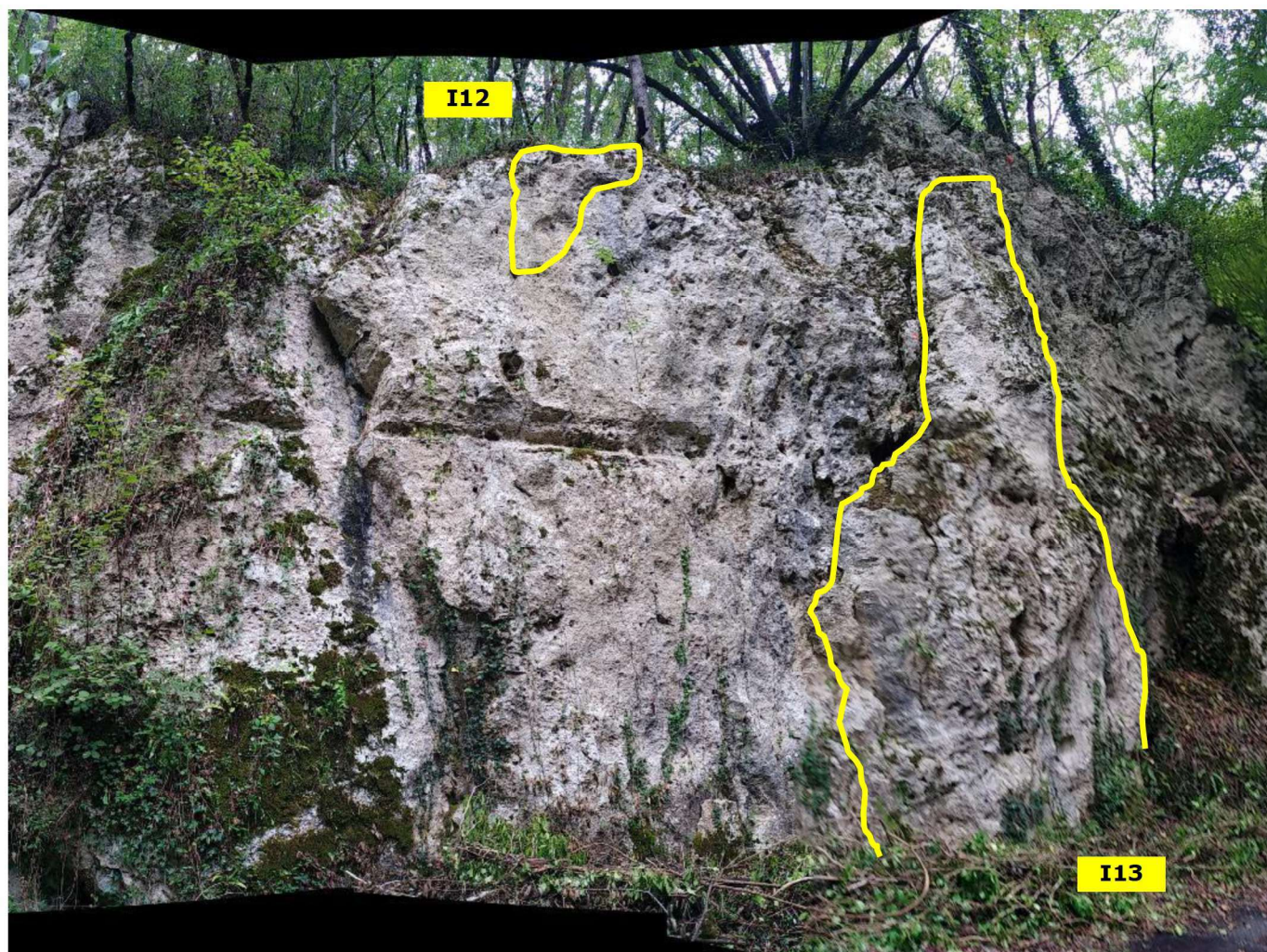
| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur X – I10bis                                                                                                             |               |           |                     |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|---------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                        | Largeur       | Epaisseur | Volume              |
|                       | 8.00 m                                                                                                                         | 1.00 à 4.00 m | 2.00 m    | ≈ 50 m <sup>3</sup> |
| TRAVAUX               | Boulonnage : 8 ancrages, barre HA 500 Ø 25 mm, inclinaison 10°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain |               |           |                     |



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285<br>Commune de LESPUGUE (31)            |
|                                                                                     |                                                                                     | <b>Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</b><br><b>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION</b> |



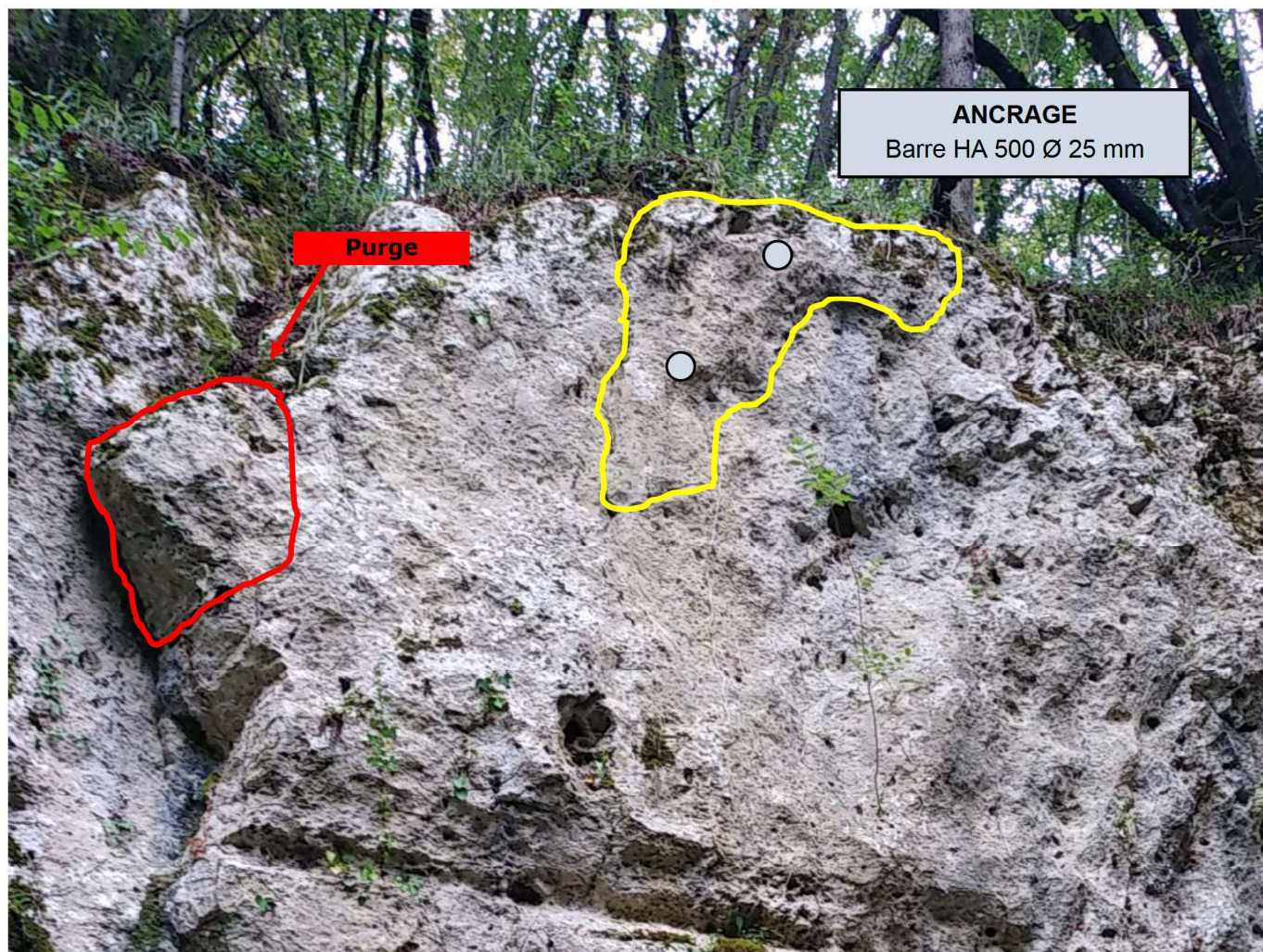
| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur X – I12 et I13                                                                                                                                  |         |           |        |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|--------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                                                 | Largeur | Epaisseur | Volume |
|                       | 20.00 m                                                                                                                                                 | 10.00 m | /         | /      |
| TRAVAUX               | Purges manuelles / Boulonnages (2 à 4 barres HA 500 Ø 25 mm par masse, inclinaison 10°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain) |         |           |        |



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285<br>Commune de LESPUGUE (31) |
|                                                                                     |                                                                                     | Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)<br>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION    |

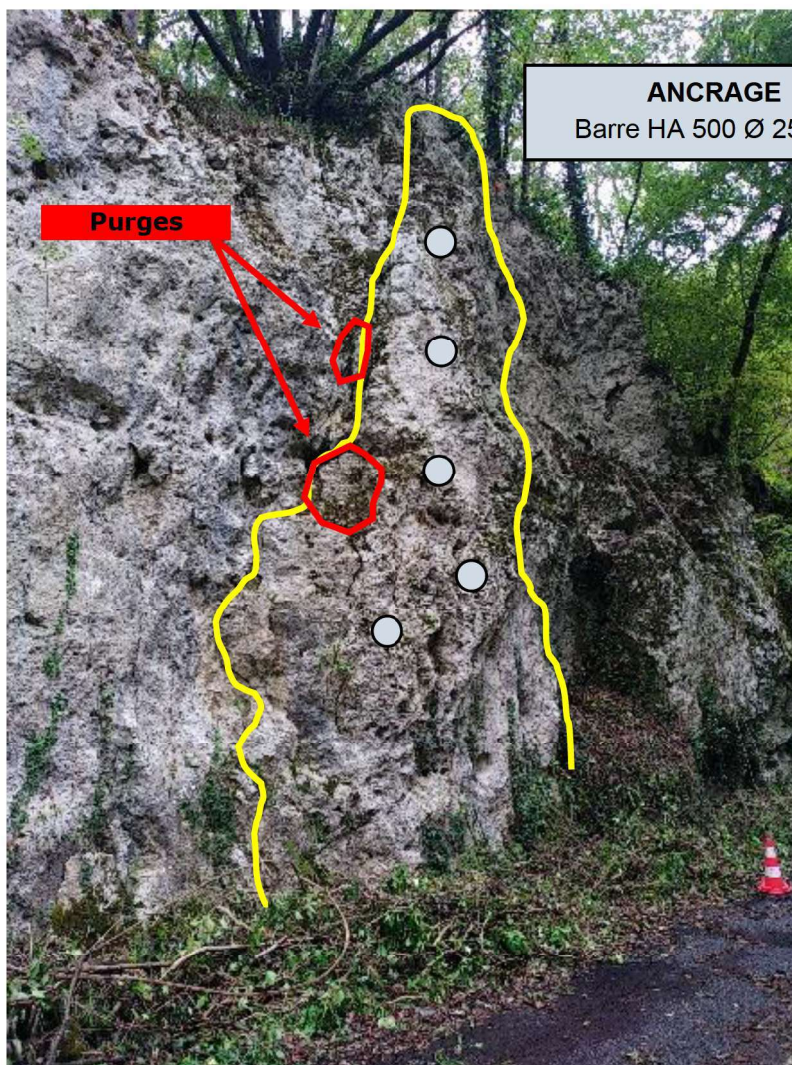


| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur X – I12                                                                                                                                 |         |           |                    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|--------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                                         | Largeur | Epaisseur | Volume             |
|                       | 1.40 m                                                                                                                                          | 2.00 m  | 0.80 m    | ≈ 2 m <sup>3</sup> |
| TRAVAUX               | Purge manuelle / Boulonnage (2 ancrages, barre HA 500 Ø 25 mm, inclinaison 10°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain) |         |           |                    |





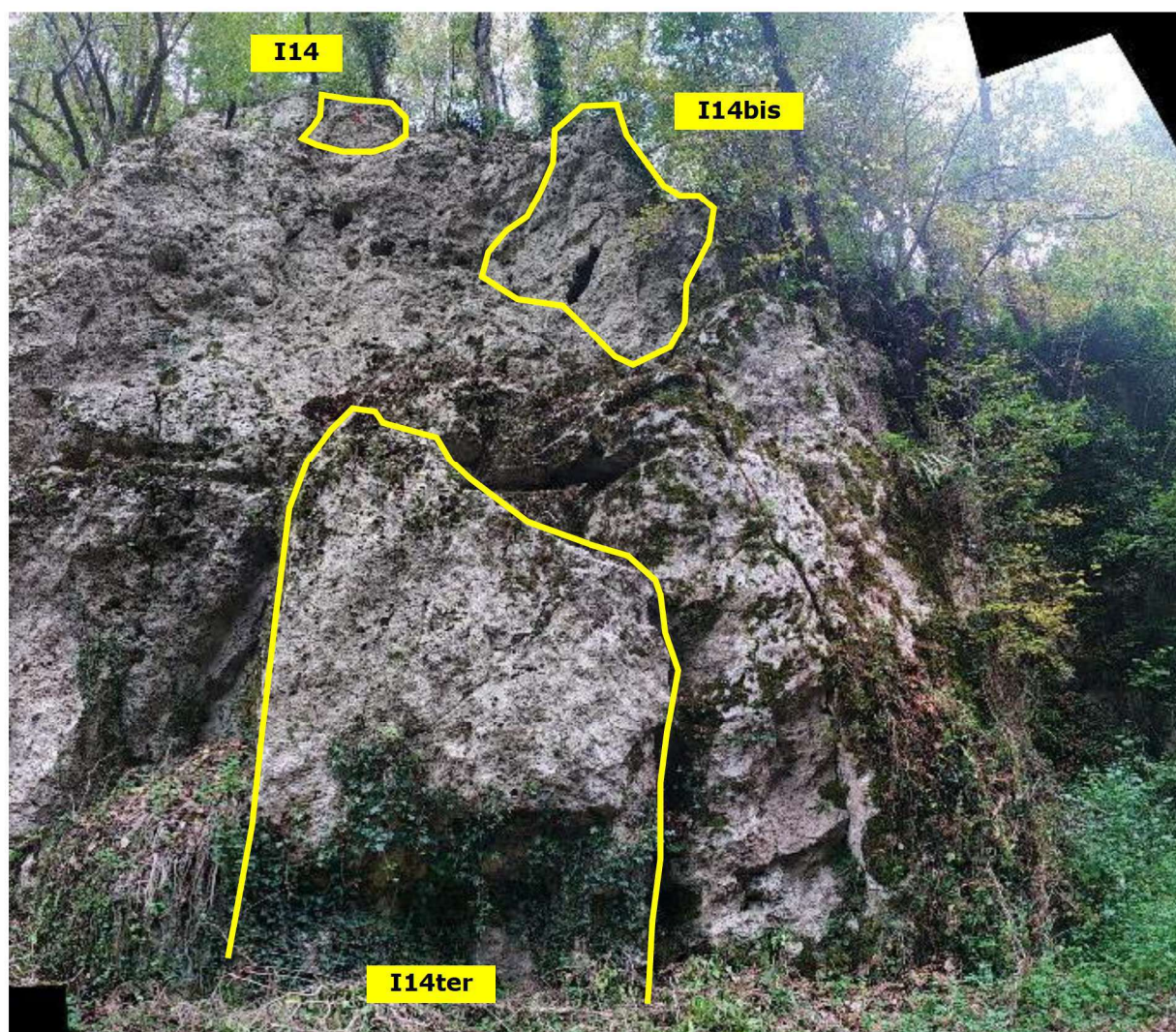
| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur X – I13                                                                                                                                   |         |           |         |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|---------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                                           | Largeur | Epaisseur | Volume  |
|                       | 8.00 m                                                                                                                                            | 3.00 m  | 1.00 m    | ≈ 24 m³ |
| TRAVAUX               | Purges manuelles / Boulonnage (5 ancrages, barre HA 500 Ø 25 mm, inclinaison 10°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain) |         |           |         |



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <b>Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285</b><br><b>Commune de LESPUGUE (31)</b><br><b>Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</b> |
|                                                                                     |                                                                                     | <b>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION</b>                                                                                                                                                          |



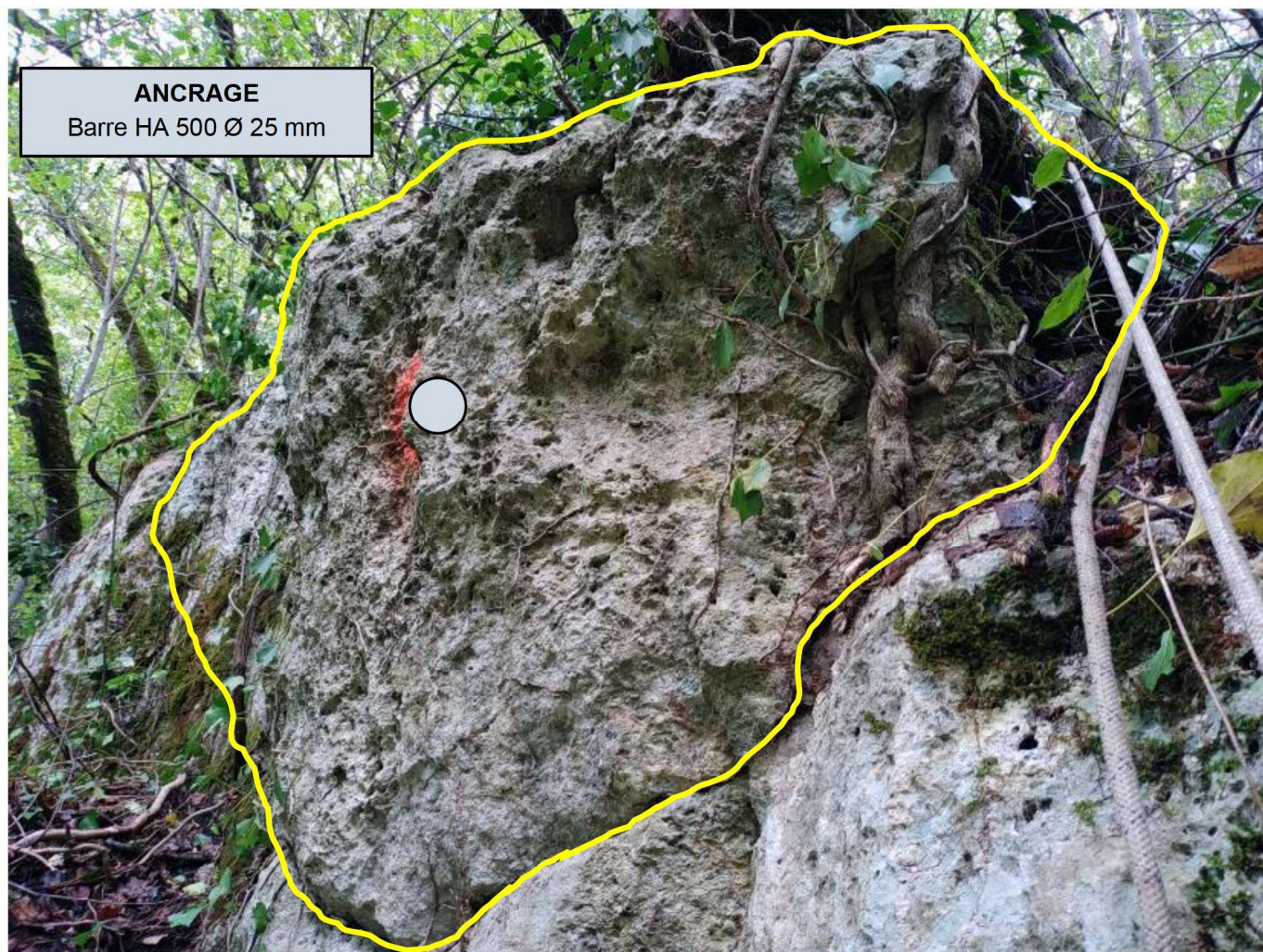
| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur X – I14, I14bis et I14ter                                                                                                                |         |           |        |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|--------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                                          | Largeur | Epaisseur | Volume |
|                       | 15.00 m                                                                                                                                          | 7.00 m  | /         | /      |
| TRAVAUX               | Déroctage / Boulonnages (1 à 2 barres HA 500 Ø 25 mm par masse, inclinaison 30°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain) |         |           |        |



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285<br>Commune de LESPUGUE (31) |
|                                                                                     |                                                                                     | Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)<br>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION    |

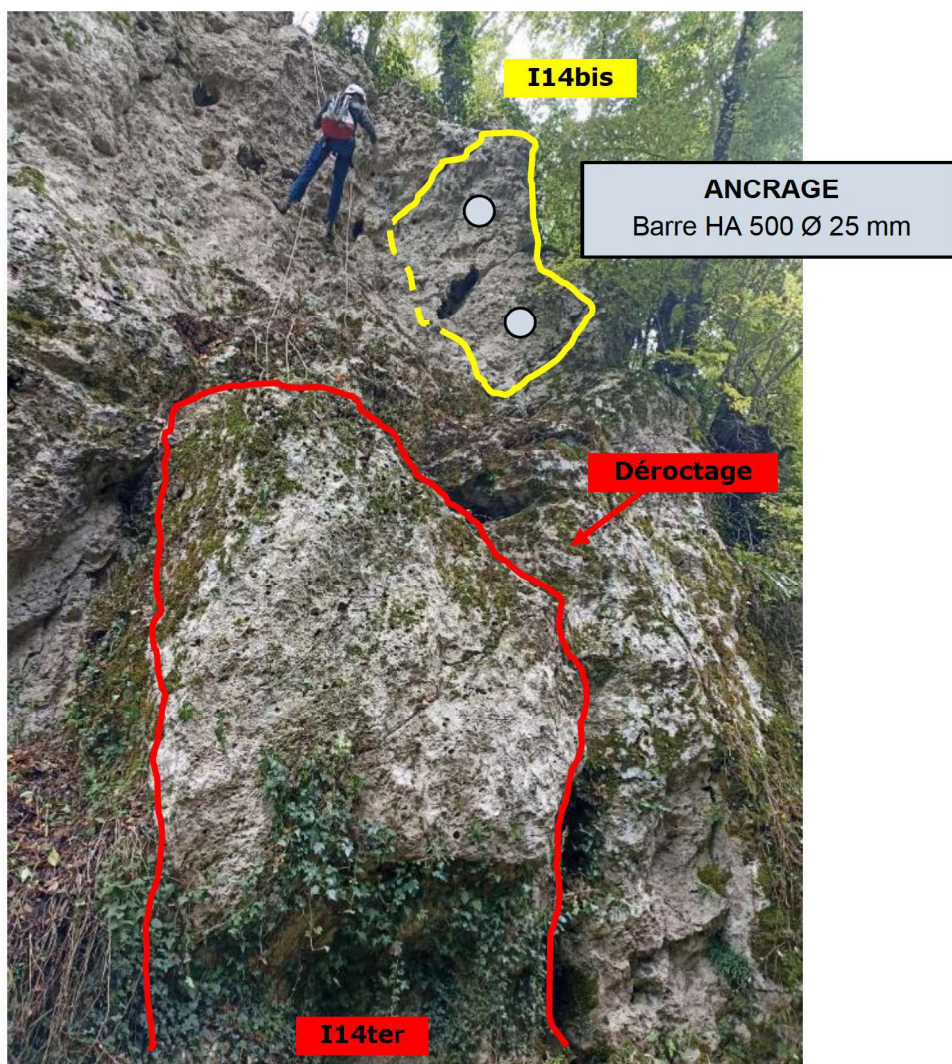


| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur X – I14                                                                                                               |         |           |                    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|--------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                       | Largeur | Epaisseur | Volume             |
|                       | 1.00 m                                                                                                                        | 1.60 m  | 0.50 m    | ≈ 1 m <sup>3</sup> |
| TRAVAUX               | Boulonnage : 1 ancrage, barre HA 500 Ø 25 mm, inclinaison 10°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain |         |           |                    |





| SECTEUR / INSTABILITE        | Secteur X – I14bis (masse fissure arrière) & I14ter (chandelle en surplomb et fissure arrière)                                                                |                 |                        |                                          |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------|------------------------------------------|
| GEOMETRIE<br>I14bis / I14ter | Hauteur                                                                                                                                                       | Largeur         | Epaisseur              | Volume                                   |
|                              | 1.80 m / 3.80 m                                                                                                                                               | 1.20 m / 3.00 m | 1.00 m / 1.00 à 1.80 m | ≈ 2 m <sup>3</sup> / ≈ 16 m <sup>3</sup> |
| TRAVAUX                      | I14bis – Boulonnage : 2 ancrages, barre HA 500 Ø 25 mm, inclinaison 10°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain<br>I14ter - Déroctage |                 |                        |                                          |



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285<br>Commune de LESPUGUE (31) |
|                                                                                     |                                                                                     | Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)<br>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION    |

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                      |         |       |       |              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|--------------|
| SECTEUR                                                                             | Secteur V – Vue générale                                                            |                                                                                                                                                                                                      |         |       |       |              |
| GEOMETRIE                                                                           | Hauteur                                                                             | 4.00 m maximum                                                                                                                                                                                       | Largeur | 55 ml | Pente | Subverticale |
| TRAVAUX                                                                             | Débroussaillage des parois et crêtes / Abattage d'arbres / Purges manuelles         |                                                                                                                                                                                                      |         |       |       |              |
|  |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                      |         |       |       |              |
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO) |         |       |       |              |
|                                                                                     |                                                                                     | PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION                                                                                                                                          |         |       |       |              |



| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur W – I15 |         |           |                              |
|-----------------------|-----------------|---------|-----------|------------------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur         | Largeur | Epaisseur | Volume                       |
|                       | /               | /       | /         | Quelques centaines de litres |
| TRAVAUX               | Purge manuelle  |         |           |                              |



|  |  |                                                                                                                                                  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <b>Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285</b><br><b>Commune de LESPUGUE (31)</b> |
|  |  | <b>Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</b><br><b>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION</b>    |



| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur W – I16 |         |           |                        |
|-----------------------|-----------------|---------|-----------|------------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur         | Largeur | Epaisseur | Volume                 |
|                       | /               | /       | /         | Une centaine de litres |
| TRAVAUX               | Purge manuelle  |         |           |                        |



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <b>Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285</b><br><b>Commune de LESPUGUE (31)</b> |
|                                                                                     |                                                                                     | <b>Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</b><br><b>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION</b>    |



| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur W – I17  |         |           |                              |
|-----------------------|------------------|---------|-----------|------------------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur          | Largeur | Epaisseur | Volume                       |
|                       | /                | /       | /         | Quelques centaines de litres |
| TRAVAUX               | Purges manuelles |         |           |                              |



|  |  |                                                                                                                                                  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <b>Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285</b><br><b>Commune de LESPUGUE (31)</b> |
|  |  | <b>Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</b><br><b>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION</b>    |



| SECTEUR   | Secteur V – Vue générale                                                                               |                |         |        |       |          |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------|--------|-------|----------|
| GEOMETRIE | Hauteur                                                                                                | 4.00 m maximum | Largeur | 125 ml | Pente | Variable |
| TRAVAUX   | Débroussaillage des parois et crêtes / Abattage d'arbres / Purges manuelles / Déroctages / Boulonnages |                |         |        |       |          |

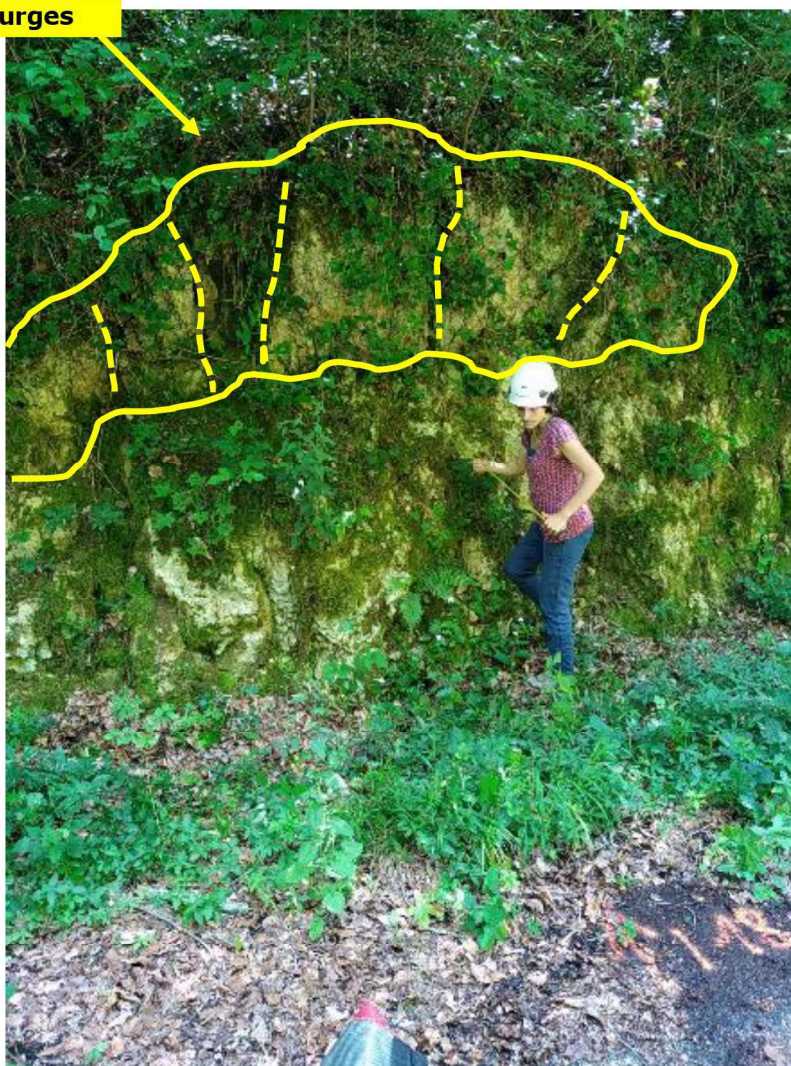


|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO) |
| PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                      |



| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur V – I18  |         |           |                              |
|-----------------------|------------------|---------|-----------|------------------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur          | Largeur | Epaisseur | Volume                       |
|                       | /                | /       | /         | Quelques centaines de litres |
| TRAVAUX               | Purges manuelles |         |           |                              |

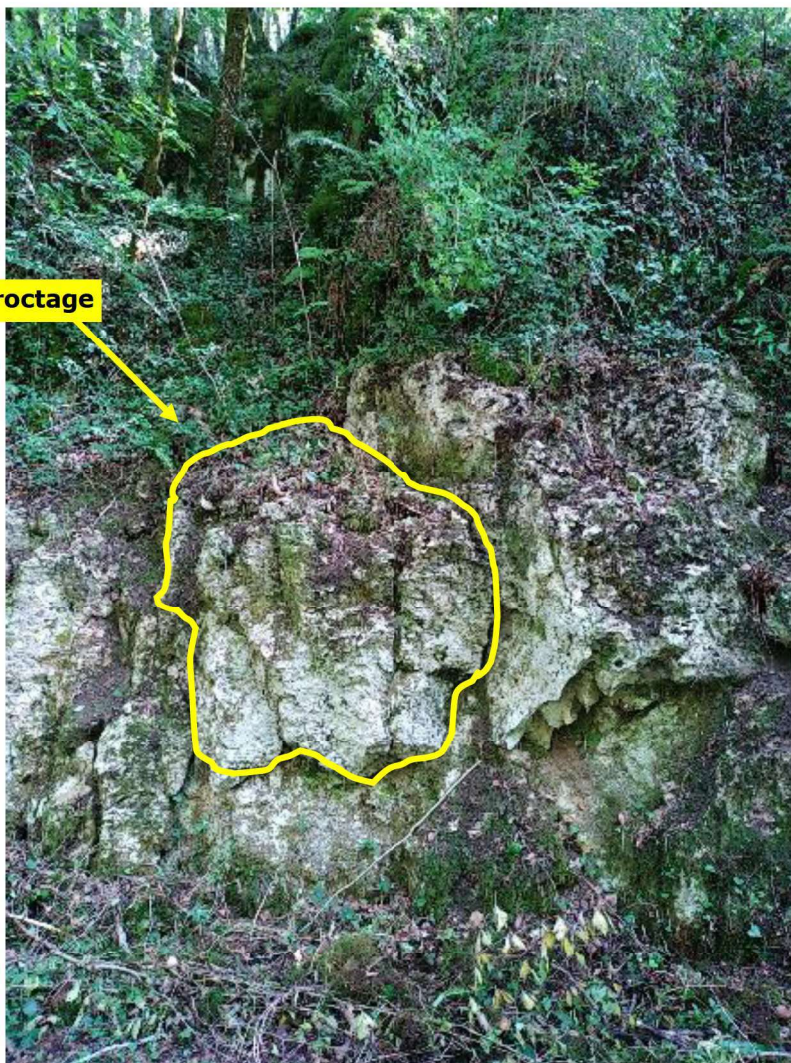
**Purges**





| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur V – I19            |         |           |                    |
|-----------------------|----------------------------|---------|-----------|--------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                    | Largeur | Epaisseur | Volume             |
|                       | 1.70 m                     | 1.80 m  | 0.80 m    | ≈ 3 m <sup>3</sup> |
| TRAVAUX               | Purge manuelle / Déroctage |         |           |                    |

Purge / Déroctage





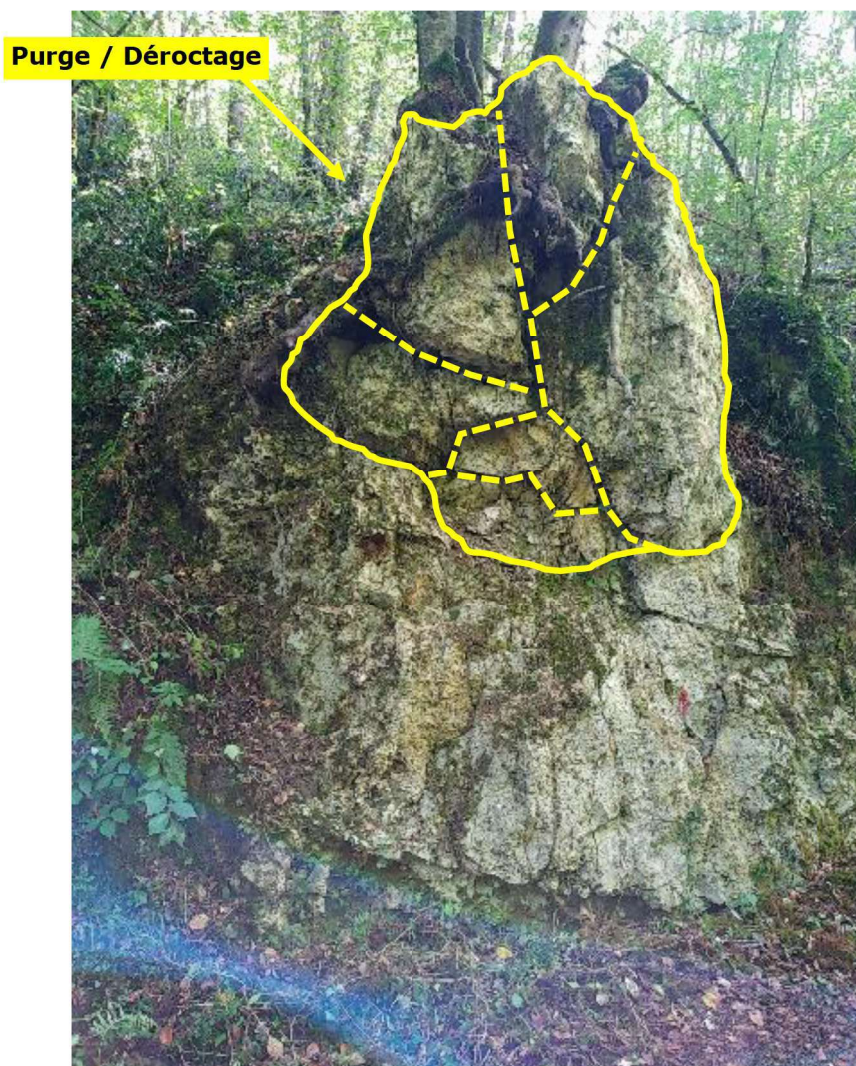
| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur V – I20            |         |           |                    |
|-----------------------|----------------------------|---------|-----------|--------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                    | Largeur | Epaisseur | Volume             |
|                       | 2.10 m                     | 1.60 m  | 0.60 m    | ≈ 2 m <sup>3</sup> |
| TRAVAUX               | Purge manuelle / Déroctage |         |           |                    |



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285<br>Commune de LESPUGUE (31) |
|                                                                                     |                                                                                     | Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)<br>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION    |

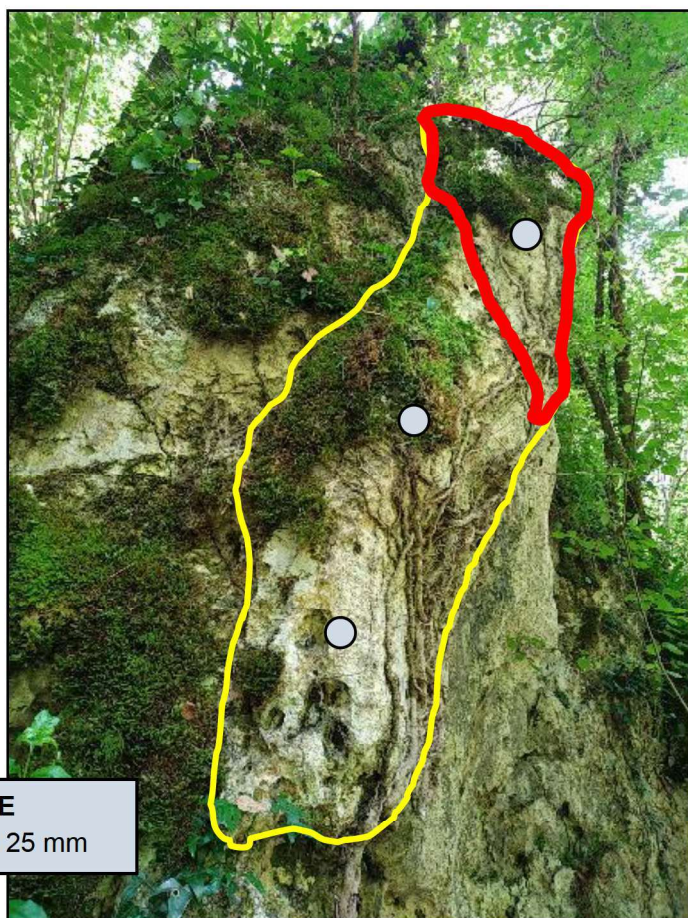
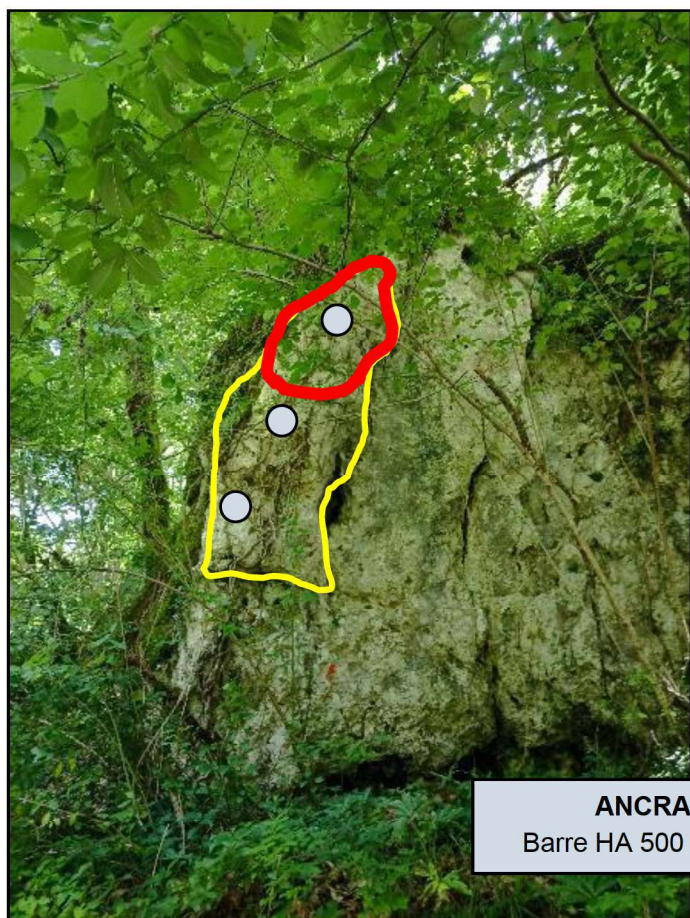


|                       |                            |         |           |         |
|-----------------------|----------------------------|---------|-----------|---------|
| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur V – I21            |         |           |         |
| GEOMETRIE             | Hauteur                    | Largeur | Epaisseur | Volume  |
|                       | 2.00 m                     | 3.50 m  | 2.00 m    | ≈ 14 m³ |
| TRAVAUX               | Purge manuelle / Déroctage |         |           |         |





| SECTEUR / INSTABILITE                                | Secteur V – I22                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                 |                 |                 |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| GEOMETRIE<br>Ecaille principale / Ecaille secondaire | Hauteur                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Largeur         | Epaisseur       | Volume          |
|                                                      | 2.70 m / 1.30 m                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1.00 m / 1.00 m | 1.20 m / 0.50 m | ≈ 3 m³ / ≈ 1 m³ |
| TRAVAUX                                              | <u>Ecaille principale</u> – Boulonnage : 2 ancrages, barre HA 500 Ø 25 mm, inclinaison 5°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain<br><u>Ecaille secondaire</u> – Boulonnage : 1 ancrage, barre HA 500 Ø 25 mm, inclinaison 5°, forage Ø 55 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain |                 |                 |                 |



**ANCRAGE**  
Barre HA 500 Ø 25 mm



| SECTEUR   | Secteur U – Vue générale |   |         |        |       |             |
|-----------|--------------------------|---|---------|--------|-------|-------------|
| GEOMETRIE | Hauteur                  | / | Largeur | 125 ml | Pente | Très faible |
| TRAVAUX   | Néant                    |   |         |        |       |             |



|                                                                                    |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO) |  |
|                                                                                    |                                                                                     | PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION                                                                                                                                          |  |

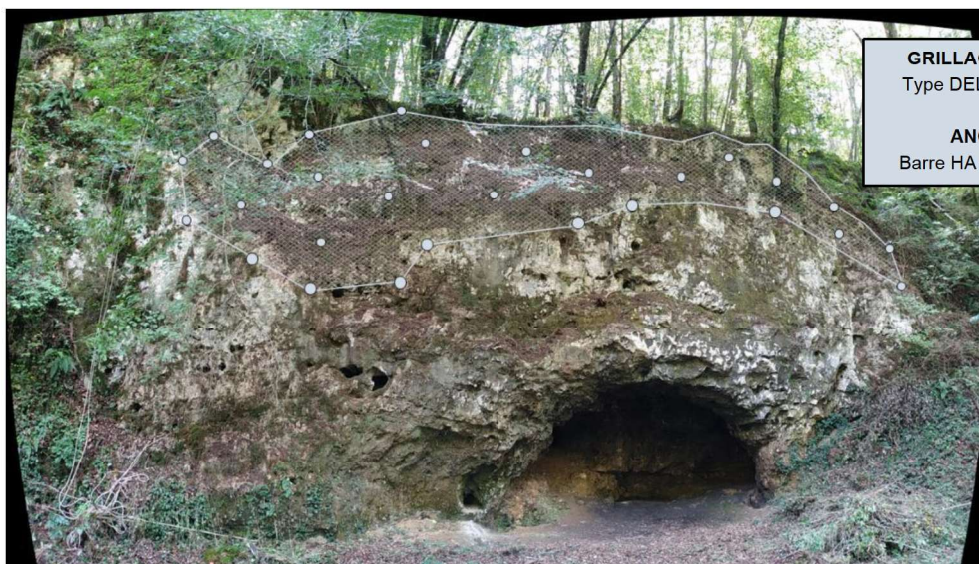


| SECTEUR   | Secteur T – Vue générale                                                                                      |                 |         |        |       |              |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------|--------|-------|--------------|
| GEOMETRIE | Hauteur                                                                                                       | 15.00 m maximum | Largeur | 140 ml | Pente | Subverticale |
| TRAVAUX   | Débroussaillage des parois et crêtes / Abattage d'arbres / Purges manuelles / Boulonnages / Grillages plaqués |                 |         |        |       |              |



|  |  |                                                                                                                                                                                                      |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO) |
|  |  | PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION                                                                                                                                          |

| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur T – Zone de la grotte                           |          |         |       |       |          |
|-----------------------|---------------------------------------------------------|----------|---------|-------|-------|----------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                 | ≈ 7.00 m | Largeur | 18 ml | Pente | Variable |
| TRAVAUX               | Purges manuelles / Grillage plaqué (type DELTAX® G80/2) |          |         |       |       |          |

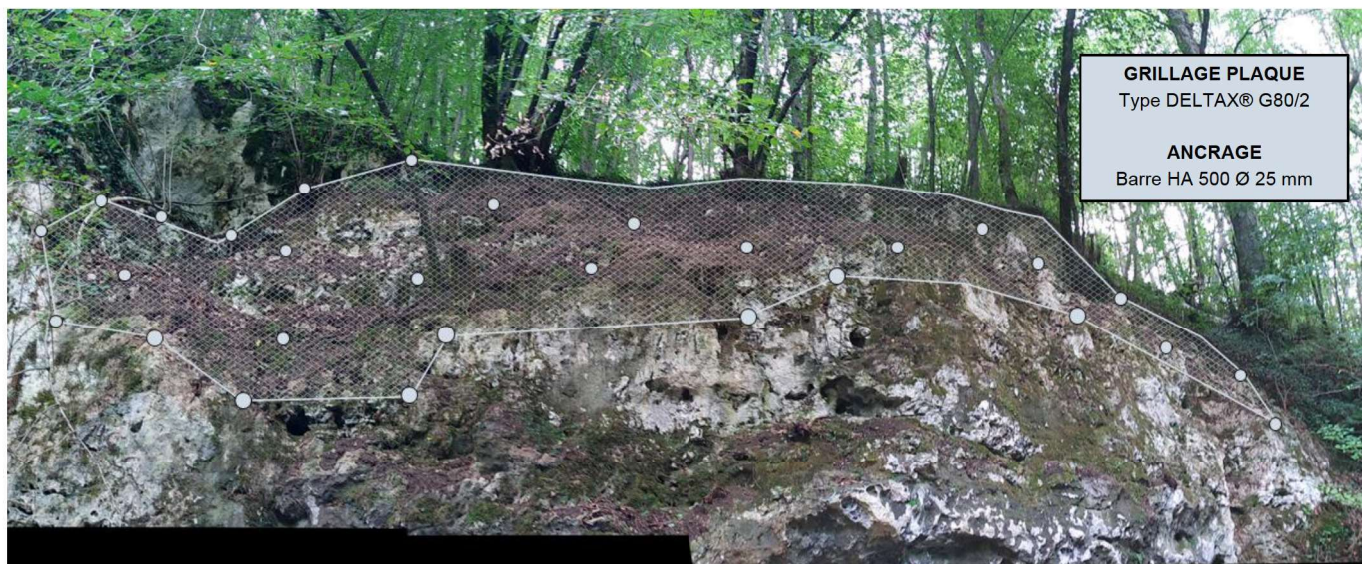


**GRILLAGE PLAQUE**  
Type DELTAX® G80/2

**ANCRAGE**  
Barre HA 500 Ø 25 mm

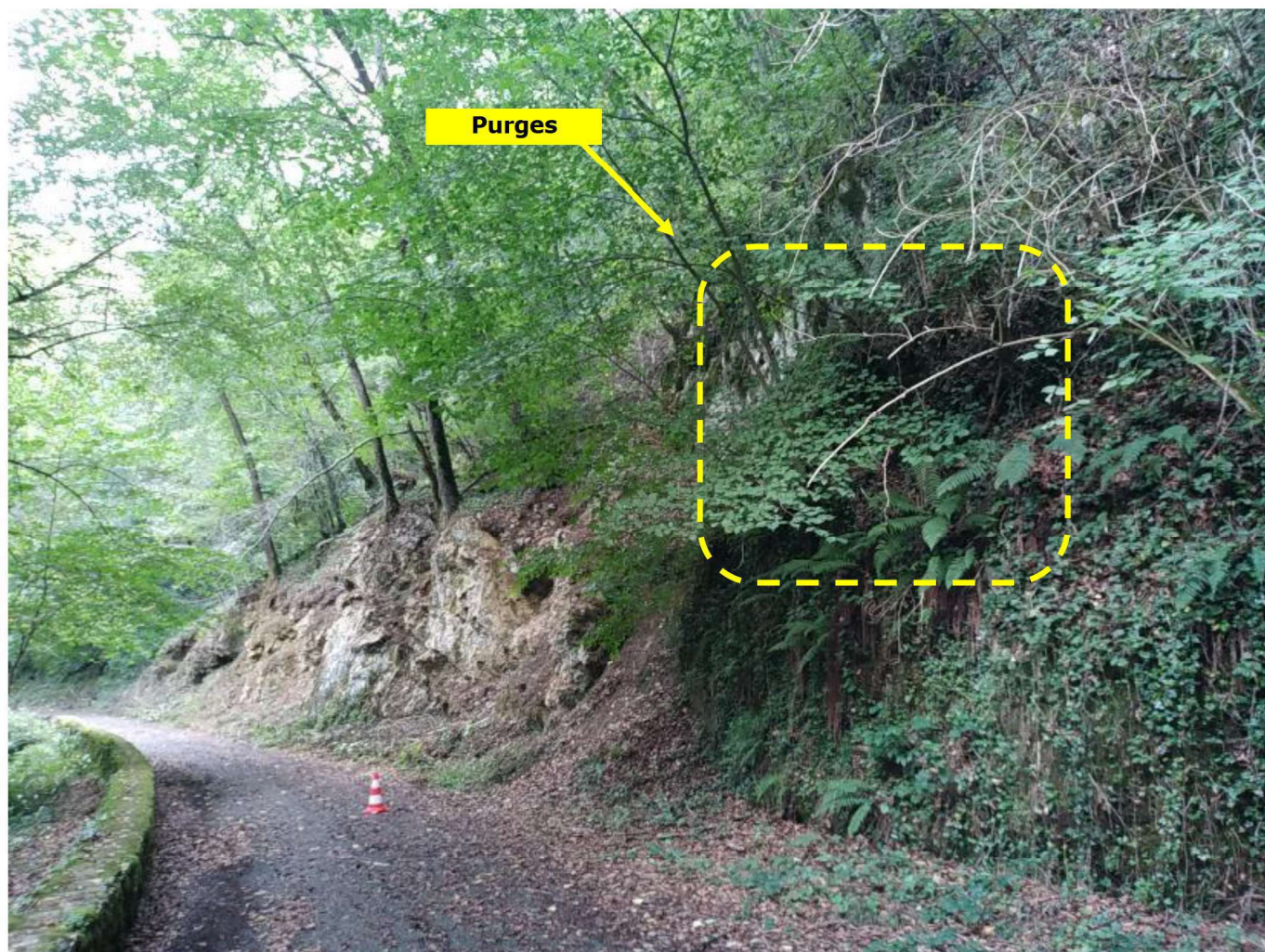


| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur T – Zone de la grotte                           |          |         |       |       |          |
|-----------------------|---------------------------------------------------------|----------|---------|-------|-------|----------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                 | ≈ 7.00 m | Largeur | 18 ml | Pente | Variable |
| TRAVAUX               | Purges manuelles / Grillage plaqué (type DELTAX® G80/2) |          |         |       |       |          |





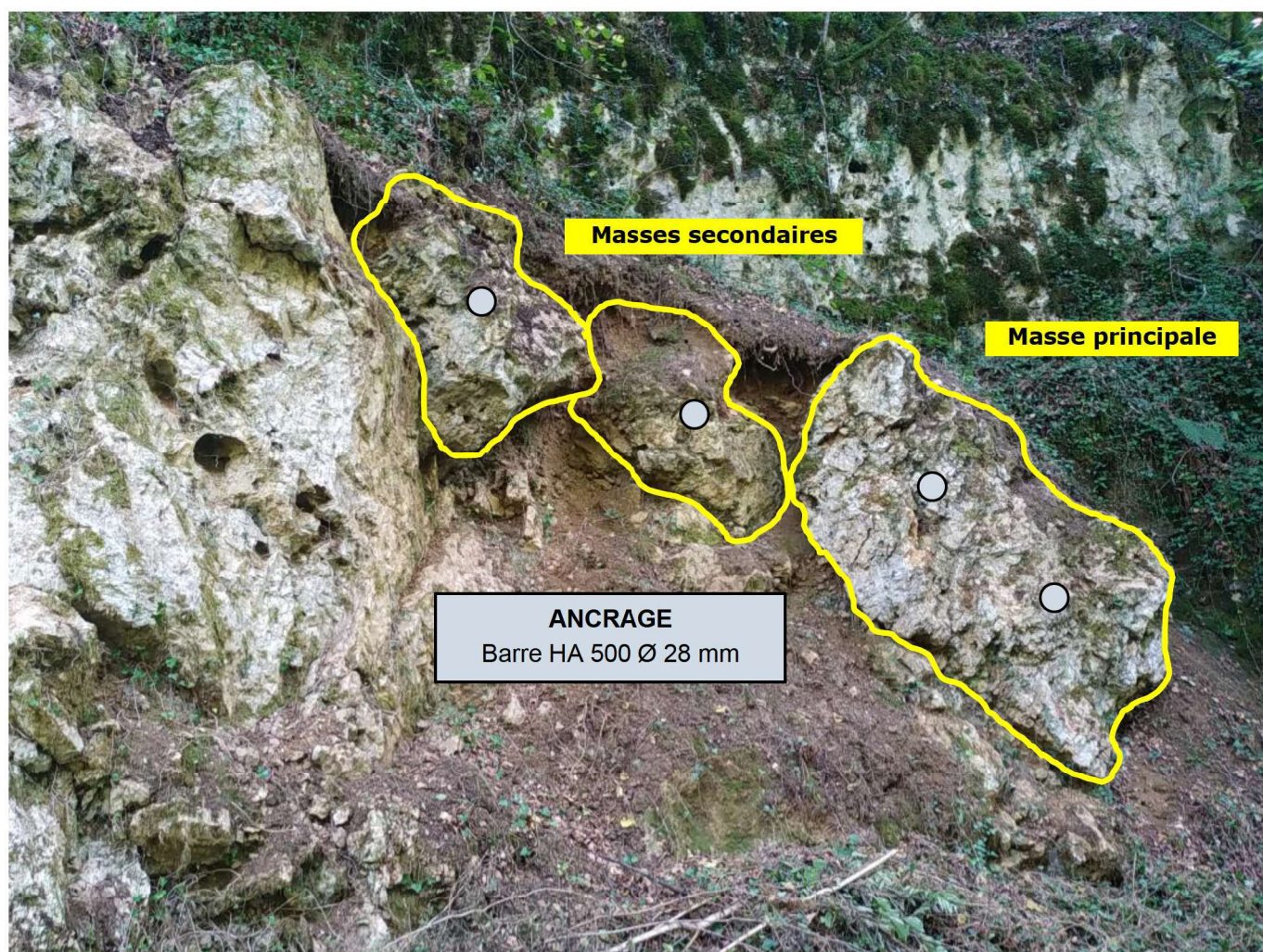
| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur T – I23  |         |           |                             |
|-----------------------|------------------|---------|-----------|-----------------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur          | Largeur | Epaisseur | Volume                      |
|                       | /                | /       | /         | Quelques dizaines de litres |
| TRAVAUX               | Purges manuelles |         |           |                             |



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <b>Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285</b><br><b>Commune de LESPUGUE (31)</b> |
|                                                                                     |                                                                                     | <b>Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</b><br><b>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION</b>    |



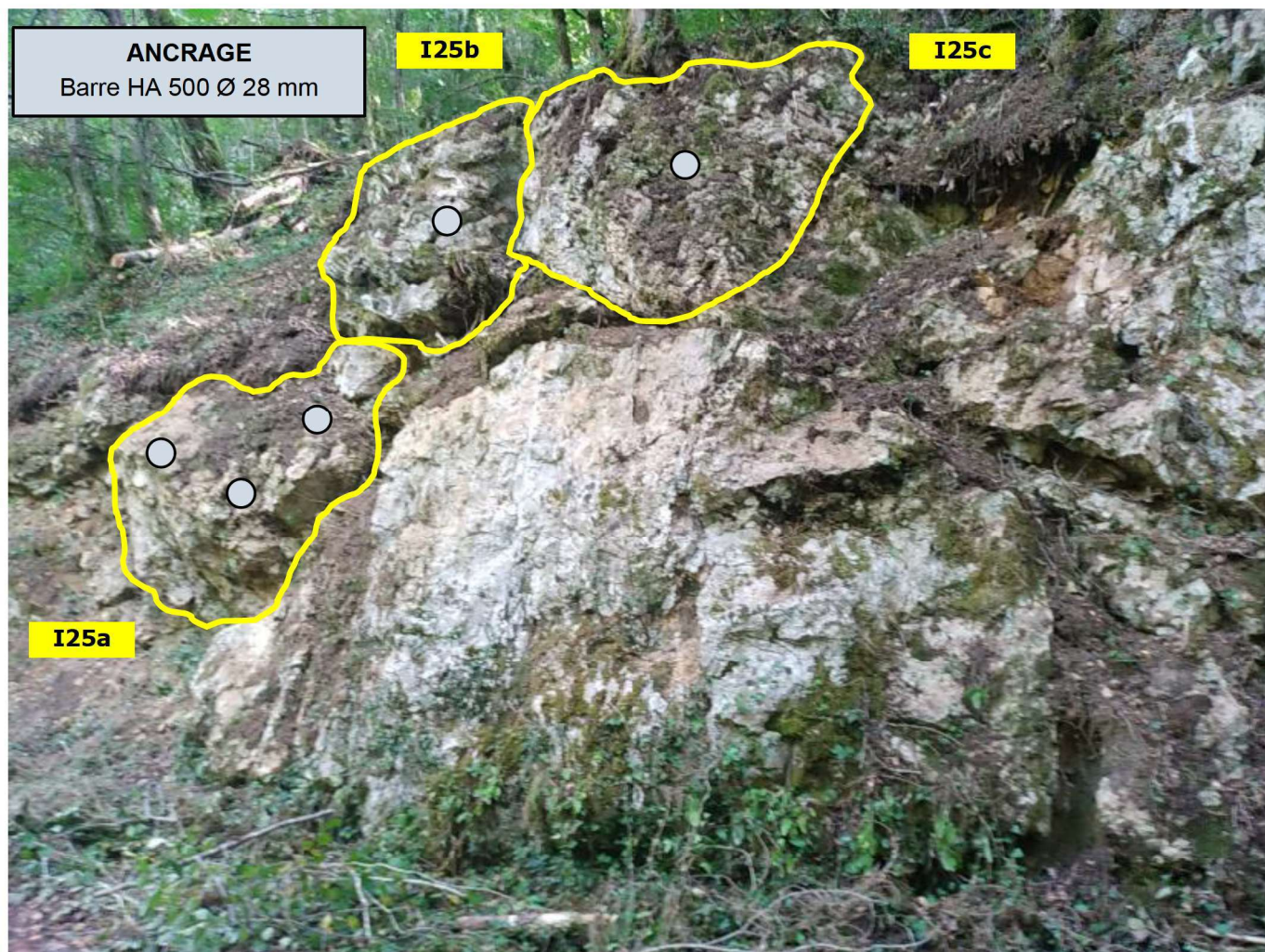
| SECTEUR / INSTABILITE         | Secteur V – I24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |         |           |                                                                                          |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| GEOMETRIE<br>Masse principale | Hauteur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Largeur | Epaisseur | Volume                                                                                   |
|                               | 3.10 m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2.70 m  | 1.00 m    | $\approx 8 \text{ m}^3$<br>(Masses secondaires :<br>$\approx 1 \text{ à } 2 \text{ m}^3$ |
| TRAVAUX                       | <p><u>Masse principale</u> – Boulonnage : 3 ancrages, barre HA 500 Ø 28 mm, inclinaison 10°, forage Ø 68 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain</p> <p><u>Masses secondaires</u> – Boulonnage : 1 ancrage par masse, barre HA 500 Ø 28 mm, inclinaison 10°, forage Ø 68 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain</p> |         |           |                                                                                          |



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285<br>Commune de LESPUGUE (31)     |
|                                                                                     |                                                                                     | <b>Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</b><br>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION |



| SECTEUR / INSTABILITE           | Secteur V – I25                                                                                                                                                                     |                          |           |                                                                             |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| GEOMETRIE<br>I25a / I25b / I25c | Hauteur                                                                                                                                                                             | Largeur                  | Epaisseur | Volume                                                                      |
|                                 | 2.00 m / 1.20 m / 1.50 m                                                                                                                                                            | 4.00 m / 1.50 m / 1.80 m | 1.00 m    | $\approx 8 \text{ m}^3$ / $\approx 2 \text{ m}^3$ / $\approx 3 \text{ m}^3$ |
| TRAVAUX                         | Boulonnages (1 à 3 ancrages par masse, barre HA 500 Ø 28 mm, inclinaison 10°, forage Ø 68 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain) / Grillage plaqué (type TECCO® G65/3) |                          |           |                                                                             |

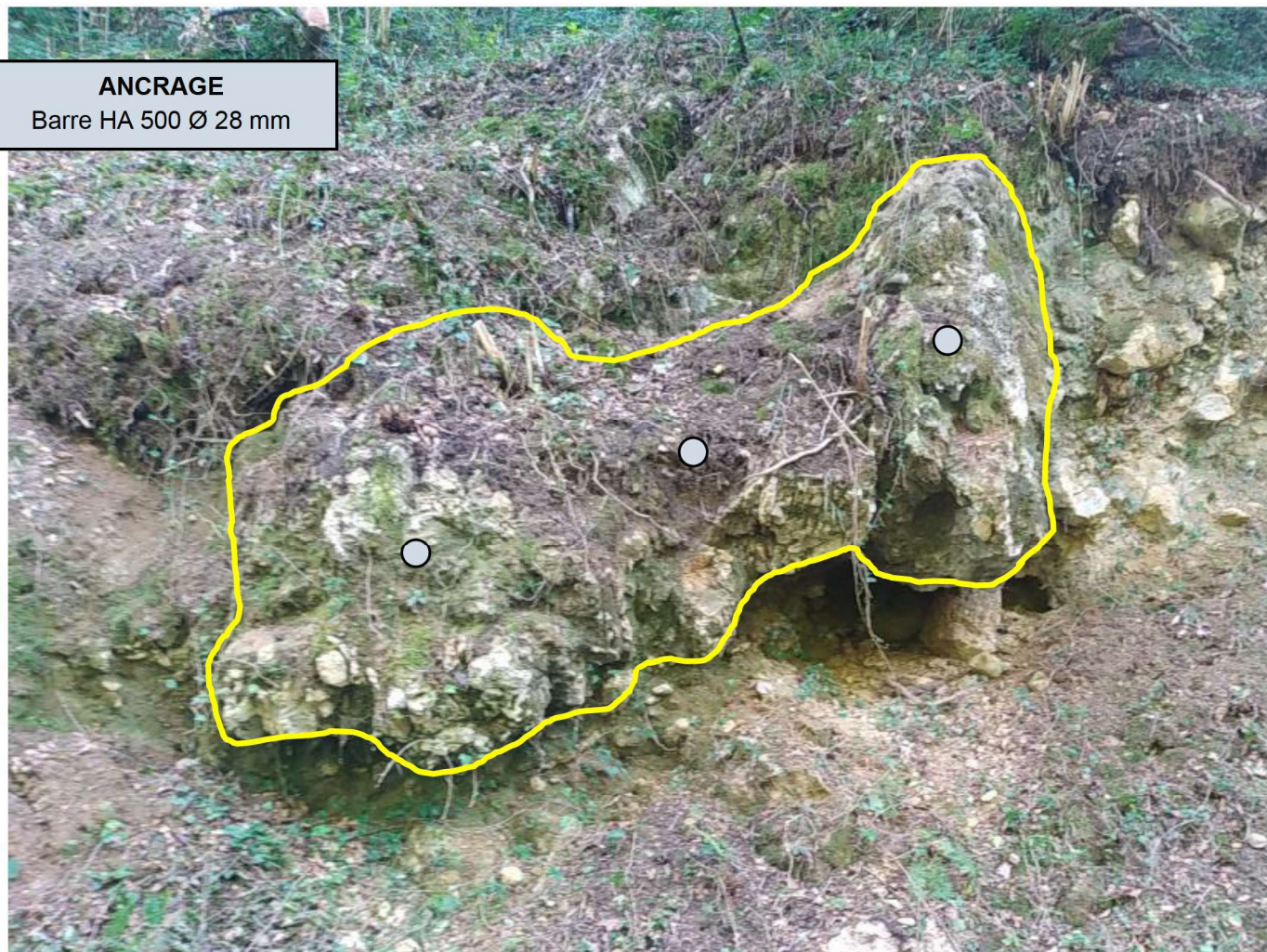




| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur T – I26                                                                                                                                                      |         |               |                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|---------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                                                              | Largeur | Epaisseur     | Volume              |
|                       | 1.70 à 2.30 m                                                                                                                                                        | 4.00 m  | 0.70 à 1.70 m | ≈ 10 m <sup>3</sup> |
| TRAVAUX               | Boulonnage (3 ancrages, barre HA 500 Ø 28 mm, inclinaison 10°, forage Ø 68 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain) / Grillage plaqué (type TECCO® G65/3) |         |               |                     |

# ANCRAGE

Barre HA 500 Ø 28 mm



Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285

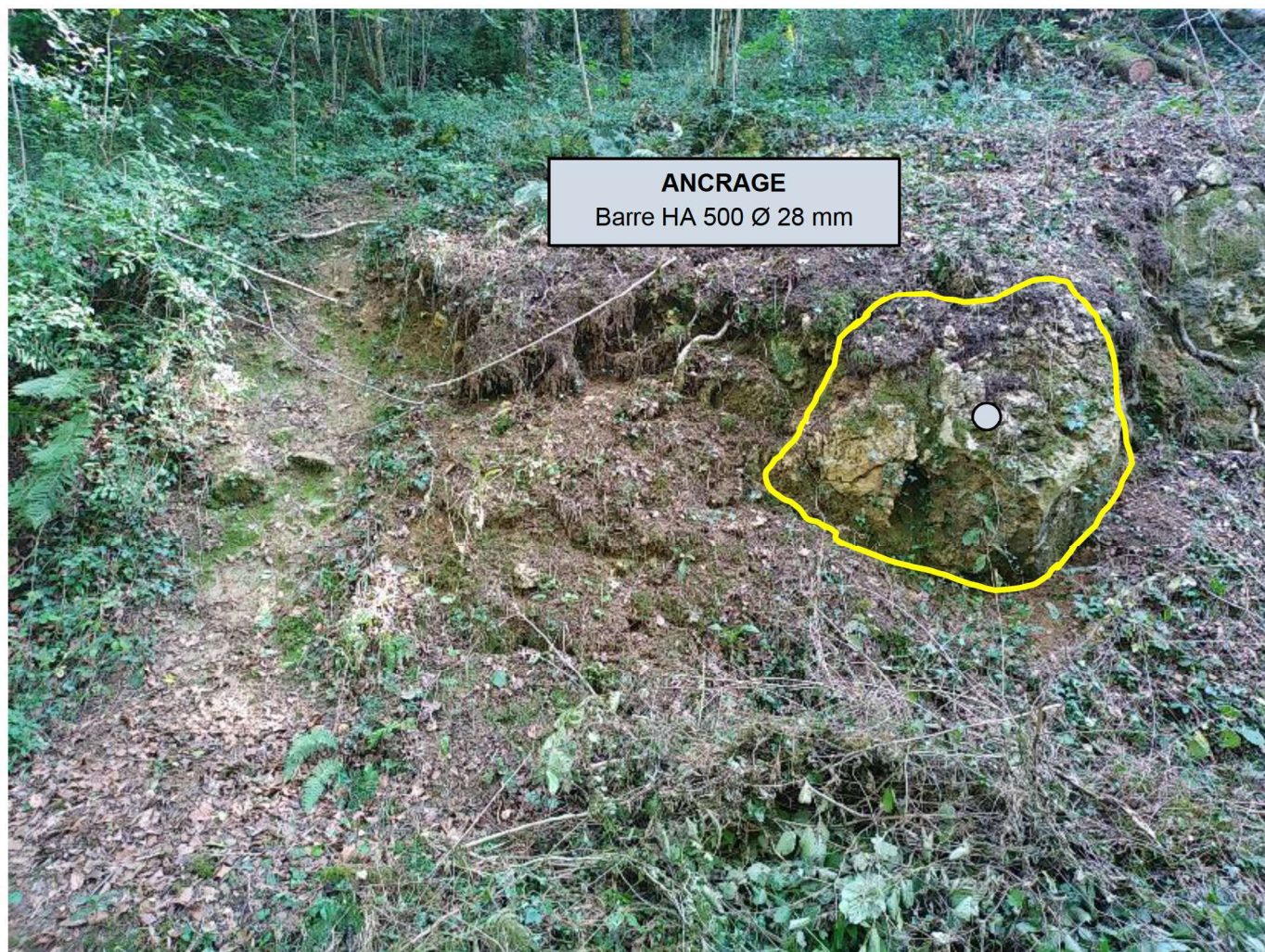
Commune de LESPUGUE (31)

Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)

PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION



| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur T – I27                                                                                                                                                     |         |           |                    |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|--------------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                                                             | Largeur | Epaisseur | Volume             |
|                       | 2.00 m                                                                                                                                                              | 1.40 m  | 1.40 m    | ≈ 4 m <sup>3</sup> |
| TRAVAUX               | Boulonnage (1 ancrage, barre HA 500 Ø 28 mm, inclinaison 10°, forage Ø 68 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain) / Grillage plaqué (type TECCO® G65/3) |         |           |                    |



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <b>Sécurisation des Gorges de la Save – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285</b><br><b>Commune de LESPUGUE (31)</b><br><b>Etude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO)</b> |
|                                                                                     |                                                                                     | <b>PLAN D'IMPLANTATION DE PRINCIPE DES TRAVAUX DE SECURISATION</b>                                                                                                                                                          |



| SECTEUR / INSTABILITE | Secteur T – I25 à I27                                                                                                                                                                         |               |         |       |       |              |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------|-------|-------|--------------|
| GEOMETRIE             | Hauteur                                                                                                                                                                                       | 3.00 à 6.00 m | Largeur | 25 ml | Pente | Subverticale |
| TRAVAUX               | Purges manuelles / Boulonnages (1 à 3 barres HA 500 Ø 28 mm par masse, inclinaison 10°, forage Ø 68 mm minimum, scellée sur 2.00 m mini au rocher sain) / Grillage plaqué (type TECCO® G65/3) |               |         |       |       |              |

**GRILLAGE PLAQUE**  
Type TECCO® G65/3

**ANCORAGE**  
Barre HA 500 Ø 28 mm





Ginger CEBTP – Agence de Limoges  
Ville : LESPUGUE (31)  
Affaire : G2 PRO – Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G





## **Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 LESPUGUE (31)**

### **Stratégie de sécurisation visant à rouvrir le site des Gorges de la Save en "voie douce"**

#### **ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION – PHASE PROJET (G2 PRO) RAPPORT**

Dossier : STL1.O.M055.0021  
Novembre 2025



Agence de Limoges • 117 Rue de Nexon – 87000 Limoges  
Tél. : +33(0)5 55 30 80 80 • E-mail : [cebtp.limoges@groupe-cebtp.com](mailto:cebtp.limoges@groupe-cebtp.com)

*CONSEIL DEPARTEMENTAL DE HAUTE-GARONNE*

**TRONÇON 1 DES GORGES DE LA SAVE – ANCIENNE RD 9G PR 1+624 A 2+285  
STRATEGIE DE SECURISATION VISANT A ROUVRIRE LE SITE DES GORGES DE LA SAVE EN  
"VOIE DOUCE"**

LESPUGUE (31)

**RAPPORT – ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION – PHASE PROJET (G2 PRO)**

| Dossier : STL1.O.M055.0021 |          |                    | Réf. rapport :                                                                      |                     |                                                                                      | Contrat :             |              |
|----------------------------|----------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|
| Indice                     | Date     | Chargé d'affaire   | Visa                                                                                | Vérifié par         | Visa                                                                                 | Contenu               | Observations |
| 1                          | 25/11/25 | LAURENT<br>Dimitri |  | PUYRAIMOND<br>Jimmy |  | 53 pages<br>+ Annexes |              |

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.



## Sommaire

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introduction .....</b>                                                     | <b>6</b>  |
| <b>2. Rappel du contexte de l'étude .....</b>                                    | <b>8</b>  |
| 2.1. Plans de situation.....                                                     | 8         |
| 2.2. Périmètre et limites de l'étude .....                                       | 9         |
| 2.3. Géologie.....                                                               | 9         |
| 2.4. Sismicité.....                                                              | 9         |
| 2.5. Hydrologie .....                                                            | 9         |
| 2.6. Morphologie .....                                                           | 10        |
| <b>3. Rappel de l'historique du site .....</b>                                   | <b>12</b> |
| 3.1. Evénements survenus.....                                                    | 12        |
| 3.2. Études réalisées .....                                                      | 12        |
| 3.3. Travaux réalisés.....                                                       | 16        |
| <b>4. Stratégie de sécurisation.....</b>                                         | <b>17</b> |
| 4.1. Travaux spéciaux .....                                                      | 19        |
| 4.2. Purges manuelles.....                                                       | 19        |
| 4.3. Déroctages, terrassements et talutages mécanisés.....                       | 20        |
| 4.4. Boulonnages .....                                                           | 20        |
| 4.5. Grillages plaqués .....                                                     | 21        |
| 4.6. Filets plaqués .....                                                        | 21        |
| <b>5. Dimensionnement des boulonnages, des grillages et filets plaqués .....</b> | <b>23</b> |
| 5.1. Identification du projet .....                                              | 23        |
| 5.1.1. Définition de la classe de conséquence des ouvrages .....                 | 23        |
| 5.1.2. Définition de la catégorie géotechnique des ouvrages .....                | 24        |
| 5.1.3. Définition de la durée d'utilisation de l'ouvrage.....                    | 24        |
| 5.2. Paramètres et hypothèses générales .....                                    | 25        |
| 5.2.1. Paramètres géomécaniques .....                                            | 25        |
| 5.2.2. Paramètres hydrauliques .....                                             | 26        |
| 5.2.3. Séisme .....                                                              | 26        |
| 5.2.4. Modèle géotechnique .....                                                 | 26        |
| 5.2.5. Réseaux enterrés .....                                                    | 26        |
| 5.2.6. Conditions de chargement .....                                            | 26        |
| 5.2.7. Prise en compte de la corrosion .....                                     | 27        |
| 5.3. Méthodes de calculs / Résultats.....                                        | 27        |

|        |                               |    |
|--------|-------------------------------|----|
| 5.3.1. | Boulonnages.....              | 28 |
| 5.3.2. | Grillages plaqués ancrés..... | 31 |
| 5.3.3. | Filets plaqués.....           | 32 |

## 6. Détail des travaux ..... 33

|       |                                                   |    |
|-------|---------------------------------------------------|----|
| 6.1.  | Sécurisation et préparation du chantier .....     | 33 |
| 6.2.  | Dévégétalisation .....                            | 33 |
| 6.3.  | Purges préparatoires .....                        | 33 |
| 6.4.  | Purges et déroctages mécanisés .....              | 33 |
| 6.5.  | Boulonnages .....                                 | 34 |
| 6.6.  | Grillages plaqués .....                           | 35 |
| 6.8.  | Récapitulatif des quantités .....                 | 38 |
| 6.9.  | Installations – Accès au chantier .....           | 40 |
| 6.10. | Contraintes de chantier / Zones réglementées..... | 40 |
| 6.11. | Estimation du montant des travaux .....           | 41 |
| 6.12. | Estimation du délai des travaux / Planning .....  | 42 |

## 7. Matériaux constitutifs ..... 46

|      |                         |    |
|------|-------------------------|----|
| 7.1. | Grillages.....          | 46 |
| 7.2. | Filets.....             | 46 |
| 7.3. | Barres d'ancrages ..... | 46 |
| 7.4. | Câbles.....             | 47 |
| 7.5. | Cosses cœurs .....      | 47 |
| 7.6. | Serre-câbles .....      | 48 |

## 8. Dispositions techniques particulières..... 49

## 9. Surveillance et entretien des ouvrages ..... 51

|      |                                   |    |
|------|-----------------------------------|----|
| 9.1. | Boulonnages.....                  | 51 |
| 9.2. | Grillages et filets plaqués ..... | 51 |

## 10. Conclusion ..... 53

## ANNEXES..... 54

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES .....                       | 54 |
| ANNEXE 2 – FICHES DE CALCUL DE LA PRISE EN COMPTE DE LA CORROSION .....               | 58 |
| ANNEXE 3 – NOTES DE CALCUL POUR LE DIMENSIONNEMENT DES BOULONNAGES .....              | 61 |
| ANNEXE 4 – NOTE DE CALCUL POUR LE DIMENSIONNEMENT DU GRILLAGE PLAQUE TYPE TECCO® 65/3 |    |
| 81                                                                                    |    |
| ANNEXE 5 – NOTE DE CALCUL POUR LE DIMENSIONNEMENT DU FILET PLAQUE .....               | 82 |
| ANNEXE 6 – PLANS D'EXECUTION .....                                                    | 83 |





## 1. Introduction

Cette étude géotechnique de conception – phase Projet (mission G2 PRO selon la norme NF P 94-500 dont un extrait est placé en Annexe 1) a été effectuée à la demande et pour le compte du Conseil Départemental de Haute-Garonne (CD31).

Dans le cadre de ce projet, le CD31 est assisté par le RTM Ariège.

Elle fait suite à une étude géotechnique de conception – phase Avant-projet (G2 AVP), réalisée par Ginger CEBTP en Octobre 2025, visant à proposer une stratégie de sécurisation visant à rouvrir le Tronçon 1 du site des Gorges de la Save en "voie douce" sur la commune de LESPUGUE (31).

Notre étude concerne le même linéaire que l'étude G2 AVP : Tronçon 1 (RD 9G, PR 1+624 à 2+285). Sa longueur est de 661 m.

### Objectifs de cette étude :

- Rappeler le contexte géologique et géomorphologique local et les instabilités rocheuses observées ;
- Dimensionner les ouvrages de protection proposés ;
- Définir le contenu des travaux : méthodologie d'exécution (phasage, planning, contraintes de réalisation) ;
- Présenter le suivi périodique et la maintenance ultérieure.

### Documents utilisés :

- Carte topographique IGN au 1 / 25 000 ;
- Carte géologique du BRGM n° 1032 de BOULOGNE-SUR-GESSE au 1 / 50 000 ;
- Orthophotographie IGN ;
- Données LiDAR HD de l'IGN ;
- Rapport CETE « RD 9G – Gorges de la Save – Evaluation de l'aléa " chutes de masses rocheuses" – Diagnostic, proposition de traitement et estimation des coûts » – Novembre 2006 ;
- Rapport IMSRN « Gorges de la Save – Commune de LESPUGUE – PR 0+000 au PR 3+337 – Etude géotechnique pour la protection de la route départementale RD 9G » – Mission G12 – Avril 2014 ;
- Rapport IMSRN « Travaux de sécurisation de la route départementale RD 9G contre les chutes de blocs – MBC – Gorges de la Save – CCTP – Cahier des clauses techniques particulières » – Février 2015 ;
- Rapport INGEROP « Sécurisation des falaises longeant les Gorges de la Save à LESPUGUE – Analyse des enjeux environnementaux et procédures » – Décembre 2019 ;
- Rapport Ginger CEBTP « Etude de protection contre les chutes de masse rocheuses – RD 9G PR 0+000 à PR 2+285 » – Mission G2PRO – Août 2020 ;

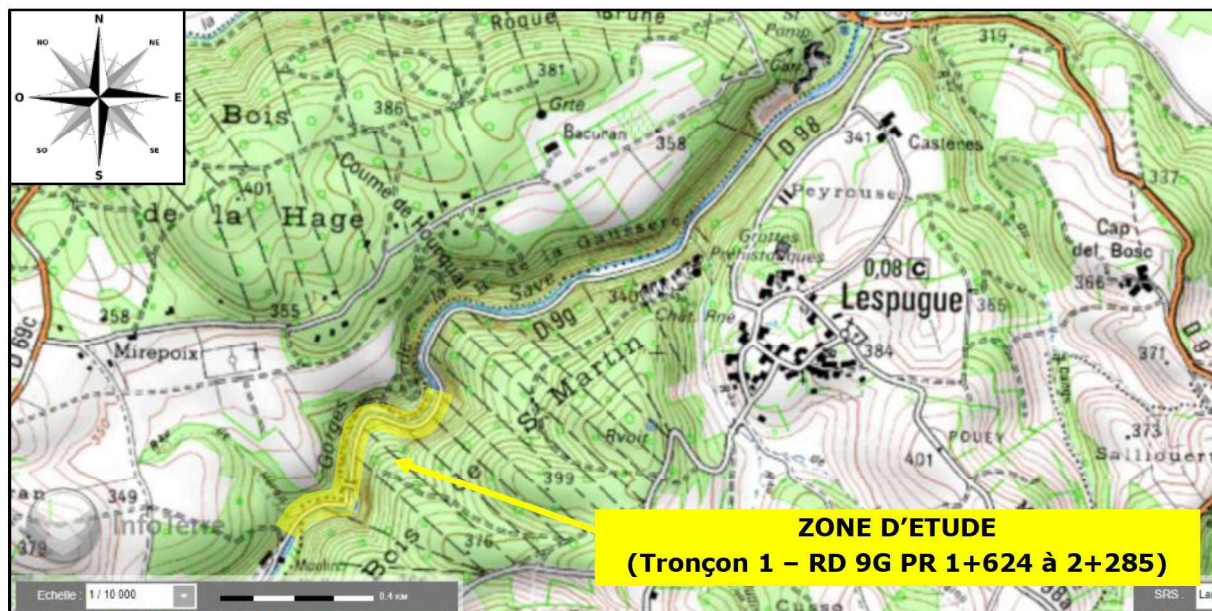


- Rapport Ginger CEBTP « RD 9G PR 0+000 à 2+285 – Gorges de la Save – Commune de LESPUGUE (31) – Stratégie de sécurisation visant à rouvrir le site en "voie douce" » – Diagnostic géotechnique G5 – Octobre 2023 ;
- Note Ginger CEBTP « Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Note d'inspection préliminaire » – Juin 2025 ;
- Note Ginger CEBTP « Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – Commune de LESPUGUE (31) – Note sécurisation temporaire » – Juin 2025 ;
- Rapport Arkæ – « STRATÉGIE DE SÉCURISATION VISANT À ROUVRIRE LE SITE DES GORGES DE LA SAVE EN VOIE DOUCE – BILAN DE L'OPÉRATION DE DÉBROUSSAILLAGE » – Septembre 2025 ;
- Rapport Ginger CEBTP « Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – LESPUGUE (31) – Stratégie de sécurisation visant à rouvrir le site des Gorges de la Save en "voie douce" » – Etude géotechnique G2 AVP – Octobre 2025 – Réf. : STL1.O.M055.0021.

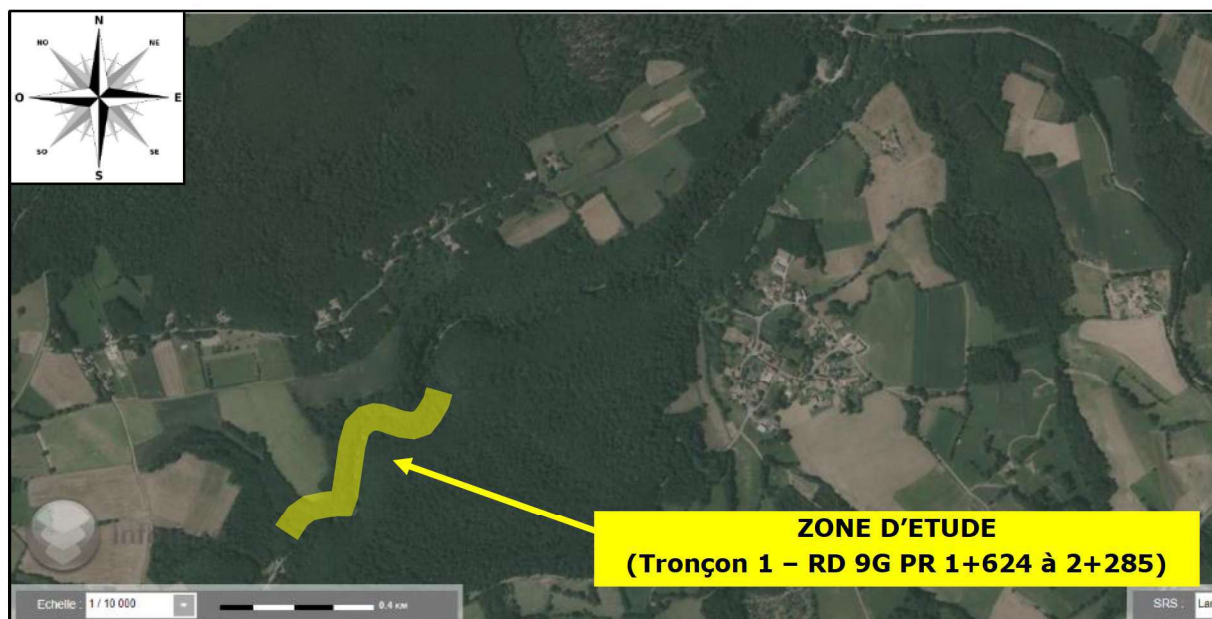
En référence à la Norme NF P 94-500 dont un extrait est placé en Annexe 1, cette étude s'inscrit dans le cadre d'une mission G2 PRO « Etude géotechnique de Conception – Projet ».

## 2. Rappel du contexte de l'étude

### 2.1. Plans de situation



Extrait de la carte IGN au 1/25 000 – Source : Infoterre.brgm.fr



Extrait de l'orthophotographie IGN – Source : Infoterre.brgm.fr



## 2.2. Périmètre et limites de l'étude

L'étude concerne uniquement les talus, éperons et escarpements rocheux situés en amont du Tronçon 1 du site des Gorges de la Save – RD 9G PR 1+624 à 2+285.

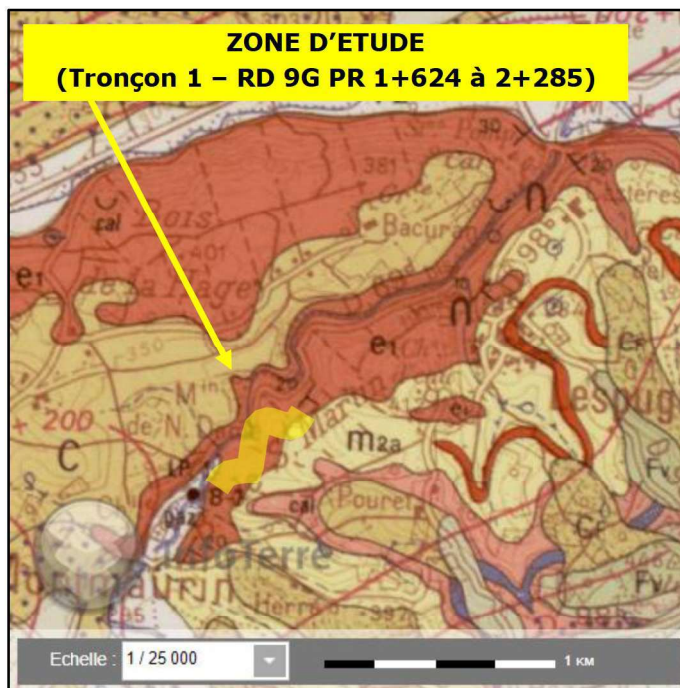
## 2.3. Géologie

Le contexte géologique du secteur est caractérisé par un substratum constitué de Calcaires lithographiques à Algues et Miliolites – Dano-Montien (e<sub>1</sub>) [en ocre sur la carte ci-contre].

Par endroits ces calcaires présentent une karstification pouvant être importante avec notamment la présence de grottes et de couloir de brèches d'effondrement karsique.

Ils sont surmontés par des molasses Miocène (m<sub>2a</sub>) et des colluvions Quaternaire [respectivement en beige clair et foncé sur la carte ci-contre].

Extrait de la carte géologique du  
BRGM N° 1032 de BOULOGNE-SUR-  
GESSE au 1 / 50 000 – Source :  
[Infoterre.brgm.fr](http://infoterre.brgm.fr)



A noter l'existence d'une ancienne carrière dans ces formations dans la partie Nord des Gorges de la Save.

## 2.4. Sismicité

Conformément au Décret N°2010-1284 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique et au Décret N°2010-1285 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français, la zone d'étude se situe en zone de sismicité 3 (modérée).

## 2.5. Hydrologie

Nos visites sur site ont été réalisées les 13 juin, 10, 11 et 23 septembre 2025 lors de journées ensoleillée.

En dehors de la Save qui passe en fond des gorges, aucun écoulement n'a été observé. Cependant quelques talwegs rocheux témoignent d'écoulements pouvant être importants lors de période de fortes précipitations. Par ailleurs des traces de suintement sont visibles sur les parois au niveau de fractures ou de conduits karstiques.

Etant donné le contexte karstique du secteur, des résurgences peuvent apparaître n'importe où sur la zone d'étude lors d'épisodes pluvieux intenses.

D'anciennes résurgences sont visibles le long du linéaire mais ne semble plus actives aujourd'hui, les eaux ressortant très probablement au même niveau topographique que la Save.

## 2.6. Morphologie

Le Tronçon 1 (RD 9G PR 1+624 à 2+285) correspond aux versants en rive droite de la Save, depuis le début de la zone d'étude au Nord (PR 1+624) jusqu'au pont submersible (PR 2+042), et en rive gauche depuis ce dernier jusqu'à l'entrée Sud des gorges (PR 2+285).

L'étude IMSRN (2014) a classé les profils de versant sur l'ensemble des Gorges de la Save selon 5 catégories et a sectorisé la zone d'étude en fonction de la morphologie puis de l'aléa et du risque (voir ci-après).

3 types de profils se retrouvent sur le Tronçon 1 :

- **Morphologie « type 1 » – Secteurs U et Y :**

Versants globalement peu pentus, sans ou peu d'affleurements rocheux ou de façon diffuse et n'excédant pas 1 m de haut. On note parfois la présence d'un petit talus raide en bordure de route ;

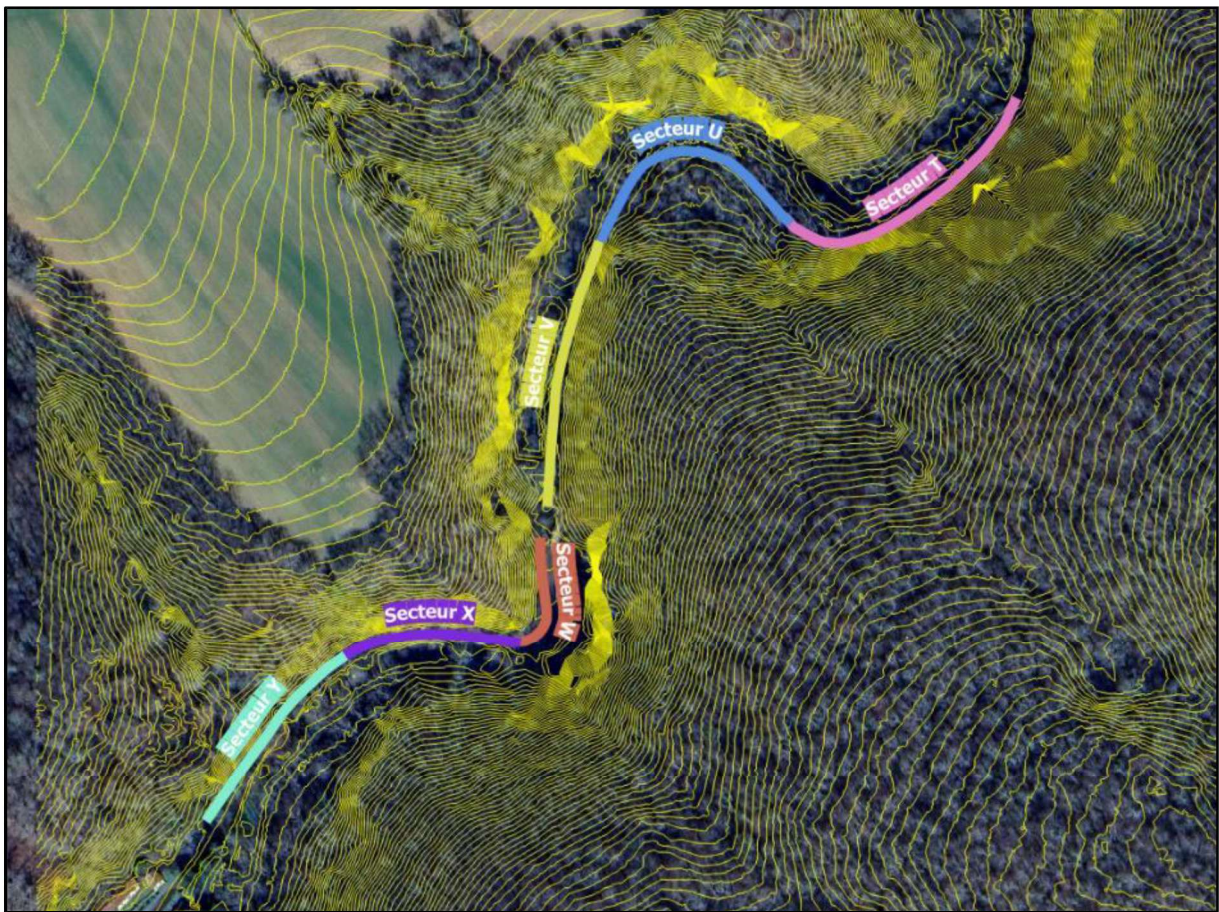
- **Morphologie « type 2 » – Secteur V :**

Versants parfois raides, le plus souvent très rocheux et se présentant sous la forme de « gradins » ou de chaos de blocs ;

- **Morphologie « type 3 » – Secteurs T, W et X :**

Talus rocheux ou véritables falaises de plusieurs dizaines de mètres de haut situés directement en bord de route et dominés par un versant raide présentant quelques affleurements rocheux isolés.





Sectorisation du Tronçon 1 (en jaune, courbes de niveau équidistance 1 m issues du LiDAR HD de l'IGN) – IMSRN / Ginger CEBTP

### 3. Rappel de l'historique du site

#### 3.1. Evénements survenus

La recherche historique et bibliographique n'a pas mis en évidence d'événement bien documenté sur le Tronçon 1.

Cependant, les rapports du CETE (2006) et d'IMSRN (2014) indiquent que le gestionnaire mentionne plusieurs chutes de blocs dans les Gorges de la Save dans les années précédant les études. Les volumes et les dates exactes n'ont pas été précisées.

En l'absence de travaux de protection réalisés, le phénomène a continué. Ainsi lors de notre visite sur site, des pierres et petits blocs éboulés ont été observés en bordure de la route, au pied de quelques escarpements.

#### 3.2. Études réalisées

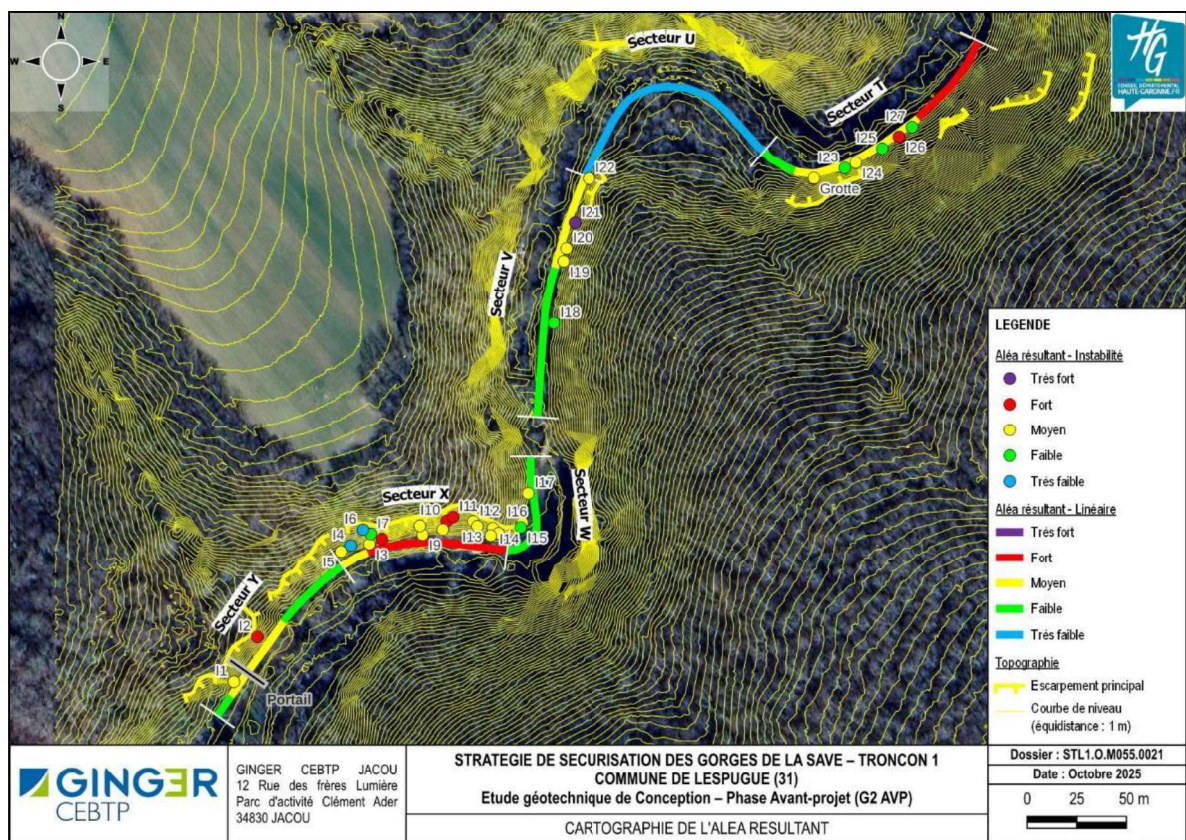
Les principales études réalisées dans les Gorges de la Save et concernant les risques rocheux sont les suivantes :

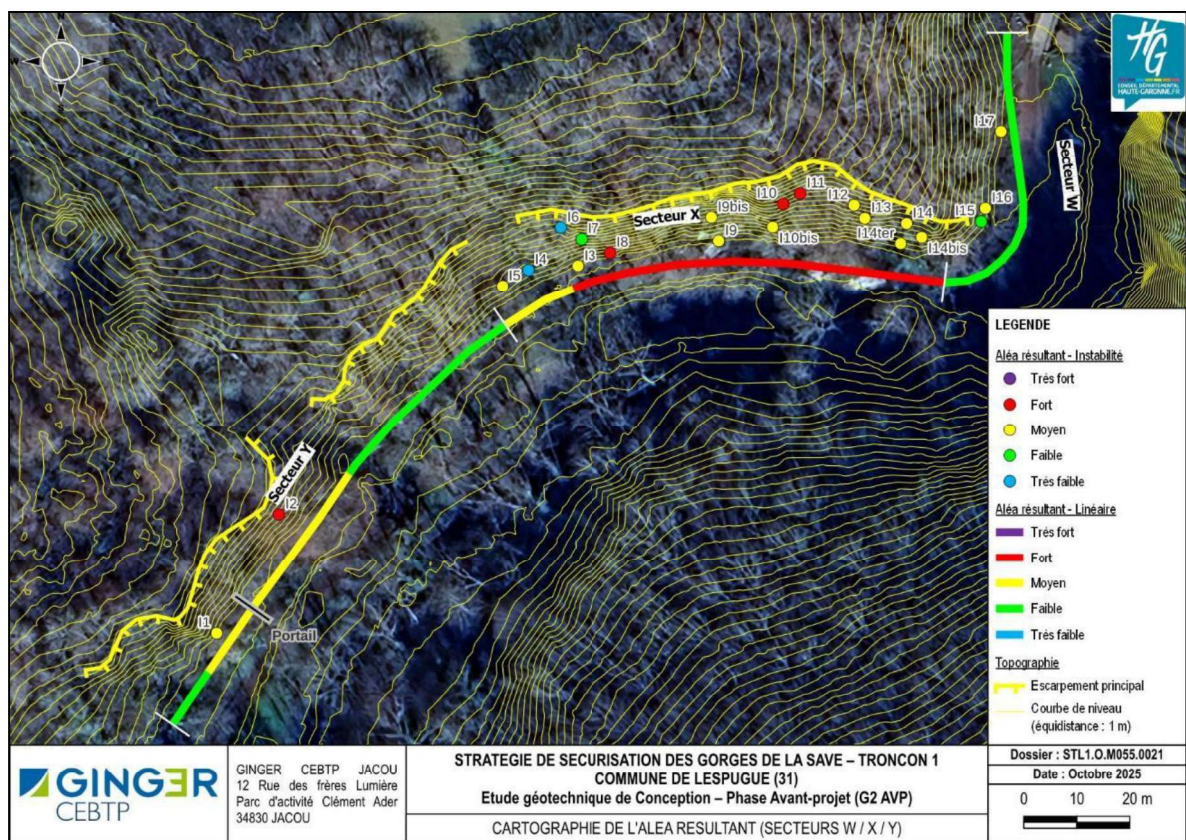
- Novembre 2006 – « RD 9G – Gorges de la Save – Evaluation de l'aléa chutes de masses rocheuses – Diagnostic, proposition de traitement et estimation des coûts » – CETE Sud-Ouest ;
- Avril 2014 – « Gorges de la Save – Commune de Lespugue – PR 0+000 au PR 3+337 – Etude géotechnique pour la protection de la route départementale RD 9G » – IMSRN ;
- Octobre 2023 – « RD9G PR 0+000 à PR 2+285 – Gorges de la Save – Commune de Lespugue (31) – Stratégie de sécurisation visant à rouvrir le site en "voie douce" » – Ginger CEBTP ;
- Octobre 2025 – « Tronçon 1 des Gorges de la Save – Ancienne RD 9G PR 1+624 à 2+285 – LESPUGUE (31) – Stratégie de sécurisation visant à rouvrir le site des Gorges de la Save en "voie douce" » – Ginger CEBTP ;

Ces études ont évalué les risques rocheux sur le linéaire (en effectuant une sectorisation) et ont proposé des travaux ; l'étude Ginger CEBTP de 2023 définissant une stratégie de sécurisation progressive en 4 tronçons, du Sud vers le Nord.

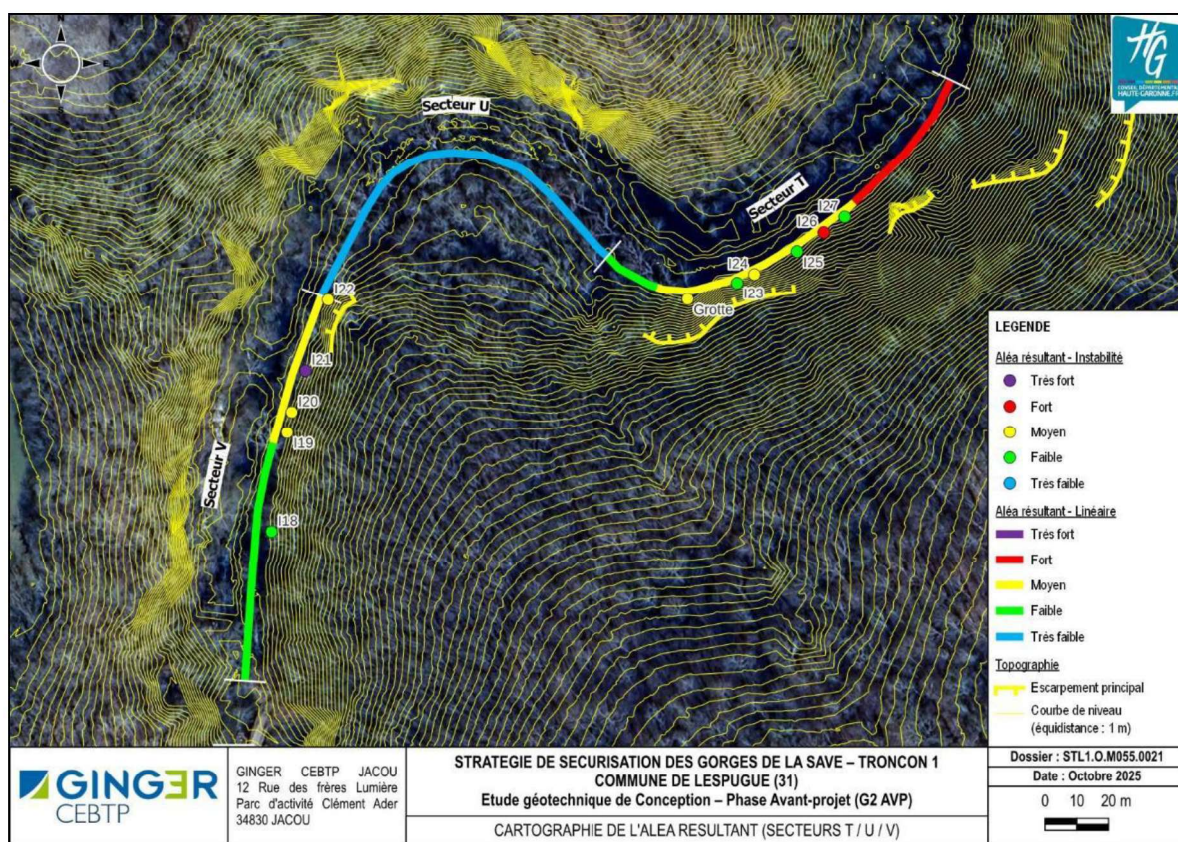
La dernière étude en date – Ginger CEBTP de 2025 – concerne uniquement le Tronçon 1. L'aléa rocheux a été précisé et un programme de travaux défini avec des variantes pour le traitement de certaines instabilités.











### 3.3. Travaux réalisés

A l'exception de traces de minage sur un talus de déblai rocheux sur le secteur X, aucun travail de sécurisation ou dispositif de protection contre les chutes de blocs n'a été réalisé le long de la RD 9G.

Seuls des arrêtés départementaux ont été pris en 2015 (pour les véhicules à moteur) puis en 2018 (pour l'ensemble des usagers y compris piétons et cyclistes) pour interdire la circulation dans les Gorges de la Save.

En Septembre 2024, un mur de blocs de béton (type LEGO®) et un portail d'accès pompiers ont été mis en place respectivement aux entrées Nord et Sud des Gorges de la Save pour en interdire l'accès.

Enfin, en prévision de nos visites sur site des 10 et 11 septembre 2025, une dévégétalisation a été effectuée sur les secteurs T, V, X et Y par des équipes de cordistes. Quelques purges des petits éléments les plus instables ont également été effectuées.



## 4. Stratégie de sécurisation

Le CD31 a choisi de retenir la stratégie de sécurisation permettant de réduire l'aléa résiduel à un niveau **TRES FAIBLE** à **FAIBLE** (échanges écrits en date du 17/11/2025).

Le tableau ci-après récapitule pour chaque secteur du Tronçon 1 les travaux envisagés au niveau G2 AVP. **Les quantités et caractéristiques des confortements sont précisées dans la présente étude G2 PRO.**

| SECTEUR | INSTAB.  | ALEA RESULTANT        | TRAVAUX PRECONISES                                                                                                                                                                         | ALEA RESIDUEL      |
|---------|----------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Y       | Linéaire | <b>FAIBLE à MOYEN</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Purges manuelles en paroi et en crête</li> </ul>                                                                                                    | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I1       | <b>MOYEN</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Déroctage (<math>V \approx 80 \text{ m}^3</math>)</li> </ul>                                                                                        | <b>TRES FAIBLE</b> |
|         | I2       | <b>FORT</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnages (<math>L \approx 20 \text{ ml}</math>)</li> <li>Grillage plaqué (<math>S \approx 150 \text{ m}^2</math>)</li> </ul>                     | <b>FAIBLE</b>      |
| X       | Linéaire | <b>MOYEN à FORT</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Purges manuelles en paroi et en crête</li> </ul>                                                                                                    | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I3       | <b>MOYEN</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Purge</li> </ul>                                                                                                                                    | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I4       | <b>TRES FAIBLE</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Néant</li> </ul>                                                                                                                                    | <b>TRES FAIBLE</b> |
|         | I5       | <b>MOYEN</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (<math>L \approx 5 \text{ ml}</math>)</li> </ul>                                                                                         | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I6       | <b>TRES FAIBLE</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Néant</li> </ul>                                                                                                                                    | <b>TRES FAIBLE</b> |
|         | I7       | <b>FAIBLE</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Néant</li> </ul>                                                                                                                                    | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I8       | <b>MOYEN à FORT</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (<math>L \approx 30 \text{ ml}</math>)<sup>1</sup></li> <li>Grillage ou filet plaqué (<math>S \approx 300 \text{ m}^2</math>)</li> </ul> | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I9       | <b>MOYEN</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Déroctage (<math>V \approx 10 \text{ m}^3</math>)</li> <li>Grillage ou filet plaqué (<math>S \approx 100 \text{ m}^2</math>)</li> </ul>             | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I9bis    | <b>MOYEN</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (<math>L \approx 15 \text{ ml}</math>)</li> </ul>                                                                                        | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I10      | <b>MOYEN à FORT</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (<math>L \approx 15 \text{ ml}</math>)</li> </ul>                                                                                        | <b>FAIBLE</b>      |
|         | I10bis   | <b>MOYEN</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (<math>L \approx 40 \text{ ml}</math>)</li> </ul>                                                                                        | <b>FAIBLE</b>      |

<sup>1</sup> Solution estimée avant débroussaillage

| SECTEUR | INSTAB.                | ALEA RESULTANT | TRAVAUX PRECONISES                      | ALEA RESIDUEL |
|---------|------------------------|----------------|-----------------------------------------|---------------|
|         | I11                    | MOYEN à FORT   | • Boulonnage (L ≈ 15 ml)                | FAIBLE        |
|         | I12                    | MOYEN          | • Boulonnage (L ≈ 5 ml)                 | FAIBLE        |
|         | I13                    | MOYEN          | • Boulonnage (L ≈ 20 ml)                | FAIBLE        |
|         | I14                    | MOYEN          | • Boulonnage (L ≈ 5 ml)                 | FAIBLE        |
|         | I14bis                 | MOYEN          | • Boulonnage (L ≈ 10 ml)                | FAIBLE        |
|         | I14ter                 | MOYEN          | • Déroctage (V ≈ 10 m³)                 | TRES FAIBLE   |
| W       | Linéaire               | FAIBLE         | • Purges manuelles en paroi ou en crête | FAIBLE        |
|         | I15                    | FAIBLE         | • Purge                                 | FAIBLE        |
|         | I16                    | MOYEN          | • Purge                                 | FAIBLE        |
|         | I17                    | MOYEN          | • Purge                                 | FAIBLE        |
| V       | Linéaire               | FAIBLE à MOYEN | • Purges manuelles en paroi ou en crête | FAIBLE        |
|         | I18                    | FAIBLE         | • Purge                                 | FAIBLE        |
|         | I19                    | MOYEN          | • Purge / Déroctage                     | FAIBLE        |
|         | I20                    | MOYEN          | • Purge / Déroctage                     | FAIBLE        |
|         | I21                    | TRES FORT      | • Purge / Déroctage                     | FAIBLE        |
|         | I22 Ecaille principale | MOYEN          | • Boulonnage (L ≈ 20 ml)                | FAIBLE        |
|         | I22 Ecaille second.    | MOYEN          | • Boulonnage (L ≈ 10 ml)                | FAIBLE        |
|         | I22 Eléments en crête  | FAIBLE         | • Purge                                 | FAIBLE        |
| U       | Linéaire               | TRES FAIBLE    | • Néant                                 | TRES FAIBLE   |



| SECTEUR | INSTAB.           | ALEA RESULTANT             | TRAVAUX PRECONISES                                                                                                                             | ALEA RESIDUEL |
|---------|-------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| T       | Linéaire          | FAIBLE à FORT <sup>1</sup> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Purges manuelles en paroi ou en crête</li> </ul>                                                        | FAIBLE        |
|         | Zone de la grotte | MOYEN                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Grillage plaqué (200 m<sup>2</sup>)</li> </ul>                                                          | FAIBLE        |
|         | I23               | FAIBLE                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Purge</li> </ul>                                                                                        | FAIBLE        |
|         | I24               | MOYEN                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (L ≈ 20 ml)</li> </ul>                                                                       | FAIBLE        |
|         | I25               | FAIBLE                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (L ≈ 20 ml)</li> <li>Grillage ou filet plaqué (S ≈ 300 m<sup>2</sup>)<sup>2</sup></li> </ul> | FAIBLE        |
|         | I26               | FORT                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (L ≈ 10 ml)</li> <li>Grillage ou filet plaqué (S ≈ 300 m<sup>2</sup>)<sup>3</sup></li> </ul> | FAIBLE        |
|         | I27               | FAIBLE                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boulonnage (L ≈ 5 ml)</li> <li>Grillage ou filet plaqué (S ≈ 300 m<sup>2</sup>)<sup>4</sup></li> </ul>  | FAIBLE        |

#### 4.1. Travaux spéciaux

La réalisation de travaux sur les parois rocheuses est destinée à une entreprise de travaux spéciaux d'accès difficiles habituée à travailler sur cordes.

En effet, au cours des travaux, certaines actions demanderont aux ouvriers spécialisés de progresser en paroi à l'aide du matériel adapté.

#### 4.2. Purges manuelles

La purge d'un élément rocheux est l'action de détacher volontairement une pierre ou un bloc de la paroi rocheuse avant que celui-ci se détache naturellement de la paroi.

Une purge est donc une action sécurisée et contrôlée, réalisée par des professionnels dans un périmètre fermé au public.

La plupart du temps, les purges sont effectuées manuellement, à l'aide d'une canne à purge.

D'autres solutions peuvent être utilisés (coussin à air par exemple).

Les purges sont effectuées du haut vers le bas.

Les purges sont nécessaires d'être réalisées préalablement à tout autre travaux de confortement afin que les ouvriers spécialisés puissent travailler en sécurité.

<sup>1</sup> Aléa résultant **FORT** présent uniquement sur les 50 premiers mètres du secteur T à l'amont desquelles des escarpements déportés sont visibles et dont le traitement n'est pas prévu dans le Tronçon 1

<sup>2</sup> Grillage ou filet plaqué mis en place sur l'ensemble du talus des instabilités I25 à I27

<sup>3</sup> Idem précédent

<sup>4</sup> Idem précédent

Les purges sont effectuées pour des éléments rocheux de volumes faibles à modérés. Pour des volumes plus importants, des confortements seront nécessaires.

### 4.3. Déroctages, terrassements et talutages mécanisés

Il s'agit là de purges et de reprofilages de talus pour des volumes importants nécessitant l'emploi d'une pelle mécanique de forte puissance équipée d'un godet, d'une griffe ou d'un BRH.

### 4.4. Boulonnages

Le boulonnage est une **parade active**. Des boulons d'ancrages sont mis en place à travers la masse à conforter.

Un boulon d'ancrage est composé de trois éléments : une armature en acier, un écrou et une plaque d'appui. L'armature en acier prend place au sein d'un forage qui a été effectué à un diamètre et à une profondeur adaptés (plusieurs mètres au-delà du plan de fracturation en arrière de la masse). Un coulis permet de sceller l'armature au sein du forage.

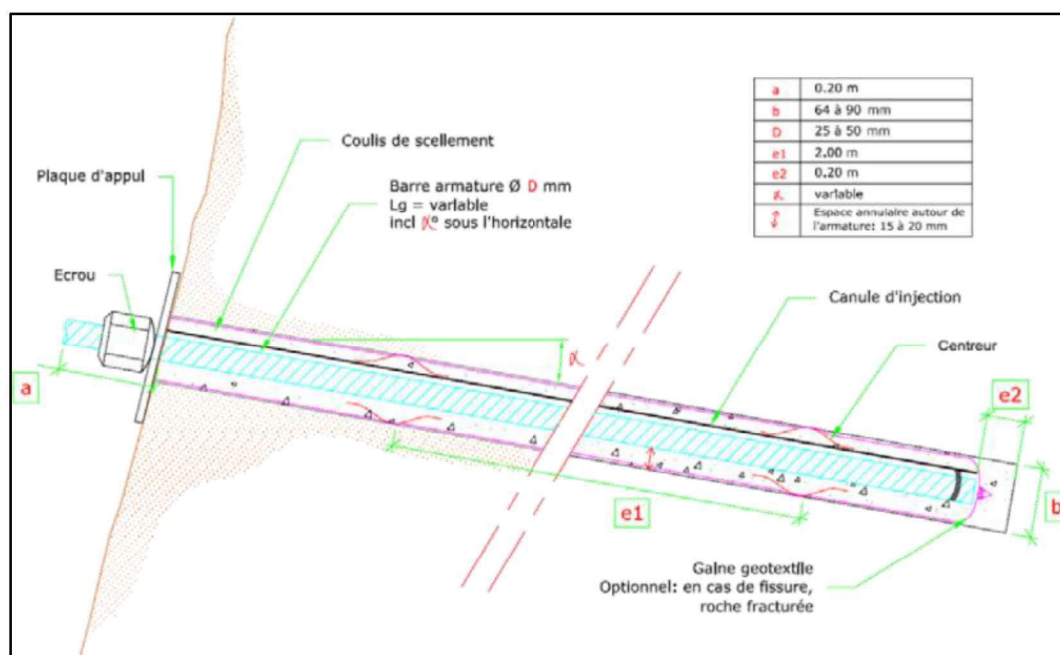


Schéma de principe d'un boulon d'ancrage passif – Source : C2ROP



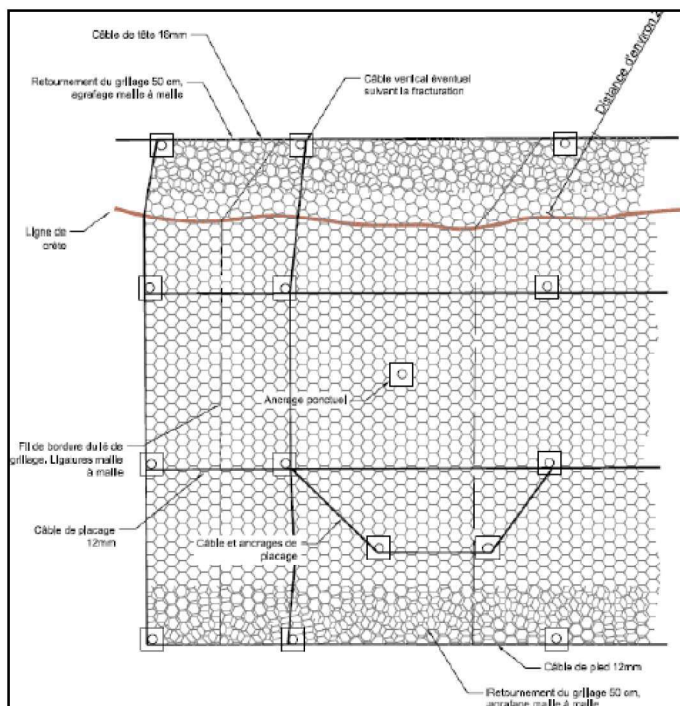
## 4.5. Grillages plaqués

Les grillages plaqués sont des **parades actives** destinés à confiner les éléments instables en paroi (jusqu'à 0.2 m³) et à empêcher leur propagation.

Un grillage plaqué est généralement composé d'une ou 2 nappes de grillage Double Torsion (voire HLE) maintenue(s) à la paroi rocheuse par des ancrages en tête et en pied. De surcroît, des ancrages intermédiaires et des câbles permettent de plaquer les nappes contre la paroi.

Un grillage plaqué demande peu d'entretien (purges occasionnelles).

Schéma de principe d'un grillage plaqué – Source : C2ROP



## 4.6. Filets plaqués

Le principe est similaire aux grillages plaqués sauf que la nappe de grillage est remplacée par un filet de câbles ou d'anneaux ASM. Un filet plaqué permet de retenir des volumes plus importants.

Tout comme un grillage plaqué, un filet plaqué demande peu d'entretien (purges occasionnelles).

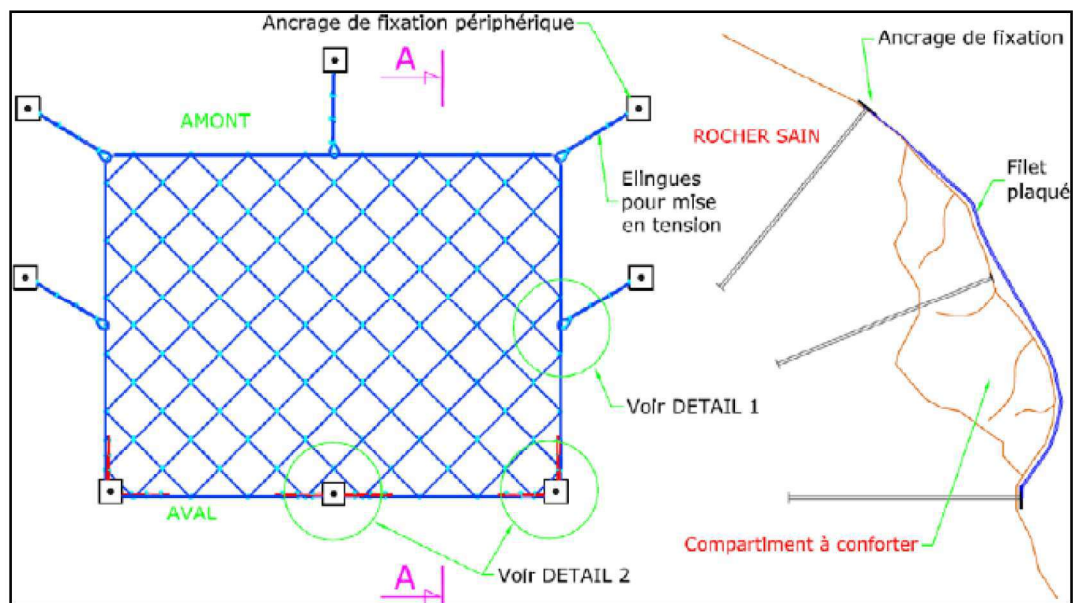


Schéma de principe d'un filet plaqué – Source : C2ROP



## 5. Dimensionnement des boulonnages, des grillages et filets plaqués

Les visites sur site, réalisées les 13 juin, 10, 11 et 23 septembre 2025 par Ginger CEBTP, ont été l'occasion d'identifier les instabilités à purger / conforter, de prendre des photographies et de réaliser des métrages.

Elle a consisté en une inspection visuelle et des prises de clichés à pied et sur cordes.

La localisation des instabilités est présentée sur les plans d'exécution en annexe 4.

### Présentation des reconnaissances

Les indications **droite et gauche** sont données en regardant la zone décrite depuis l'aval.

Les angles énoncés sont donnés en degrés par rapport à l'horizontale.

Le terme **largeur** est une mesure prise dans une direction parallèle aux courbes de niveau.

Le terme **hauteur** correspond à la différence d'altitude entre la base et le sommet de la zone décrite ou une mesure prise parallèlement à l'axe de la pente de la zone étudiée.

Le **pendage** d'une couche géologique est dit **défavorable** lorsqu'il dirige naturellement les éléments rocheux potentiellement instables vers l'enjeu à protéger.

### 5.1. Identification du projet

Conformément à l'Eurocode 7, les justifications des ouvrages projetés seront menées sur la base de la classification des ouvrages.

Les ouvrages à créer permettraient de sécuriser le Tronçon 1 du site des Gorges de la Save – RD 9G PR 1+674 à 2+285 – pour une réouverture au public en "voie douce".

Les 50 premiers mètres du secteur T du Tronçon 1 – RD 9G PR 1+624 à 1+674 – feront l'objet d'une sécurisation ultérieure.

En plus des purges et déroctages, les boulonnages, les grillages et filets plaqués auront pour vocation le confortement et le confinement des instabilités.

#### 5.1.1. Définition de la classe de conséquence des ouvrages

Il convient de considérer les conséquences de la ruine ou de l'endommagement de chaque ouvrage à construire, vis à vis des personnes, des constructions, des avoisinants et vis à vis de la protection de l'environnement.

Il revient au Maître d'Ouvrage de définir pour chaque ouvrage la classe de conséquence.

En l'absence de choix énoncé par le Maître d'Ouvrage, il convient de considérer à ce stade que les boulonnages, les grillages et filets plaqués présentent des **conséquences moyennes CC2** et auraient des effets modérés sur les personnes et/ou des effets importants sur les constructions en cas de ruine.

| CLASSE DE CONSEQUENCE (NF P 94-270)   |                                                                |                                                                     |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Tableau B.1 - Classes de conséquences |                                                                |                                                                     |
|                                       | Conséquences en termes sociaux, économiques ou d'environnement |                                                                     |
| Classe de conséquences                | ... sur les personnes                                          | ... sur les ouvrages à construire ou les constructions avoisinantes |
| CC1 (conséquences faibles)            | faibles ou négligeables                                        | faibles ou négligeables                                             |
| CC2 (conséquences moyennes)           | modérées                                                       | importantes                                                         |
| CC3 (conséquences élevées)            | importantes                                                    | très importantes                                                    |

### 5.1.2. Définition de la catégorie géotechnique des ouvrages

Les boulonnages, les grillages et filets plaqués sont des types classiques d'ouvrages et de fondations qui ne présentent pas de risque exceptionnel ou des conditions de terrain ou de chargement difficiles (2.1 (17) NF EN 1997-1).

Les observations de terrain dans la zone permettent de considérer que les conditions de site nécessitent un suivi spécifique en phase de chantier mais peuvent être classées dans la catégorie « simples ou complexes ». Ces ouvrages rentrent alors dans la **catégorie géotechnique N° 2**.

Il convient que le dimensionnement comporte des reconnaissances géotechniques et des calculs pour assurer que les exigences fondamentales sont satisfaites.

| CATEGORIE GEOTECHNIQUE (NF P 94-270)                                                                                                |                     |                     |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------|
| Tableau B.2 - Catégories géotechniques et bases des justifications en fonction des classes de conséquence et des conditions de site |                     |                     |                                                               |
| Classe de conséquence                                                                                                               | Conditions de site  | Catégorie technique | Bases des justifications                                      |
| CC1                                                                                                                                 | Simple et connues   | 1                   | Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative admises |
| CC1                                                                                                                                 | Complexes           | 2                   | Reconnaissance géotechnique et calculs nécessaires            |
| CC2                                                                                                                                 | Simple ou complexes |                     |                                                               |
| CC3                                                                                                                                 | Simple ou complexes | 3                   | Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis            |

### 5.1.3. Définition de la durée d'utilisation de l'ouvrage

Il est du ressort du Maître d'Ouvrage de définir la durée de vie de l'ouvrage comme défini dans l'Annexe nationale d'application de l'Eurocode 7 (NF EN 1997-1/NA).

En l'absence de choix énoncé par le Maître d'Ouvrage, il convient de considérer que de par la configuration géométrique des travaux de sécurisation les ouvrages (boulonnages, grillages et filets plaqués) peuvent être classés dans la catégorie des « ouvrages courants ». Ils peuvent rentrer dans la catégorie de **durée d'utilisation de projet 4/5** qui présente une durée indicative d'utilisation de **75 ans**.



**DUREE D'UTILISATION (NF P 94-270)**
**Tableau B.3 - Durée indicative d'utilisation de projet**

| Catégorie de durée d'utilisation de projet | Durée indicative d'utilisation de projet | Exemples de projets de bâtiment et de génie civil                               | Exemples de projets de sol renforcé     |
|--------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1                                          | 10 ans                                   | Structures provisoires                                                          | Ouvrages provisoires                    |
| 2                                          | 25 ans                                   | Éléments structuraux remplaçables (poutres de roulement, appareils d'appui)     |                                         |
| 3                                          | 25 ans                                   | Structures agricoles et similaires                                              | Structures industrielles                |
| 4                                          | 50 ans                                   | Structures courantes de génie civil et de bâtiments                             | Structures portuaires (murs de quai)    |
| 4/5                                        | 75 ans                                   |                                                                                 | Murs de soutènement routiers ordinaires |
| 5                                          | 100 ans                                  | Autres structures de génie civil, ponts et structures monumentales de bâtiments | Culées de pont                          |

## 5.2. Paramètres et hypothèses générales

### 5.2.1. Paramètres géomécaniques

Les caractéristiques géomécaniques des terrains, falaises et talus ont été estimés à partir de notre expérience sur des terrains similaires.

| PARAMETRES GEOMECHANQUES         |                                                     |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Formation                        | Calcaires                                           |
| Densité des terrains             | 26 kN/m <sup>3</sup>                                |
| Pendage du plan de rupture       | 35 à 80° <sup>1</sup>                               |
| Inclinaison des barres d'ancrage | 5 à 30° <sup>2</sup>                                |
| Angle de frottement              | 35°                                                 |
| Frottement latéral qs            | 500 kPa<br>Valeur pondérée : 312.5 kPa <sup>3</sup> |
| Cohésion C                       | 0 kPa <sup>4</sup>                                  |

#### Remarque :

*Toute anomalie détectée en phase de forage et pouvant remettre en question les présentes hypothèses de dimensionnement devra être signalée sans délai aux géotechniciens en charge*

<sup>1</sup> Selon le compartiment considéré

<sup>2</sup> Selon le compartiment considéré

<sup>3</sup> Valeur estimée en l'absence d'essai de convenance =  $q_s / 1.60$

<sup>4</sup> Cohésion considérée comme nulle au niveau des plans de fracturation

*des missions G3 / Suivi G4. Un nouveau dimensionnement pourra s'avérer nécessaire suivant la nature des anomalies rencontrées (venues d'eau en forage, nature de sol différente, présence de vide, ...). Il conviendra entre autres d'être particulièrement vigilant quant à la position des plans de fracturation qui peuvent conduire à un allongement de la longueur de scellement. Toute modification de la géométrie prise en compte dans le profil de calcul entraînera obligatoirement de nouveaux calculs.*

### 5.2.2. Paramètres hydrauliques

La paroi rocheuse étudiée ne présente pas de résurgences d'eau. Cependant des circulations ponctuelles peuvent apparaître par le biais des fractures et conduits karstiques lors d'épisodes pluvieux intenses.

Les travaux préconisés dans ce rapport n'ont pas d'effet d'étanchéification des terrains, aussi les écoulements naturels souterrains ne seront pas perturbés. Il n'y a donc pas lieu de capter ces eaux et/ou de disposer d'aménagements particuliers.

### 5.2.3. Séisme

Conformément au Décret N°2010-1284 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique et au Décret N°2010-1285 du 22 octobre 2010 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français, le projet se situe en **zone de sismicité 3 (modérée)**.

Ainsi, ces mêmes documents n'impliquent aucune exigence en matière de réglementation. L'analyse de la stabilité sous combinaison sismique accidentelle ne sera pas à envisager.

### 5.2.4. Modèle géotechnique

La stratigraphie des horizons et les paramètres géotechniques sont issus de la synthèse des éléments géotechniques en notre possession (anciennes études dont rapport G2 AVP, carte géologique, ...) et des observations sur site.

Les feuilles de calcul pour les confortements ponctuels ont été réalisées à partir des données existantes ainsi que des observations et relevés réalisés sur le terrain.

### 5.2.5. Réseaux enterrés

L'entreprise adaptera lors de l'exécution la position des boulons en fonction de la position d'éventuels réseaux (à l'approbation du Maître d'Œuvre et du contrôleur technique).

### 5.2.6. Conditions de chargement

Aucune surcharge n'a été prise en compte dans les calculs de confortement.



### 5.2.7. Prise en compte de la corrosion

Les calculs prennent en compte la corrosion des aciers conformément aux exigences de la norme EN 1537. Dans le cadre des protections contre les instabilités rocheuses, le guide du CEREMA préconise de se référer à la norme NF P94-270 « Calcul géotechnique – Ouvrages de soutènement – Remblais renforcés et massifs en sol cloué » pour la détermination de l'épaisseur sacrifiée à la corrosion.

Ainsi la corrosion des barres a été prise en compte en considérant :

- Une catégorie de corrosion eau/sol : **III – Moyennement corrosif** ;
- Une catégorie de corrosion air : **C2 – Faiblement corrosive**.

De par les **durées d'utilisation de 75 ans** pour l'ensemble des ouvrages du projet, une épaisseur sacrificielle sera considérée.

Une protection complémentaire vis-à-vis de la corrosion atmosphérique peut être recommandée pour les éléments métalliques qui dépasseront du sol. Ainsi les éléments métalliques (barres, plaques et écrou) pourront être protégés de la corrosion par application d'une peinture anticorrosion sur les parties à l'air et sur le dernier mètre enterré de la barre.

Les caractéristiques des armatures utilisées sont présentées en annexe 2.

## 5.3. Méthodes de calculs / Résultats

Seuls les ouvrages de la **catégorie géotechnique  $\geq 2$** , seront dimensionnés à partir de reconnaissances géotechniques et de calculs pour assurer que les exigences fondamentales sont satisfaites.

Les calculs des confortements ponctuels sont menés en utilisant les facteurs partiels des Eurocodes en approche 2 et en recherchant un coefficient de sécurité  $> 1.0$ .

| COEFFICIENTS PONDERATEURS (SELON EUROCODES)                               |                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Angle de frottement                                                       | 1.00                                                                     |
| Densité                                                                   | 1.35                                                                     |
| Traction limite acier clou                                                | 1.15                                                                     |
| Facteur de corrélation (moyenne) $\xi_{a1}$                               | 1.60 <sup>1</sup>                                                        |
| Facteur de corrélation (minimum) $\xi_{a2}$                               | 1.60 <sup>2</sup>                                                        |
| Frottement latéral $q_s$ ( $\gamma_{qs}$ )<br>(NF EN 1997-1 EC7 partie 1) | [ Min ( $q_{s\text{moy}} / \xi_1$ ; $q_{s\text{min}} / \xi_2$ ) ] / 1.15 |
| Cohésion                                                                  | 1.00                                                                     |
| Méthode                                                                   | 1.00                                                                     |
| Cisaillement mobilisable par une barre rigide $\gamma_c$                  | 1 / $\sqrt{3}$                                                           |

<sup>1</sup> En l'absence d'essai de convenance, un coefficient de 1.60 est appliqué ;

<sup>2</sup> En l'absence d'essai de convenance, un coefficient de 1.60 est appliqué.

|                  |  |
|------------------|--|
| (NF EN 1993-1-1) |  |
|------------------|--|

### 5.3.1. Boulonnages

Les calculs de stabilité d'un bloc en glissement plan sont réalisés à l'aide de feuilles de calculs internes qui suivent les recommandations de calcul définies dans le guide de protection contre les instabilités rocheuses.

Les calculs sont réalisés en statique.

Les barres d'ancrages sont vérifiées en traction et en cisaillement.

Les notes de calcul ont été établies pour les confortements par boulonnages. Elles sont disponibles en annexe 3.

La synthèse des caractéristiques des instabilités, des confortements proposés et des coefficients de sécurité calculés figure dans le tableau ci-après.



| SECTEUR | INSTAB.                 | DIMENSIONS MOY. |               |                  | VOLUME<br>(m³) | NBRE DE<br>BOULON(S) | Ø BOULON | LONG.<br>SCELLE<br>MINIMUM<br>(AU-DELA DE<br>LA FRACTURE) | LONG.<br>MINIMUM /<br>ANCRAGE¹ | LONG A<br>PREVOIR<br>AU TOTAL² | Fs   |
|---------|-------------------------|-----------------|---------------|------------------|----------------|----------------------|----------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|
|         |                         | Hauteur<br>(m)  | Largeu<br>(m) | Epaisseur<br>(m) |                |                      |          |                                                           |                                |                                |      |
| Y       | I2a, I2b, I2c<br>et I2d | 1.30            | 1.00          | 0.70             | 0.91           | 1                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 2.90 m                         | 3.00 m                         | 1.99 |
| X       | I5                      | 1.60            | 0.90          | 0.90             | 1.30           | 1                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 3.10 m                         | 4.00 m                         | 1.43 |
|         | I8                      | 2.30            | 1.20          | 0.60             | 1.66           | 1                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 2.80 m                         | 3.00 m                         | 1.22 |
|         | I9bis                   | 3.00            | 2.50          | 1.00             | 7.50           | 3                    | 28 mm    | 2.00 m                                                    | 3.20 m                         | 4.00 m                         | 1.45 |
|         | I10 Masses<br>diverses  | 1.50            | 1.00          | 0.50             | 0.75           | 1                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 2.60 m                         | 3.00 m                         | 2.30 |
|         | I10bis                  | 8.00            | 3.00          | 2.00             | 48.00          | 8                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 4.20 m                         | 5.00 m                         | 1.04 |
|         | I11 Masses<br>diverses  | 1.50            | 1.00          | 0.50             | 0.75           | 1                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 2.60 m                         | 3.00 m                         | 2.30 |
|         | I12                     | 1.40            | 2.00          | 0.80             | 2.24           | 2                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 3.00 m                         | 3.00 m                         | 1.62 |
|         | I13                     | 8.00            | 3.00          | 1.00             | 24.00          | 5                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 3.20 m                         | 4.00 m                         | 1.19 |
|         | I14                     | 1.00            | 1.60          | 0.50             | 0.80           | 1                    | 25 mm    | 2.00 m                                                    | 2.70 m                         | 3.00 m                         | 2.34 |

¹ Longueur minimum par ancrage = Longueur scellée minimum + épaisseur de l'instabilité + surlongueur de 0.20 m ;

² Longueur à prévoir pour la somme des ancrages = Longueur minimum arrondie au mètre supérieur.

| SECTEUR | INSTAB.                | DIMENSIONS MOY. |                |                  | VOLUME<br>(m³) | NBRE DE<br>BOULON(S) | Ø BOULON | LONG.<br>SCELLEE<br>MINIMUM<br>(AU-DELA DE<br>LA FRACTURE) | LONG.<br>MINIMUM /<br>ANCRAGE¹ | LONG A<br>PREVOIR<br>AU TOTAL² | Fs   |
|---------|------------------------|-----------------|----------------|------------------|----------------|----------------------|----------|------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|
|         |                        | Hauteur<br>(m)  | Largeur<br>(m) | Epaisseur<br>(m) |                |                      |          |                                                            |                                |                                |      |
|         | I14bis                 | 1.80            | 1.20           | 1.00             | 2.16           | 2                    | 25 mm    | 2.00 m                                                     | 3.20 m                         | 4.00 m                         | 1.68 |
| V       | I22 Ecaille principale | 2.70            | 1.00           | 1.20             | 3.24           | 2                    | 25 mm    | 2.00 m                                                     | 3.40 m                         | 4.00 m                         | 1.10 |
|         | I22 Ecaille secondaire | 1.30            | 1.00           | 0.50             | 0.65           | 1                    | 25 mm    | 2.00 m                                                     | 3.20 m                         | 4.00 m                         | 2.65 |
| T       | I24 Masse principale   | 3.10            | 2.70           | 1.00             | 8.37           | 3                    | 28 mm    | 2.00 m                                                     | 3.20 m                         | 4.00 m                         | 1.15 |
|         | I24 Masses secondaires | 1.00            | 2.00           | 1.00             | 2.00           | 1                    | 28 mm    | 2.00 m                                                     | 3.20 m                         | 4.00 m                         | 1.32 |
|         | I25a                   | 2.00            | 4.00           | 1.00             | 1.80           | 3                    | 28 mm    | 2.00 m                                                     | 3.2 m                          | 4.00 m                         | 1.20 |
|         | I25b                   | 1.20            | 1.50           | 1.00             | 1.80           | 1                    | 28 mm    | 2.00 m                                                     | 3.2 m                          | 4.00 m                         | 1.68 |
|         | I25c                   | 1.50            | 1.80           | 1.00             | 2.70           | 1                    | 28 mm    | 2.00 m                                                     | 3.2 m                          | 4.00 m                         | 1.18 |
|         | I26                    | 1.80            | 4.00           | 1.30             | 9.36           | 3                    | 28 mm    | 2.00                                                       | 3.50                           | 4.00                           | 1.05 |
|         | I27                    | 2.00            | 1.40           | 1.40             | 3.92           | 1                    | 28 mm    | 2.00                                                       | 3.60                           | 4.00                           | 1.09 |



### 5.3.2. Grillages plaqués ancrés

Par définition, les grillages plaqués ancrés sont composés d'une structure de placage, de composants de liaison et de boulons d'ancrage.

La structure de placage a pour rôle de maintenir structurellement les parois rocheuses traitées.

Cette structure de placage est généralement composée de grillage en acier permettant une déformation élastique et une transmission des efforts aux pièces de liaison.

La structure de placage transmet les efforts aux boulons d'ancrage et par l'intermédiaire des câbles, notamment les câbles périphériques.

La géométrie et le maillage d'ancrage sont déterminés par l'état d'altération de la paroi rocheuse et des masses à conforter.

#### Instabilités I2, I8 et « zone de la grotte »

Pour le traitement des instabilités I2, I8 et « zone de la grotte » – un grillage plaqué HLE (type DELTAX®, GEOBRUGG) est préconisé.

Le dimensionnement ne répond pas à des règles mais plutôt à une expertise basée sur des retours d'expériences.

Il est toutefois usuel de respecter une profondeur d'ancrage comprise entre 2.00 et 4.00 m. En tête, le recul des grillages plaqués ancrés est fixé à 2.00 m par rapport à la crête.

#### Instabilités I25 à 27

Pour le traitement des instabilités I25 à I27 – talus constitué de masses de tailles variables plus ou moins conglomératiques, plus ou moins altérées, dans une matrice argileuse – un grillage plaqué HLE (type TECCO® G65/3, GEOBRUGG) est préconisé.

Le dimensionnement a été réalisé à l'aide du logiciel RUVOLUM® de dimensionnement du système de stabilisation de pente TECCO® distribué par GEOBRUGG.

Il est disponible en annexe 4.

|                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GRILLAGE<br/>PLAQUE</b>                                                             | Grillage : type TECCO® G65/3<br>Ancrages : barres HA 500 Ø 28 mm, espacement horizontal : 2.00 m, espacement vertical : 1.50 m, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m, forage (taillant) : Ø 68 mm minimum<br>Câbles de rives supérieure, latérales et inférieure : Ø 12 mm, nuance 1770 N/mm <sup>2</sup> |
| Vérification du filet au cisaillement en bordure amont des plaques à griffes           | <b>Satisfaisant</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Vérification du filet soumis à une force ponctuelle Z transmise aux ancrages           | <b>Satisfaisant</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Vérification des ancrages dans le cas d'un glissement superficiel parallèle à la pente | <b>Satisfaisant</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                                |              |
|------------------------------------------------|--------------|
| Vérification du filet au poinçonnement         | Satisfaisant |
| Vérification des ancrages aux efforts combinés | Satisfaisant |

### 5.3.3. Filets plaqués

Par définition, les filets plaqués ancrés sont composés d'une structure de placage, de composants de liaison et de boulons d'ancrage.

La structure de placage a pour rôle de maintenir structurellement les parois rocheuses traitées.

Cette structure de placage est généralement composée de filets de câbles ou d'anneaux en acier permettant une déformation élastique et une transmission des efforts aux pièces de liaison.

La structure de placage transmet les efforts aux boulons d'ancrage et par l'intermédiaire des câbles, notamment les câbles périphériques.

#### Instabilité I9

Un filet de câbles plaqué est préconisé pour le confortement de l'instabilité I9.

Le dimensionnement du filet plaqué est réalisé à l'aide de feuilles de calculs internes qui suivent les recommandations de calcul définies dans le guide de protection contre les instabilités rocheuses.

Les calculs sont réalisés en statique.

La note de calcul a été établie pour le confortement par grillage plaqué. Elle est disponible en annexe 5.

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FILET PLAQUE           | <p>Filet de câbles Ø 8 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, maille 250 x 250 mm</p> <p>Ancrages : barres HA 500 Ø 28 mm, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m, forage (taillant) : Ø 68 mm minimum</p> <p>Câbles périphériques, de placage et élingues : Ø 16 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup></p> |
| Facteur de Sécurité Fs | 1.05                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |



## 6. Détail des travaux

### 6.1. Sécurisation et préparation du chantier

Des arrêtés départementaux ont été pris en 2015 et en 2018 pour interdire respectivement la circulation automobile et celle des cyclistes et des piétons.

Néanmoins, lors de nos venues nous avons constaté que des piétons et cyclistes circulaient tout de même le long de ce tronçon.

Par conséquent, il conviendra de mettre en place à l'amont et à l'aval du chantier une signalisation ainsi qu'une fermeture physique (pose de barrières de type HERAS).

### 6.2. Dévégétalisation

Il conviendra de réaliser un débroussaillage des talus rocheux et des versants en pied (secteur Y) afin de libérer les emprises de travaux, notamment sur les zones de grillages et filets plaqués, et de mettre en évidence d'éventuelles instabilités supplémentaires.

Un abattage des arbres situés en paroi, en crête ou à proximité immédiate sera effectué afin de prévenir des risques de déstabilisation de la roche.

### 6.3. Purges préparatoires

Des purges préparatoires seront réalisées pour assurer la mise en sécurité des postes de travail.

Le nettoyage manuel ou à la canne à purge sera privilégié.

Les purges manuelles devront permettre de supprimer les éléments fortement instables, sans pour autant déstabiliser de nouvelles zones.

### 6.4. Purges et déroctages mécanisés

Les purges et déroctages mécanisés concerneront des éléments plus volumineux et seront effectués à l'aide d'une pelle mécanique (équipé d'une griffe ou d'un BRH).

Les volumes estimés sont présentés ci-après :

- |                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| • Secteur Y $\approx 90 \text{ m}^3$ | • Secteur V $\approx 40 \text{ m}^3$ |
| • Secteur X $\approx 30 \text{ m}^3$ | • Secteur U - Néant                  |
| • Secteur W $\approx 10 \text{ m}^3$ | • Secteur T $\approx 10 \text{ m}^3$ |

Soit un total estimé à environ  $180 \text{ m}^3$  sur l'ensemble du linéaire du tronçon 1.

## 6.5. Boulonnages

Les instabilités suivantes seront à conforter par des barres d'ancrages passives :

| SECTEUR | INSTAB.                | NBRE / TYPE DE BARRE                | LONGUEUR SCLEE MINIMUM (AU-DELA DE LA FRACTURE) | INCL. | Ø FORAGE MINIMUM (TAILLANT) |
|---------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|-------|-----------------------------|
| Y       | I2a, I2b, I2c et I2d   | 1 barre<br>HA 500 Ø 25 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
| X       | I5                     | 1 barre<br>HA 500 Ø 25 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I8                     | 1 barre<br>HA 500 Ø 25 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I9bis                  | 3 barres<br>HA 500 Ø 28 mm          | 2.00 m                                          | 30°   | 68 mm                       |
|         | I10 Masses diverses    | 1 barre<br>HA 500 Ø 25 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I10bis                 | 8 barres<br>HA 500 Ø 25 mm          | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I11 Masses diverses    | 1 barre<br>HA 500 Ø 25 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I12                    | 2 barres<br>HA 500 Ø 25 mm          | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I13                    | 5 barres<br>HA 500 Ø 25 mm          | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I14                    | 1 barre<br>HA 500 Ø 25 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
|         | I14bis                 | 2 barres<br>HA 500 Ø 25 mm          | 2.00 m                                          | 10°   | 55 mm                       |
| V       | I22 Ecaille principale | 2 barres<br>HA 500 Ø 25 mm          | 2.00 m                                          | 5°    | 55 mm                       |
|         | I22 Ecaille secondaire | 1 barre<br>HA 500 Ø 25 mm           | 2.00 m                                          | 5°    | 55 mm                       |
| T       | I24 Masse principale   | 3 barres<br>HA 500 Ø 28 mm          | 2.00 m                                          | 10°   | 68 mm                       |
|         | I24 Masses secondaires | 1 barre<br>HA 500 Ø 28 mm par masse | 2.00 m                                          | 10°   | 68 mm                       |
|         | I25a                   | 3 barres<br>HA 500 Ø 28 mm          | 2.00 m                                          | 10°   | 68 mm                       |
|         | I25b                   | 1 barre<br>HA 500 Ø 28 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 68 mm                       |
|         | I25c                   | 1 barre<br>HA 500 Ø 28 mm           | 2.00 m                                          | 10°   | 68 mm                       |



| SECTEUR | INSTAB. | NBRE / TYPE DE BARRE       | LONGUEUR SCLEE MINIMUM (AU-DELA DE LA FRACTURE) | INCL. | Ø FORAGE MINIMUM (TAILLANT) |
|---------|---------|----------------------------|-------------------------------------------------|-------|-----------------------------|
|         | I26     | 3 barres<br>HA 500 Ø 28 mm | 2.00 m                                          | 10°   | 68 mm                       |
|         | I27     | 1 barre<br>HA 500 Ø 28 mm  | 2.00 m                                          | 10°   | 68 mm                       |

Une pré-implantation des boulons d'ancrage est présentée sur les plans d'exécution en annexe 6. L'implantation définitive sera définie lors de la phase de suivi d'exécution.

## 6.6. Grillages plaqués

### Instabilités I2, I8 et « zone de la grotte »

La géométrie globale des ouvrages est décrite dans le tableau suivant :

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GRILLAGE        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Type DELTAX® G80/2, maille rhomboïdale, 101 x 175 mm, fil Ø 2.0 mm, 1 770 N/mm², galvanisé</li> <li>1 nappe</li> <li>Recul en tête de 2.00 m par rapport à la crête</li> </ul>                                                                                        |
| RIVE SUPERIEURE | <ul style="list-style-type: none"> <li>Barres HA 500 Ø 25 mm, espacement maximum : 3.00 m, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>1</sup>, forage (taillant) : Ø 55 mm minimum</li> <li>Câble Ø 16 mm, nuance 1770 N/mm², galvanisé à chaud classe A, interrompu tous les 12.00 m</li> </ul> |
| RIVE INFERIEURE | <ul style="list-style-type: none"> <li>Barres HA 500 Ø 25 mm, espacement maximum : 4.00 m, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>2</sup>, forage (taillant) : Ø 55 mm minimum</li> <li>Câble Ø 12 mm, nuance 1770 N/mm², galvanisé à chaud classe A, interrompu tous les 12.00 m</li> </ul> |
| RIVES LATERALES | <ul style="list-style-type: none"> <li>Câble Ø 12 mm, nuance 1770 N/mm², galvanisé à chaud classe A.</li> </ul>                                                                                                                                                                                              |
| PLACAGE         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Barres HA 500 Ø 25 mm, maillage 1 U / 10 m², longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>3</sup>, forage (taillant) : Ø 55 mm minimum</li> </ul>                                                                                                           |

Le tableau ci-après présente les surfaces estimées des grillages plaqués type DELTAX® G80/2 sur les secteurs concernés.

<sup>1</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;

<sup>2</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;

<sup>3</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;

| SECTEURS | INSTAB.           | LARGEUR  | LONGUEUR DEVELOPPEE <sup>1</sup> | SURFACE (Y COMPRIS RETRAIT EN TETE) <sup>2</sup> | OBSERVATIONS                                                            |
|----------|-------------------|----------|----------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Y        | I2                | 14.00 ml | 7.00 m                           | 160 m <sup>2</sup>                               | Grillage plaqué toute hauteur<br><b>Nbre d'ancrages : 24</b>            |
| X        | I8                | 20.00 ml | 9.00 m                           | 270 m <sup>2</sup>                               | Grillage plaqué toute hauteur<br><b>Nbre d'ancrages : 35</b>            |
| T        | Zone de la grotte | 18.00 ml | 7.00 m                           | 200 m <sup>2</sup>                               | Grillage plaqué en partie haute du front<br><b>Nbre d'ancrages : 28</b> |

Une pré-implantation des grillages plaqués est présentée sur les plans d'exécution en annexe 6. L'implantation définitive sera définie lors de la phase de suivi d'exécution.

### Instabilités I25 à 27

La géométrie globale des ouvrages est décrite dans le tableau suivant :

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GRILLAGE        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Type TECCO® G65/3, maille rhomboïdale, 83 x 143 mm, fil Ø 3.0 mm, 1 770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé</li> <li>1 nappe</li> <li>Recul en tête de 3.00 m par rapport à la crête</li> </ul>                                                                                          |
| RIVE SUPERIEURE | <ul style="list-style-type: none"> <li>Barres HA 500 Ø 28 mm, espacement maximum : 2.00 m, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>3</sup>, forage (taillant) : Ø 68 mm minimum</li> <li>Câble Ø 12 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A, interrompu tous les 12.00 m</li> </ul> |
| RIVE INFÉRIEURE | <ul style="list-style-type: none"> <li>Barres HA 500 Ø 28 mm, espacement maximum : 2.00 m, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>4</sup>, forage (taillant) : Ø 68 mm minimum</li> <li>Câble Ø 12 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A, interrompu tous les 12.00 m</li> </ul> |
| RIVES LATÉRALES | <ul style="list-style-type: none"> <li>Câble Ø 12 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A.</li> </ul>                                                                                                                                                                                              |
| PLACAGE         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Barres HA 500 Ø 28 mm, espacement horizontal : 2.00 m, espacement vertical : 1.50 m, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>5</sup>, forage (taillant) : Ø 68 mm minimum</li> </ul>                                                                              |

Le tableau ci-après présente les surfaces estimées du grillage plaqué type TECCO® G65/3 sur le secteur concerné.

<sup>1</sup> Correspondant à la longueur moyenne effective du versant (parallèle à la pente) ;

<sup>2</sup> Augmentée de 20% (prise en compte des irrégularités du versant) et arrondie à la dizaine supérieure ;

<sup>3</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;

<sup>4</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;

<sup>5</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;



| SECTEUR | INSTAB.   | LARGEUR  | LONGUEUR DEVELOPPEE <sup>1</sup> | SURFACE (Y COMPRIS RETRAIT EN TETE) <sup>2</sup> | OBSERVATIONS                                                 |
|---------|-----------|----------|----------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| T       | I25 à I27 | 25.00 ml | 5.00 m                           | 240 m <sup>2</sup>                               | Grillage plaqué toute hauteur<br><b>Nbre d'ancrages : 77</b> |

Une pré-implantation des grillages plaqués est présentée sur les plans d'exécution en annexe 6. L'implantation définitive sera définie lors de la phase de suivi d'exécution.

## 6.7. Filets plaqués

La géométrie globale des ouvrages est décrite dans le tableau suivant :

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FILLET           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filet de câbles Ø 8 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A, maille 250 x 250 mm</li> <li>• Câble périphérique : câble Ø 16 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A</li> <li>• Recul en tête de 2.00 m par rapport à la crête</li> <li>• Retours latéraux de 1.00 m de part et d'autre de la masse rocheuse</li> </ul> |
| ANCRAGES PERIPH. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Barres HA 500 Ø 28 mm, espacement maximum : 3.00 m, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>3</sup>, forage (taillant) : Ø 68 mm minimum</li> <li>• Elingues : câble Ø 16 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A</li> </ul>                                                                                                 |
| PLACAGE          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Barres HA 500 Ø 28 mm, longueur scellée (au rocher sain) : 2.00 m minimum<sup>4</sup>, forage (taillant) : Ø 68 mm minimum</li> <li>• <i>Câblage éventuel : câble Ø 16 mm, nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A</i></li> </ul>                                                                                                               |

Le tableau ci-après présente les surfaces estimées du filet plaqué sur le secteur concerné.

| SECTEUR | INSTAB. | LARGEUR  | LONGUEUR DEVELOPPEE <sup>5</sup> | SURFACE (Y COMPRIS RETRAIT + RETOURS) <sup>6</sup> | OBSERVATIONS                                              |
|---------|---------|----------|----------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| X       | I8      | 10.00 ml | 5.00 m                           | 90 m <sup>2</sup>                                  | Filet plaqué toute hauteur<br><b>Nbre d'ancrages : 24</b> |

Une pré-implantation des grillages plaqués est présentée sur les plans d'exécution en annexe 6. L'implantation définitive sera définie lors de la phase de suivi d'exécution.

<sup>1</sup> Correspondant à la longueur moyenne effective du versant (parallèle à la pente) ;

<sup>2</sup> Augmentée de 20% (prise en compte des irrégularités du versant) et arrondie à la dizaine supérieure ;

<sup>3</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;

<sup>4</sup> Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon les règles BAEL ;

<sup>5</sup> Correspondant à la longueur moyenne effective du versant (parallèle à la pente) ;

<sup>6</sup> Arrondie à la dizaine supérieure.

## 6.8. Récapitulatif des quantités

| FOURNITURES                              | UNITE | SECTEURS                |     |   |    |   |     | TOTAL  |
|------------------------------------------|-------|-------------------------|-----|---|----|---|-----|--------|
|                                          |       | Y                       | X   | W | V  | U | T   |        |
| Boulonnages                              |       |                         |     |   |    |   |     |        |
| Barre HA 500 Ø 25 mm                     | ml    | 12                      | 102 |   | 12 |   |     | 126 ml |
|                                          |       | Provision pour imprévus |     |   |    |   |     | 40 ml  |
| Barre HA 500 Ø 28 mm                     | ml    |                         | 12  |   |    |   | 56  | 68 ml  |
|                                          |       | Provision pour imprévus |     |   |    |   |     | 20 ml  |
| Plaque d'appui Ø 200 x 10 mm + Ecrou     | U     | 4                       | 26  |   | 3  |   | 17  | 50 U   |
|                                          |       | Provision pour imprévus |     |   |    |   |     | 10 U   |
| Grillages plaqués type DELTAX® G80/2     |       |                         |     |   |    |   |     |        |
| Grillage type DELTAX® G80/2              | m²    | 160                     | 270 |   |    |   | 200 | 630 m² |
| Barre HA 500 Ø 25 mm                     | ml    | 48                      | 70  |   |    |   | 56  | 174 ml |
| Plaque d'appui 200 x 200 x 10 mm + Ecrou | U     | 24                      | 35  |   |    |   | 28  | 87 U   |
| Câble Ø 12 mm                            | ml    | 60                      | 70  |   |    |   | 60  | 190 ml |
| Grillages plaqués type TECCO® G65/3      |       |                         |     |   |    |   |     |        |
| Grillage type TECCO® G65/3               | m²    |                         |     |   |    |   | 240 | 240 m² |
| Barre HA 500 Ø 28 mm                     | ml    |                         |     |   |    |   | 231 | 231 ml |
| Plaque à griffes de type P33 + Ecrou     | U     |                         |     |   |    |   | 77  | 77 U   |



| FOURNITURES                                 | UNITE | SECTEURS  |    |   |   |   |    | TOTAL |
|---------------------------------------------|-------|-----------|----|---|---|---|----|-------|
|                                             |       | Y         | X  | W | V | U | T  |       |
| Câble Ø 12 mm                               | ml    |           |    |   |   |   | 80 | 80 ml |
| <b>Filets plaqués</b>                       |       |           |    |   |   |   |    |       |
| Filet de câbles Ø 8 mm, maille 250 x 250 mm | m²    |           | 90 |   |   |   |    | 90 m² |
| Barre HA 500 Ø 28 mm                        | ml    |           | 96 |   |   |   |    | 96 ml |
| Plaque d'appui 200 x 200 x 10 mm + Ecrou    | U     |           | 24 |   |   |   |    | 24 U  |
| Câble Ø 16 mm                               | ml    |           | 20 |   |   |   |    | 20 ml |
| Câble Ø 16 mm (placage)                     | ml    | Provision |    |   |   |   |    | 30 ml |

| FOURNITURES                                 | UNITE          | TOTAL              |
|---------------------------------------------|----------------|--------------------|
| Grillage type DELTAX® G80/2                 | m <sup>2</sup> | 630 m <sup>2</sup> |
| Grillage type TECCO® G65/3                  | m <sup>2</sup> | 240 m <sup>2</sup> |
| Filet de câbles Ø 8 mm, maille 250 x 250 mm | m <sup>2</sup> | 90 m <sup>2</sup>  |
| Barre HA 500 Ø 25 mm                        | ml             | 340 ml             |
| Barre HA 500 Ø 28 mm                        | ml             | 319 ml             |
| Plaque d'appui Ø 200 x 10 mm + Erou         | U              | 60 U               |
| Plaque d'appui 200 x 200 x 10 mm + Erou     | U              | 111 U              |
| Plaque à griffes de type P33 + Erou         | U              | 77 U               |
| Câble Ø 16 mm                               | ml             | 50 ml              |
| Câble Ø 12 mm                               | ml             | 270 ml             |

## 6.9. Installations – Accès au chantier

L'emplacement des installations de chantier est laissé à l'initiative de l'entreprise, en accord avec la MOE/MOA et les contraintes du site.

Les accès se feront par la RD 9G.

Les moyens de levage pourront être mécanisés (chariot élévateur, grue mobile, ...).

## 6.10. Contraintes de chantier / Zones réglementées

### ZNIEFF I et II

Les travaux sont dans l'emprise de la ZNIEFF type I – Gorges de la Save et vallée de la Seygouade.

Les travaux sont hors emprise de la zone ZNIEFF type II.

### NATURA 2000

Les travaux sont hors de l'emprise de la zone NATURA.

### Patrimoine

L'Atlas des patrimoines recense plusieurs zonages sur l'emprise des travaux :

- Monument historique – Ensemble des grottes et abris préhistoriques de la vallée de la Save ;



- Site classé – AC2 SC Château ruines parcelle terrain qui les contient Lespugue ;
- Site inscrit – AC2 SI Gorges de la Save.

Les Gorges de la Save présentent par ailleurs un potentiel archéologique.

Les contraintes qui en découlent (étude d'impact, demande d'autorisation de travaux, mise en défens d'espèces endémiques, ...) ne sont pas prises en compte dans ce rapport Projet (ni en majoration des coûts, ni des délais).

## 6.11. Estimation du montant des travaux

*Les montants fournis ne sont qu'indicatifs, ils résultent de prix unitaires obtenus à partir de consultations d'entreprises ou d'appels d'offres antérieurs pour des marchés concernant les travaux spéciaux. Seule une consultation d'entreprises permettra d'avoir un montant précis des travaux.*

L'estimation présentée ci-après est donnée à titre d'exemple, hors études / travaux complémentaires éventuels (environnementales et patrimoniales), et hors coûts des visites préalables par le conducteur de travaux et/ou le chef de chantier.

| DESIGNATION DES PRESTATIONS                                            | QUANTITE | PRIX UNITAIRES HT | MONTANT HT |
|------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------|------------|
| <b>Travaux généraux – Documents à remettre</b>                         |          |                   |            |
| Installation de chantier                                               | 1 F      | 10 000 €          | 10 000 €   |
| Signalisation / Protection                                             | 1 F      | 5 000 €           | 5 000 €    |
| Documents administratifs (PAQ – SOGED – PPSPS)                         | 1 F      | 1 500 €           | 1 500 €    |
| Documents techniques (Etude d'EXEcution G3, Dossier Ouvrages Exécutés) | 1 F      | 5 000 €           | 5 000 €    |
| <b>Travaux préparatoires</b>                                           |          |                   |            |
| Dévégétalisation                                                       | 10 J/eq  | 900 €             | 9 000 €    |
| Purges manuelles                                                       | 20 J/eq  | 800 €             | 12 000 €   |
| Déroctages généraux                                                    | 10 J     | 1 200 €           | 12 000 €   |
| Déroctages I1 et I14ter                                                | 90 m³    | 50 €/m³           | 4 500 €    |
| <b>Dispositif de confortements et de sécurisations</b>                 |          |                   |            |
| <b>Ancrages ponctuels</b>                                              |          |                   |            |

|                                             |        |         |                     |
|---------------------------------------------|--------|---------|---------------------|
| Ancrages de confortement Ø 25 mm            | 166 ml | 80 €/ml | 13 280 €            |
| Ancrages de confortement Ø 28 mm            | 88 ml  | 85 €/ml | 7 480 €             |
| <b>Grillages plaqués type DELTAX® G80/2</b> |        |         |                     |
| Grillage type DELTAX® G80/2                 | 630 m² | 25 €/m² | 15 750.00 €         |
| Ancrages Ø 25 mm                            | 174 ml | 80 €/ml | 13 920.00 €         |
| Câbles Ø 12 mm                              | 190 ml | 15 €/ml | 2 850.00 €          |
| <b>Grillages plaqués type TECCO® G65/3</b>  |        |         |                     |
| Grillage type TECCO® G65/3                  | 240 m² | 70 €/m² | 16 800.00 €         |
| Ancrages Ø 28 mm                            | 231 ml | 85 €/ml | 19 635.00 €         |
| Câbles Ø 12 mm                              | 80 ml  | 15 €/ml | 1 200.00 €          |
| <b>Filets plaqués</b>                       |        |         |                     |
| Filet de câbles Ø 8 mm, maille 250 x 250 mm | 90 m²  | 70 €/m² | 6 300.00 €          |
| Ancrages Ø 28 mm                            | 96 ml  | 85 €/ml | 8 160.00 €          |
| Câbles Ø 16 mm                              | 20 ml  | 20 €/ml | 400.00 €            |
| <b>Essais et contrôles</b>                  |        |         |                     |
| Essais de conformité sur ancrage            | 5      | 750     | 3 750.00 €          |
| Essais de contrôle sur ancrages             | 5      | 550     | 2 750.00 €          |
| Contrôles sur coulis de scellement          | 3      | 150     | 450.00 €            |
| <b>TOTAL HT</b>                             |        |         | <b>171 725.00 €</b> |

## 6.12. Estimation du délai des travaux / Planning

La durée des travaux de base est estimée à **2.5 mois**.



En raison de contraintes environnementale (hibernation des chyroptères), il est envisagé avec le Maître d'Ouvrage un phasage des travaux en 2 tranches :

- Tranche 1 – Mi-Janvier / Mi-Mars 2026 : travaux sur les secteurs Y, X, W et V (hors instabilité I22) ;
- Tranche 2 – Mars / Mi-Avril 2026 : travaux sur les secteurs V (instabilité I22) et T.

Ci-après est proposé un planning prévisionnel. Il pourra faire l'objet d'adaptations en cours de chantier notamment en optimisant certaines prestations concomitantes.

| PRESTATION                                                                     | SEMAINE | JANVIER |    |    |    | FEVRIER |    |    |    | MARS |     |     |     | AVRIL |     |     |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|----|----|----|---------|----|----|----|------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
|                                                                                |         | S1      | S2 | S3 | S4 | S5      | S6 | S7 | S8 | S9   | S10 | S11 | S12 | S13   | S14 | S15 | S16 |
| Préparation du chantier                                                        |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Installation de l'entreprise                                                   |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Essais de conformités (ancrages + essais) – Tranche 1                          |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Etude G3 (vérification dimensionnement grillages / filets plaqués) – Tranche 1 |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Dévégétalisation / Abattages sélectifs – Tranche 1                             |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Purges manuelles contrôlées / Déroctages – Tranche 1                           |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Ancrages (boulonnages + grillages / filets plaqués) – Tranche 1                |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Essais de contrôle – Tranche 1                                                 |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Grillages / Filets plaqués – Tranche 1                                         |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Essais de conformités (ancrages + essais) – Tranche 2                          |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Etude G3 (vérification dimensionnement grillages / filets plaqués) – Tranche 2 |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Dévégétalisation / Abattages sélectifs – Tranche 2                             |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Purges manuelles contrôlées / Déroctages – Tranche 2                           |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Ancrages (boulonnages + grillages / filets plaqués) – Tranche 2                |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |





| PRESTATION                     | MOIS    | JANVIER |    |    |    | FEVRIER |    |    |    | MARS |     |     |     | AVRIL |     |     |     |
|--------------------------------|---------|---------|----|----|----|---------|----|----|----|------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
|                                | SEMAINE | S1      | S2 | S3 | S4 | S5      | S6 | S7 | S8 | S9   | S10 | S11 | S12 | S13   | S14 | S15 | S16 |
| Essais de contrôle – Tranche 2 |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Grillages plaqués – Tranche 2  |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |
| Repli de l'entreprise          |         |         |    |    |    |         |    |    |    |      |     |     |     |       |     |     |     |

## 7. Matériaux constitutifs

### 7.1. Grillages

#### Type DELTAX® (ou équivalent)

- Système retenu (ou équivalent) : type DELTAX® G80/2
- Résistance du filet à la traction longitudinale :  $\geq 53 \text{ kN/m}^2$
- Diamètre intérieur de la maille : 82 mm
- Diamètre du fil : 2 mm
- Limite élastique du fil :  $\geq 1\,770 \text{ N/mm}^2$
- Plaques à griffes : 330 x 205 x 7 mm

#### Type TECCO® (ou équivalent)

- Système retenu (ou équivalent) : type TECCO® G65/3 associé aux plaques à griffes P33
- Résistance du filet à la traction :  $\geq 150 \text{ kN/m}^2$
- Résistance du filet au poinçonnement :  $\geq 180 \text{ kN/m}^2$
- Résistance du filet au cisaillement :  $\geq 90 \text{ kN/m}^2$
- Diamètre intérieur de la maille : 65 mm
- Diamètre du fil : 3 mm
- Limite élastique du fil :  $\geq 1\,770 \text{ N/mm}^2$
- Plaques à griffes : 330 x 205 x 7 mm

### 7.2. Filets

- Filet de câbles  $\varnothing 8 \text{ mm}$ , nuance 1770 N/mm<sup>2</sup>, galvanisé à chaud classe A
- Maille : 250 x 250 mm
- Câble périphérique  $\varnothing 16 \text{ mm}$  (voir caractéristiques ci-après) tressé sur le pourtour

### 7.3. Barres d'ancrages

Les aciers H.A. des barres d'ancrages sont de nuance 500 / 550 N/mm<sup>2</sup> classe IV.

Il s'agit de barres pleines vissables sur toute leur longueur de diamètre 25 et 28 mm.

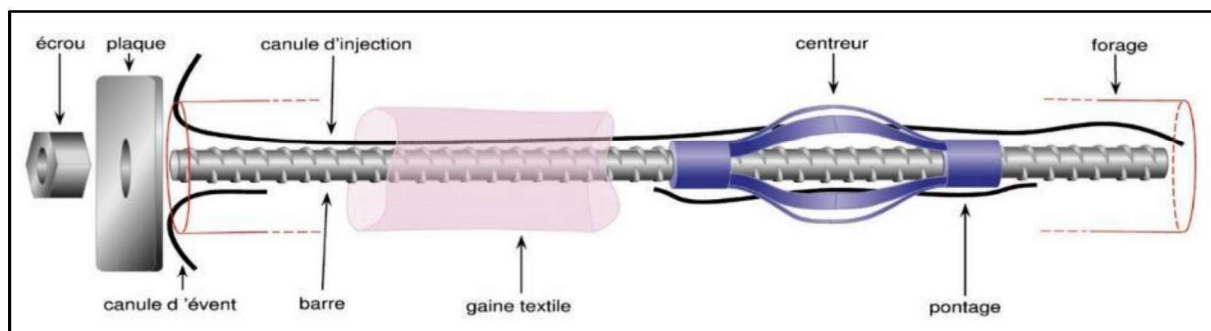
Les barres d'ancrages seront équipées de 2 centreurs minimum, espacés au maximum de 2.00 m, et d'une canule d'injection permettant l'injection du coulis à partir du fond du trou. Cette injection se fera gravitairement au coulis de ciment CEM I 52,5 N PM ES CP2 (rapport C/E compris entre 1.8 et 2.2).



Les plaques d'appui ronde, de dimensions  $\varnothing 200 \times 10$  mm pour les ancrages  $\varnothing 25$  et  $28$  mm, sont en acier galvanisé classe A de nuance S235 défini par la Norme EN 10 025-2. Elles sont associées à un écrou électro-zingué.

Pour les grillages plaqués type DELTAX®, les ancrages seront équipés de plaques d'appui carré  $200 \times 200 \times 10$  mm.

Pour les grillages plaqués type TECCO®, les ancrages seront équipés de plaques à griffes de type P33.



Vue schématique d'un boulon scellé au coulis de ciment et de ses principaux constituants et manchonnage – Source : Cerema

## 7.4. Câbles

Il s'agit de câbles multi-toron en acier de nuance  $1770 \text{ N/mm}^2$  agencés en  $6 \times 19$  fils autour d'une âme métallique (mention 6 X 19 IWRC). Les câbles à âme textile sont interdits.

Ces câbles sont galvanisés à chaud classe A suivant la norme NF EN 12385-4+A1.

### Diamètre :

- 16 mm pour les câbles de filet plaqué
- 12 mm pour les câbles de grillage plaqué

### Valeurs de rupture minimale en fonction du diamètre du câble :

- Câble  $\varnothing 16 \text{ mm}$  → 161 kN
- Câble  $\varnothing 12 \text{ mm}$  → 90.70 kN

## 7.5. Cosses cœurs

Les cosses cœurs ont une largeur adaptée aux câbles utilisés.

Le rayon de courbure de la partie fermée est au moins égal à trois fois le diamètre du câble.

Les cosses cœurs sont galvanisés classe A suivant la norme NF EN ISO 2081.

## 7.6. Serre-câbles

Les serre-câbles sont de type B selon la Norme EN 13411-5 (Green Pin® ou équivalent).

Les serre-câbles sont galvanisés classe A selon la norme NF EN 10244-2.

Le diamètre des serre-câbles est adapté à celui du câble utilisé.

En sollicitation statique, l'écartement entre chaque serre-câbles est compris entre 1,5 et 3 fois la largeur de l'embase du serre-câble. En sollicitation dynamique, l'écartement entre chaque serre-câbles est au minimum de 6 à 8 fois le diamètre du câble utilisé.

Le nombre de serres-câble et le couple de serrage sont fonction du diamètre du câble utilisé et du type de serres-câble employés. Ils sont définis par la Norme NF EN 13411-5.

- Câble Ø 16 mm → 

|                                                      |
|------------------------------------------------------|
| Nombre de serres-câbles Green Pin® ou équivalent : 3 |
| Couple de serrage : 129.0 N.m                        |
- Câble Ø 12 mm → 

|                                                      |
|------------------------------------------------------|
| Nombre de serres-câbles Green Pin® ou équivalent : 3 |
| Couple de serrage : 88.0 N.m                         |



## 8. Dispositions techniques particulières

### Essais et contrôles

- Essais de conformité sur ancrages – 5 U (*A réaliser au début du chantier*) ;
- Essais de contrôle sur ancrages – 5 U ;
- Essais de contrôle sur coulis – 3 U.

### Normes et procédure d'exécution des essais sur ancrages

La procédure des essais sera conforme à la Norme NF P 94-242-1 pour les scellements répartis en sols meubles et à la Norme XP P 94-444 pour les scellements directs au rocher.

Le dispositif de mesure du déplacement axial de la tête de l'ancrage devra avoir une incertitude de mesure inférieure à 0.1 mm.

Le massif de réaction devra être dimensionné pour résister sans déformation notable aux tensions appliquées lors des essais et avoir ses appuis placés en dehors de la zone d'influence de l'ancrage.

Pour chaque essai, un PV d'essai sera dressé. Il devra mentionner la norme utilisée, la date et l'heure de l'essai, l'identité du vérificateur, l'identification de l'ancrage testé, la nature et la géométrie de l'ancrage testé, les valeurs mesurées en cours d'essai conformément à la Norme utilisée et une présentation des résultats sous forme d'un graphique avec conclusions de l'essai.

### Essais de conformité sur ancrages

**5 essais de conformité** seront réalisés au début du chantier préalablement à la réalisation des ancrages. L'objectif de ces essais est de déterminer le coefficient de frottement latéral  $Q_s$  des terrains.

Les clous réalisés à cet effet ne seront pas réutilisés, ni inclus dans les ouvrages.

La foration des ancrages ne pourra commencer qu'une fois les essais de conformité réalisés par l'entreprise et validés par le Maître d'Œuvre.

### Essais de contrôle sur ancrages

Pendant les travaux, il est prévu de réaliser **5 essais de contrôle** d'exécution sur les ancrages. Le choix des clous d'essai sera défini par le Maître d'œuvre. Pour la réalisation des essais de contrôle, la traction maximale sur l'ancrage sera déterminée par le Maître d'œuvre.

Ces essais seront effectués au cours de l'exécution après une prise d'**au moins 5 jours du coulis**.

**Conformité** – Les ancrages réalisés à cet effet pourront être inclus dans l'ouvrage si aucun phénomène de fluage ou de rupture n'apparaît au dépouillement.

**Non-conformité** – Les ancrages testés montrant une non-conformité (rupture ou fluage) seront refaits aux frais de l'entreprise. Ils pourront faire l'objet de nouveaux essais de contrôle.

### Essais de contrôle sur coulis

Le coulis de scellement devra être vérifié par des essais de laboratoire de type : mesure de densité apparent et résistance à la compression (à 7 jours et à 28 jours) à chaque phase d'injection des ancrages du chantier.

Pendant les travaux, il est prévu de réaliser **3 essais de contrôle sur coulis**.



## 9. Surveillance et entretien des ouvrages

La **surveillance** nécessitera :

- **des visites annuelles** (et au lendemain d'un événement majeur : épisode pluvieux intense, séisme, éboulement, ...), afin de contrôler la sollicitation des ouvrages (présence de blocs dans les grillages et filets plaqués) et leur état global. A chaque visite, des photographies seront prises et un compte-rendu de visite sera rédigé ;
- **des inspections détaillées (tous les 3 ans)** dans le but d'inspecter les différents éléments constitutifs des ouvrages (grillage, ancrages, câbles, ...) et de valider leur intégrité et leur bon fonctionnement, ainsi que leur géométrie. Le cas échéant, elles permettront de définir un programme de travaux. Pour chaque ouvrage sera rédigée un PV d'inspection détaillée.

Les visites concerneront l'ensemble des confortements réalisés.

Tous les ouvrages préconisés ne peuvent être inspectés et entretenus par des agents d'entretien courant compte tenu du contexte acrobatique et d'exposition aux instabilités rocheuses.

Les interventions d'inspection et d'entretien doivent être menées par du personnel spécifique. Il pourra s'agir d'une part d'un BET spécialisé et d'autre part de l'entreprise de travaux ayant réalisé les ouvrages.

### 9.1. Boulonnages

La reprise de la protection anticorrosion par peinture des pièces métalliques – même galvanisées – (têtes de boulons : partie non scellée de la barre, plaque, écrou) : nettoyage par brossage des éléments corrodés puis application de deux couches de peintures anticorrosion. Le choix des peintures utilisées, leur épaisseur et le mode d'application devront correspondre à un des systèmes certifiés par l'ACQPA. La protection des plaques d'ancrage suppose leur démontage et leur repose après séchage, si la corrosion est trop importante leur remplacement sera envisagé.

La fréquence de l'entretien devra être **tous les 5 à 10 ans** (moins si constat de corrosion importante). Les préconisations émises sur les boulons de confortement sont applicables aux barres d'ancrages des grillages et filets plaqués.

### 9.2. Grillages et filets plaqués

Si un remplissage de l'ouvrage est constaté (poche de matériaux en pied ou en paroi, ouvrage dangereusement en tension) il conviendra d'envisager la purge des matériaux retenus pour permettre à l'ouvrage de conserver sa fonctionnalité.

La maintenance consiste donc à vidanger ces poches d'accumulation, ce qui peut nécessiter d'ouvrir ponctuellement le grillage, puis de réparer l'ouvrage par remise en tension du câble de pied ou de rappel en paroi et reprise des ligatures. Il conviendra d'éviter toute mise en tension excessive du grillage qui pourrait engendrer sa destruction.

Le remplacement d'éléments défectueux (grillage, filet, câbles et pièces d'accastillage : serre-câbles, cosses cœurs, manilles) peut également s'avérer nécessaire suite à la sollicitation de l'ouvrage ou si une corrosion importante et/ou anormale est observée.

Enfin il conviendra de procéder à de la dévégétalisation pour éviter que les arbres mettent le grillage en surtension (lorsque le diamètre des arbres devient supérieur à celui de la maille du grillage) et à la reprise de la protection anticorrosion par peinture des pièces métalliques non galvanisées (têtes de barres : partie non scellée de la barre, plaque, écrou) comme décrit précédemment.

La fréquence de l'entretien est fonction de la sollicitation de l'ouvrage (taux de remplissage observé, végétation). Ce qui nécessite d'organiser un suivi périodique (contrôle visuel régulier) avec rédaction de fiches de visites.

La fréquence de l'entretien devra être **tous les 5 à 10 ans** (moins si constat de corrosion importante) pour les barres d'ancrages.

Si les éléments relatifs à la protection anticorrosion peuvent se programmer avec une fréquence établie, les opérations de purge et réfection des ouvrages sont liées à l'évolution naturelle du talus rocheux et imposent au gestionnaire une certaine réactivité. Cette maintenance fait partie intégrante de la vie de ce type d'ouvrage.



## 10. Conclusion

L'aléa résultant est globalement qualifié de **MOYEN** à **FORT** vis-à-vis des chutes de pierres et de blocs, sur le Tronçon 1 des Gorges de la Save.

Ce niveau d'aléa impose la mise en place d'une stratégie de sécurisation.

Il est prévu la réalisation de :

- purges et déroctages mécanisés ;
- boulonnages de masses instables par des ancrages GEWI HA 500 Ø 25 mm et Ø 28 mm ;
- confinement des talus rocheux par grillage plaqué type DELTAX® G80/2 et TECCO® 65/3 ;
- confinement d'un amas rocheux par filet de câbles Ø 8 mm – maille : 250 x 250 mm – plaqué.

Préalablement à la réalisation des ancrages, une dévégétalisation et des purges préparatoires seront effectuées sur l'emprise des travaux.

La durée des travaux est estimée à **2.5 mois**.

Après réalisation des travaux, l'aléa résultant résiduel serait qualifié globalement de **TRES FAIBLE** à **FAIBLE**.

Cette étude géotechnique de Conception – Phase Projet (G2 PRO) devra être suivie lors des travaux par des études de réalisation (étude d'exécution G3 / supervision géotechnique G4).

A cet effet, nous restons à la disposition du demandeur pour poursuivre ces missions géotechniques.

### AVERTISSEMENT

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable pour leur exploitation. Ils sont la propriété du Conseil Départemental de Haute-Garonne (CD31) et ne peuvent être reproduits ou diffusés que dans ce cadre.

Ce document est provisoire. Toute nouvelle donnée remettra automatiquement en cause la validité des préconisations réalisées. Il conviendra en outre de contrôler la conformité des hypothèses tout au long de la phase de réalisation conformément à l'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique suivant la norme NF P 94-500 donc un extrait est placé en Annexe 1.