

GESTION D'INSTABILITÉ DE TALUS EN PHASE DE CHANTIER

LE CONTOURNEMENT DE COUVIN

Sarah GEENINCKX, SPW

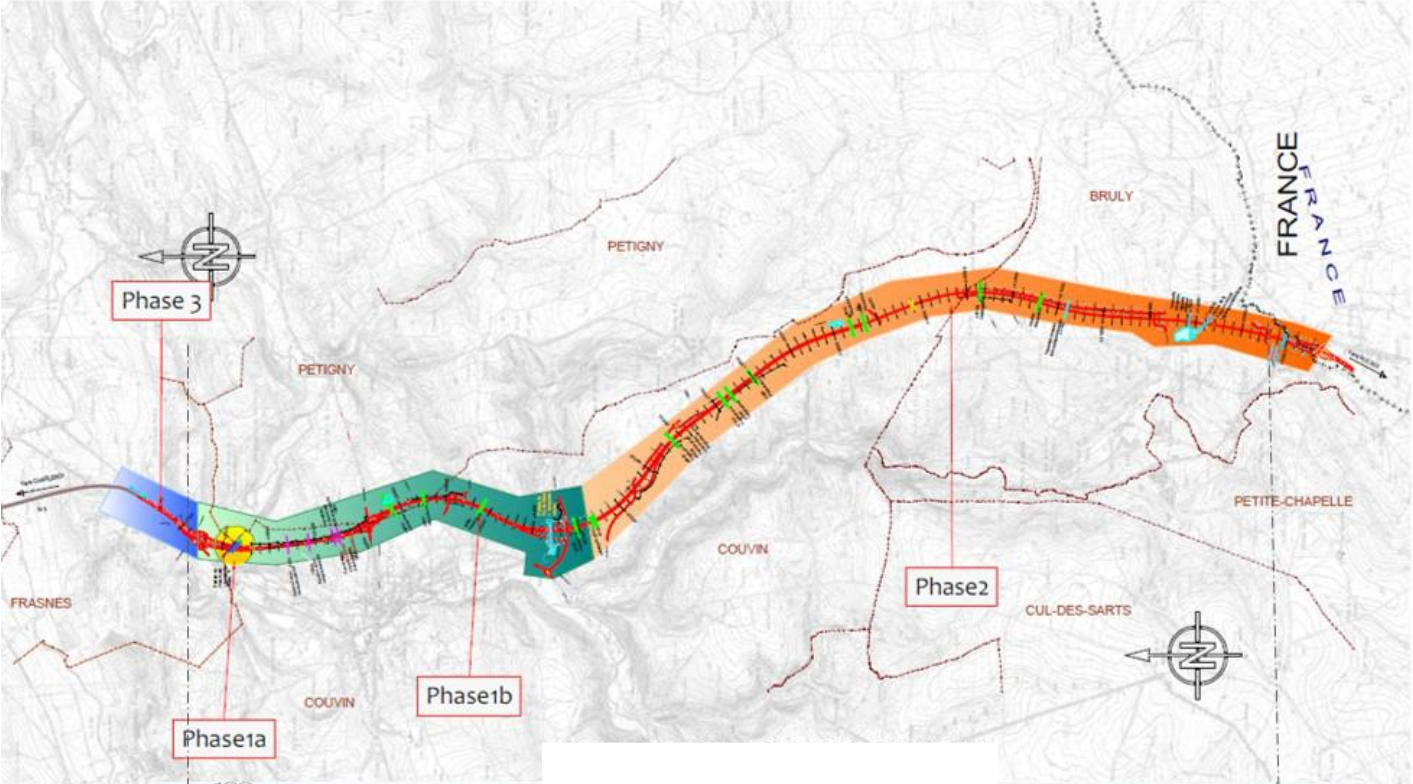
Nicolas CHARUE, GeoCoS



 **Wallonie**
mobilité infrastructures
SPW


GeoCoS
Geotechnical Consulting Services

Le contournement de Couvin c'est ~14 Km d'autoroute



En 3 phases (du nord au sud)

Phase 3 :
2 tranchées couvertes sous
voie SNCB

Phase 1 :
Contournement proprement dit
de 5.1 km

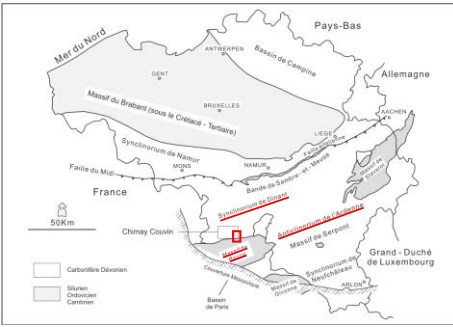
Phase 2 :
Liaison Couvin frontière française
de 8.7 km

Remblais/Déblais



Tranchée de l'Hermitage - D8 – max 33 m

Remblais du Ry de Rome – 45 m

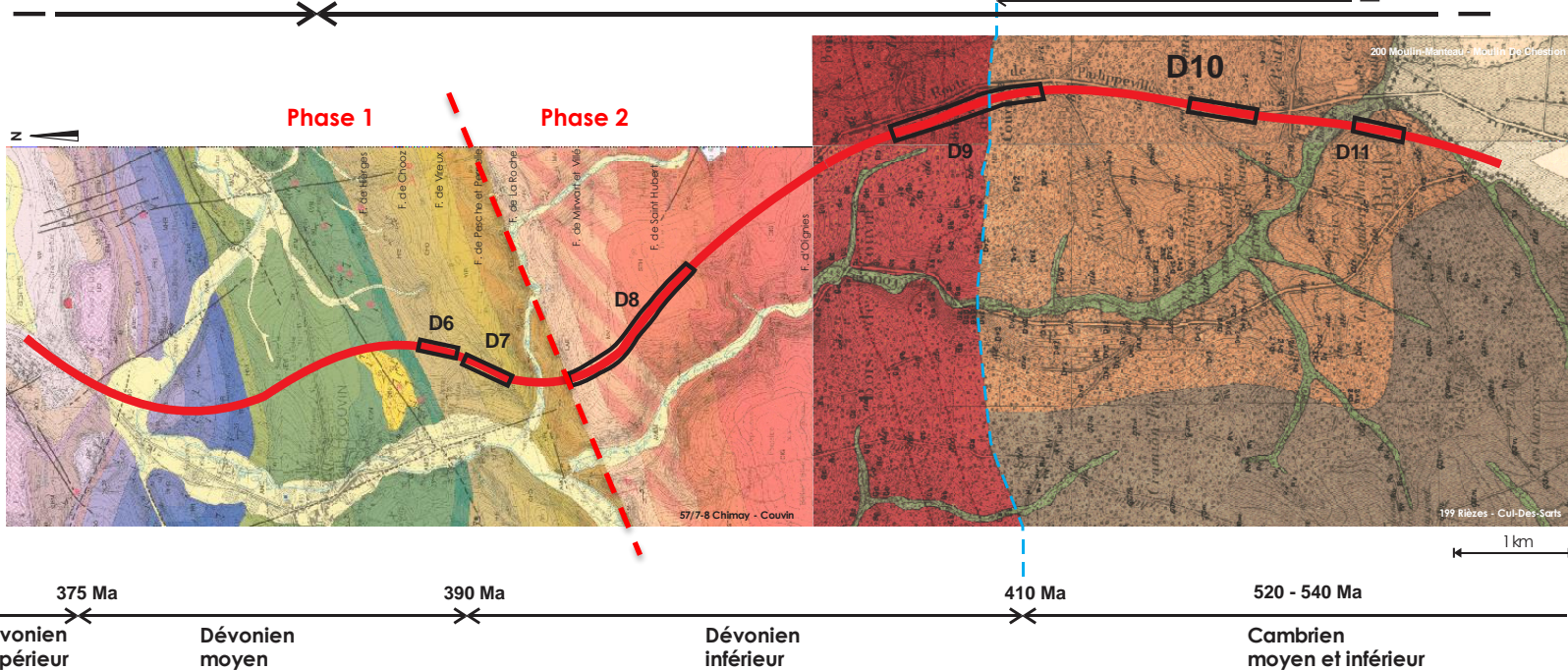


Synclinorium de Dinant

Anticlinorium de l'Ardenne

Discordance

Massif de Rocroi

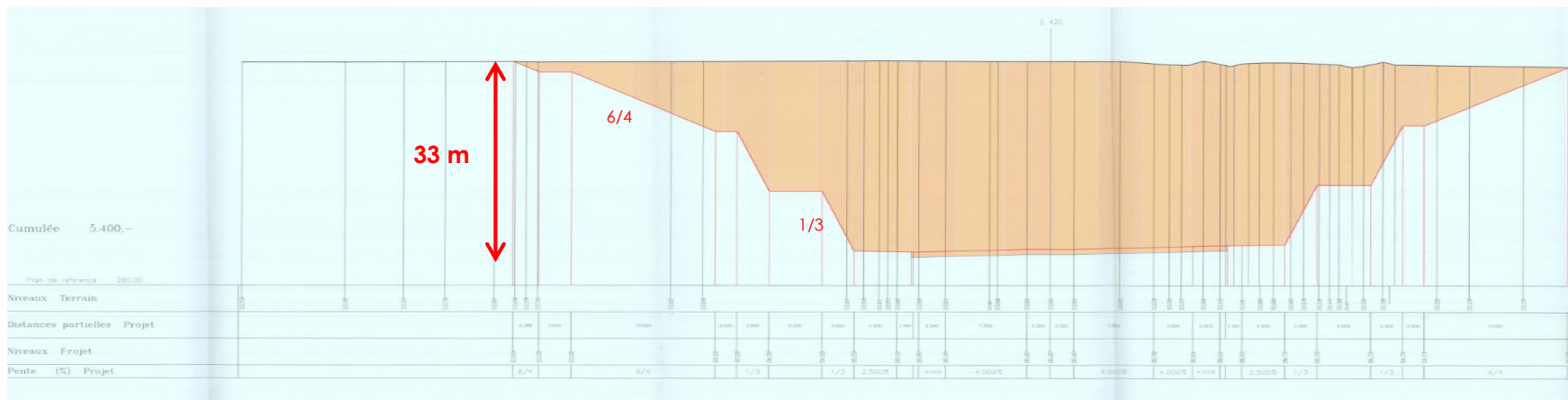


Phase 2 – Le projet

Exemple de profil en travers

Est

Ouest



D8 - Déblai de l'Hermitage

Du projet
au chantier ...



Mise au jour de structures géologiques très complexes

Fracturation intense du massif rocheux

→ **Dégradation de certains niveaux**
après excavation



Ameublissement local de certains niveaux

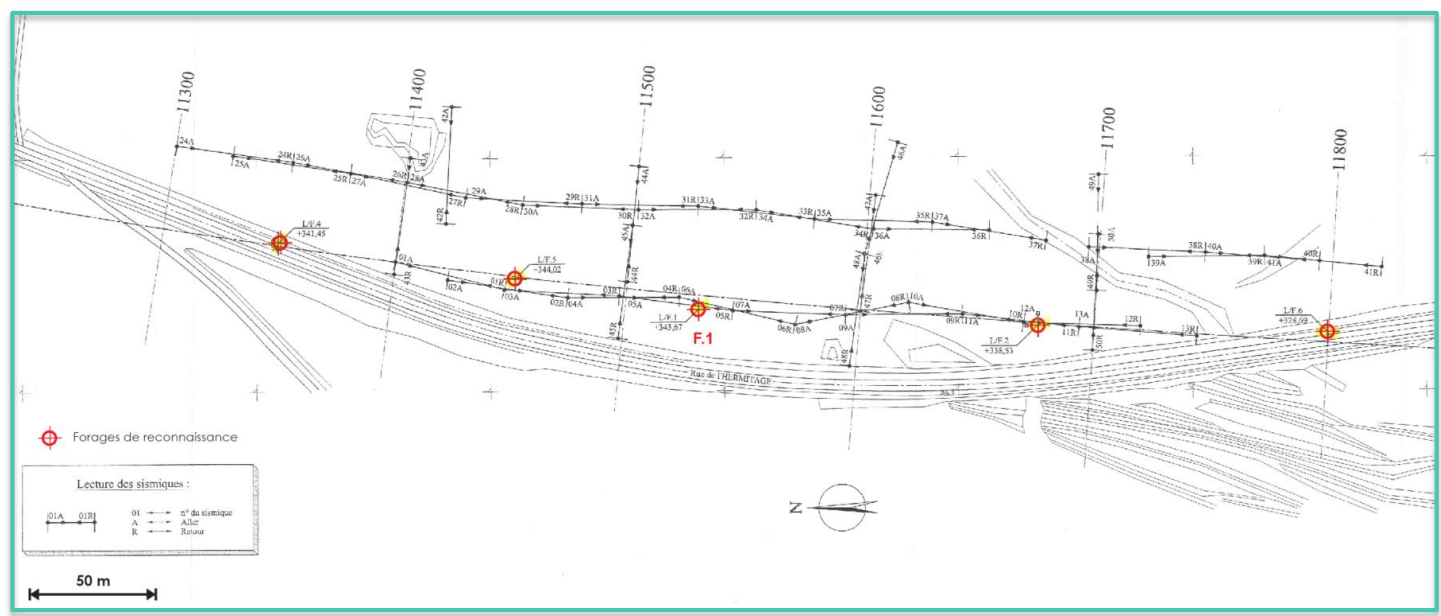


Fragmentation des éléments rocheux

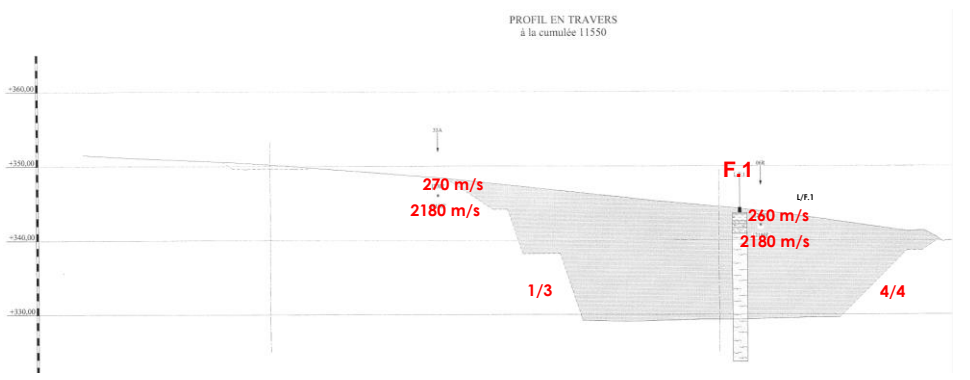
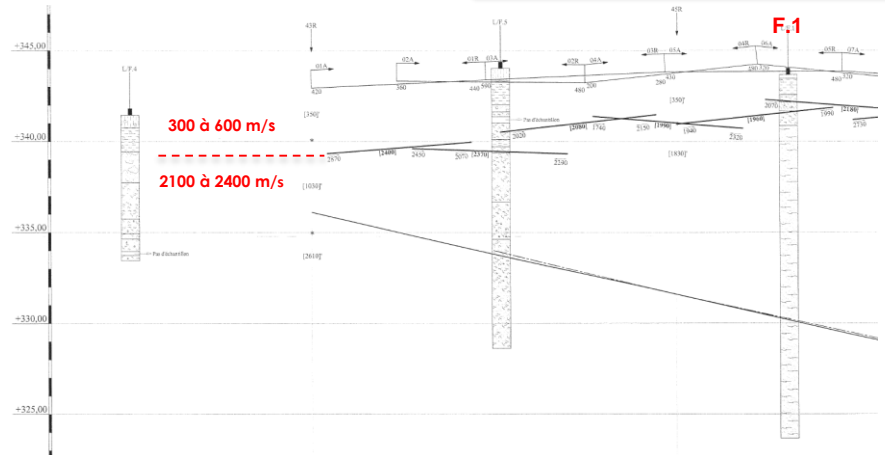
Le déblais D10

Reconnaisances

2003



Sismique réfraction





Indice de qualité.

IQ = Indice de qualité = Q/L.

L = Longueur (en cm) de la passe.

Q = Longueur cumulée (en cm) des carottes de longueur supérieure à 10 cm.

Passes (m)	L (cm)	Q (cm)	IQ (%)
1,10 - 1,50	40	0	0
1,50 - 2,00	50	0	0
2,00 - 3,00	100	26	26
3,00 - 4,00	100	72	72
4,00 - 5,00	100	86	86
5,00 - 6,00	100	79	79
6,00 - 7,00	100	80	80
7,00 - 8,00	100	87	87
8,00 - 9,00	100	88	88
9,00 - 10,00	100	72	72
10,00 - 11,00	100	87	87
11,00 - 12,00	100	91	91
12,00 - 13,00	100	81	81
13,00 - 14,00	100	68	68
14,00 - 15,00	100	69	69
15,00 - 16,00	100	82	82
16,00 - 17,00	100	79	79
17,00 - 18,00	100	80	80
18,00 - 19,00	100	89	89
19,00 - 20,00	100	88	88

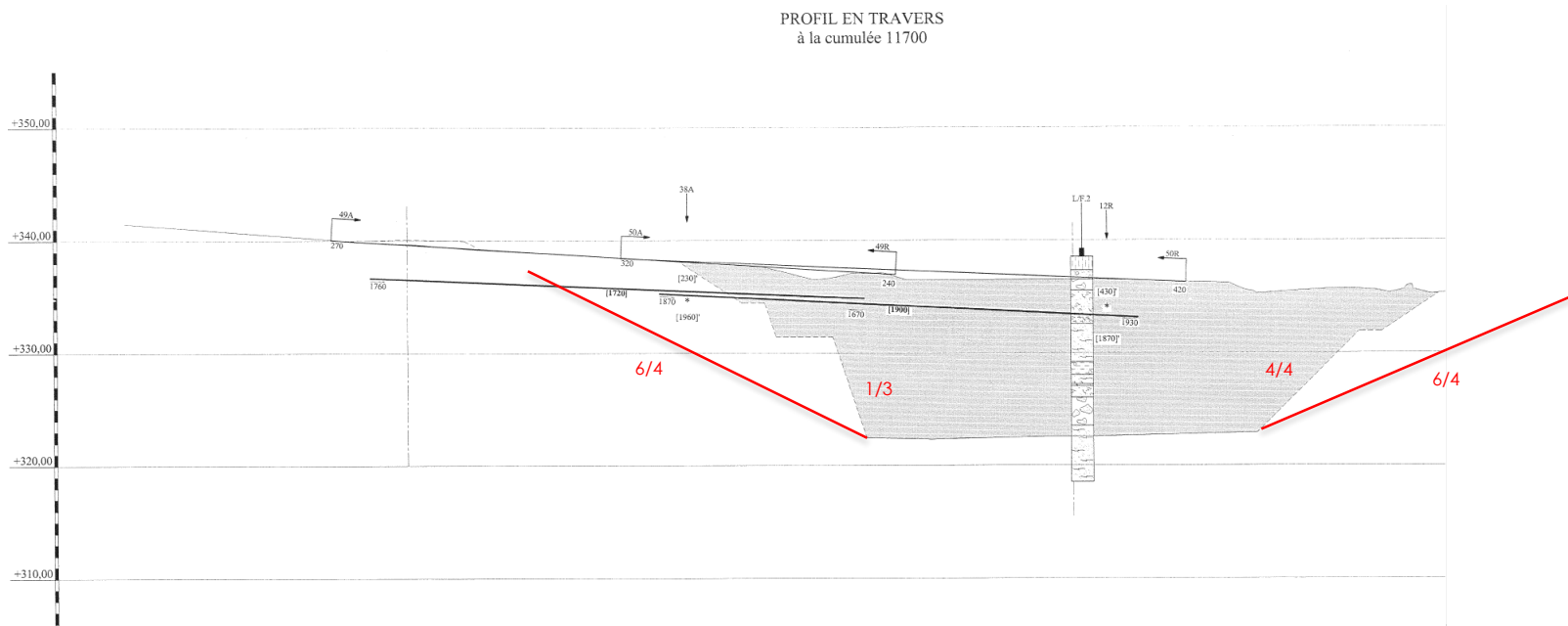
Interprétation géologique probable. (A. BOUFFIOUX)

de 0,00 m à 0,20 m : Colluvium (QUATERNAIRE).

de 0,20 m à 2,00 m : Grès et phyllades décomposés du Devillien supérieur Dv₂ (Cambrien inférieur, PRIMAIRE).

de 2,00 m à 20,00 m : Grès du Devillien supérieur Dv₂ (Cambrien inférieur, PRIMAIRE).

PROFIL EN TRAVERS
à la cumulée 11700



Du projet au chantier

Acte 2

Roches minées pour l'excavation des déblais



Fragmentation extrême des éléments rocheux



Ameublissement à l'échelle du déblai



Observations



Fissures et bourrelets dans la pente



Venues d'eau



Venue d'eau ponctuelle et ravines



Géologie locale

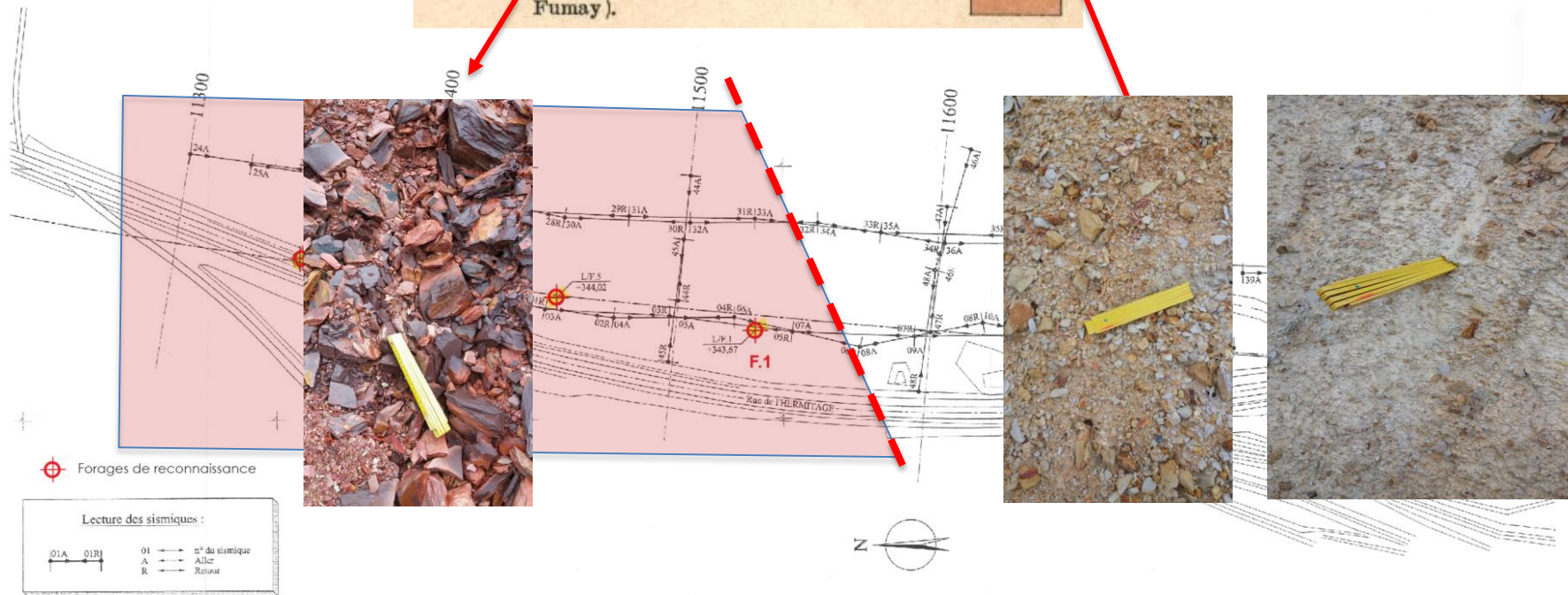
SYSTÈME CAMBRIEN

DEVILLIEN (Dv)

DEVILLIEN SUPÉRIEUR (Dv2)

Dv2 Phyllade verdâtre et quartzite verdâtre ou blanchâtre.

Phyllades violets oligistifères. (Ardoises de Fumay).



Forages de reconnaissance

Lecture des sismiques :

01A 01R 01 — n° du sismique
A — Allée
R — Retour

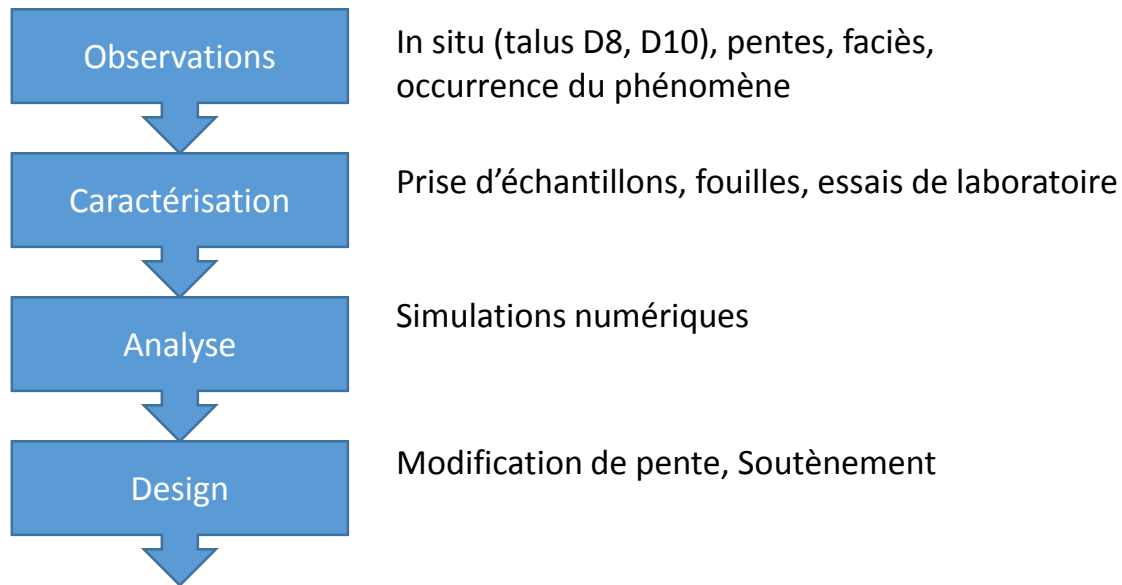
50 m

Diagnostic & Contraintes:

1. Talus instable
2. Tectonique complexe
3. Observations de dégradabilité rapide
4. Réponse rapide souhaitée car chantier en cours
5. Solutions limitées (mise en œuvre – emprise)



Méthodologie de l'étude



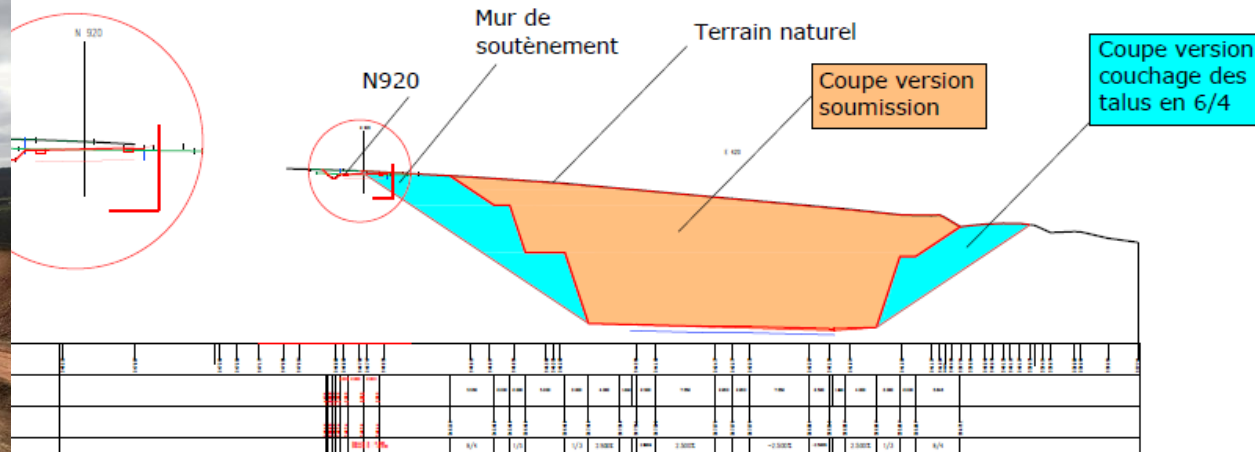
Observations

Talus (Projet et existant)

Coupe en travers au droit du D10 (bK11.600)



Talus D10



Observations

- Bourellets d'instabilité** de pente dans le talus rocheux, fissures parallèles à la crête
- Matériau rocheux altéré à très altéré → **désagrégé** → sol à matrice sablo-argileuse
- Matériau rocheux dégradé en sol en crête, dans la pente, en pieds de talus
- Matériau détrempe, **résurgences**
- Ravines** d'érosion perpendiculaires à la pente
- Variabilité latérale** dans les faciès, dans la dégradabilité
- Dégradation accélérée** avec le temps, les intempéries
- **Talus instable localement et l'instabilité augmente avec le temps**



Grès argileux **dégradé en sol** (en crête)



Ravines d'érosion



Matériau Shale à siltite rouge **altéré à très altéré**

Observations

Variabilité latérale



Zone 1 : Shale à siltite rouge **très altéré à décomposé**

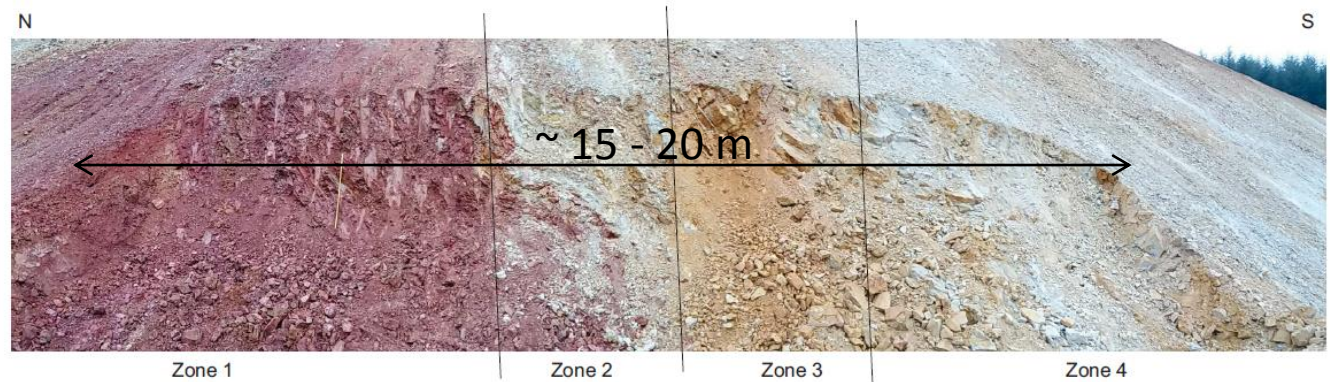
Zone 2 : Shale blanc à gris-jaune **décomposé**

Zone 3 : Grès argileux ocre **altéré à très altéré**

Zone 4 : Grès argileux blanc **altéré à très altéré**

Zone 5 : Shale à siltite rouge **altéré à très altéré**

1 ... 1,5 m de profondeur
Pied de talus



Caractérisation

Echantillonnage



Zone 1 : Shale à siltite rouge **très altéré à décomposé**

Zone 2 : Shale blanc à gris-jaune **décomposé**

Zone 3 : Grès argileux ocre **altéré à très altéré**

Zone 4 : Grès argileux blanc **altéré à très altéré**

En fond de fouille

Caractérisation

Sondage in situ (en crête)



Caractérisation

Sondage in situ (en crête)



Essais en laboratoire

Classification des roches

Essais d'identification pour déterminer les paramètres de comportement mécanique

→ Coefficient de Fragmentabilité (NF P94 066)

→ Coefficient de Dégradabilité (NF P94 067)

Essais qualitatif mécanique : scléromètre

Classification des sols

Essais d'identification

→ Granulométrie

→ Limites d'Atterberg

Essais de cisaillement TxI CU+u (sur matériau altéré type sol)

Réf. Dossier :	35253
Chantier :	Contournement de Couvin - D10
Client :	GeoCos
Date des essais :	8/02/2018
Echantillon :	7 Bis
Nature de l'échantillon :	Siltite à grès fin, altéré, rouge



DETERMINATION DU COEFFICIENT DE FRAGMENTABILITE DES MATERIAUX ROCHEUX

selon NF P94-066

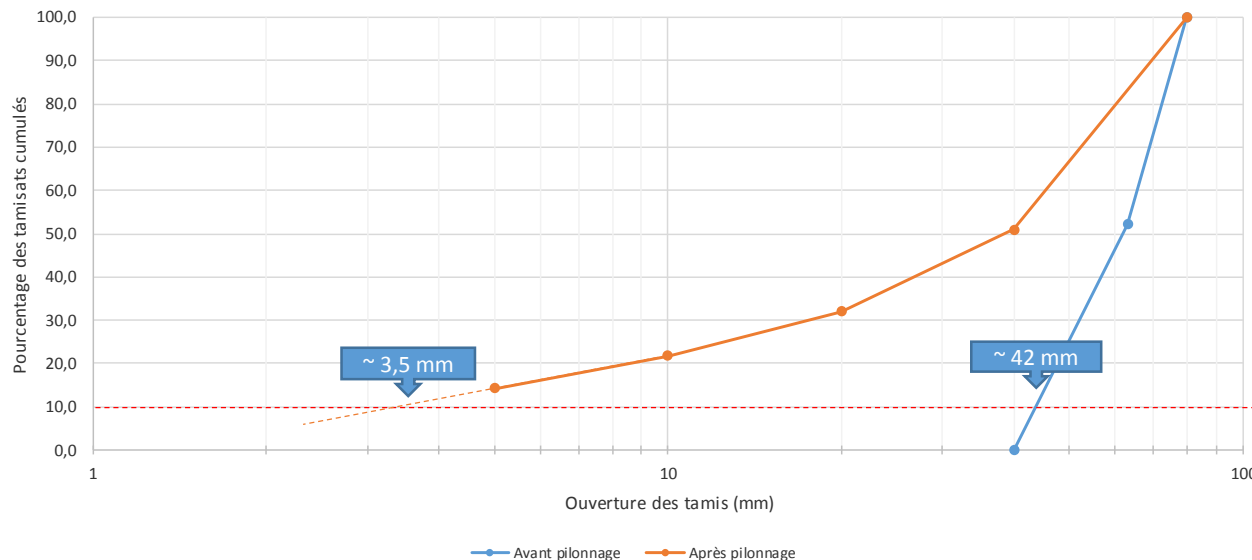
NF P 94-066 : Coefficient de frag

Essai d'identification pour déterm

Contexte : quantifier l'évolution de la mise en place (sensibilité aux s

mise en œuvre/ service (évaluer → Sert à la classification des ma de formes (NF P 11-300).

→ Sert au classement des roches



$$FR = \text{coeff de fragmen} \frac{D_{10} \text{ avant pilonnage}}{D_{10} \text{ après pilonnage}}$$

Seuil de la norme :

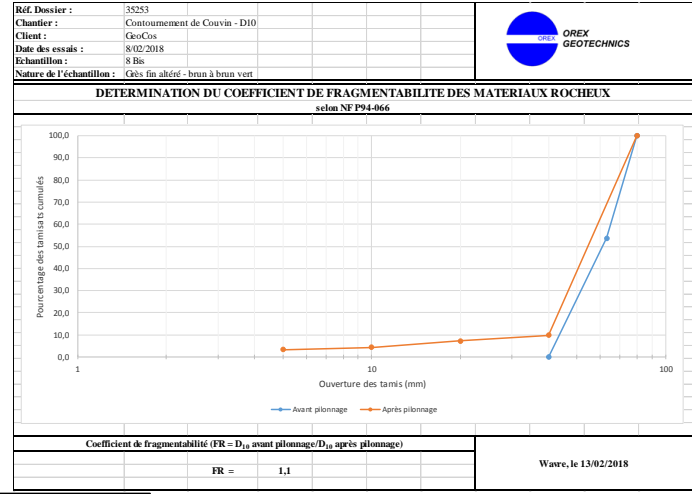
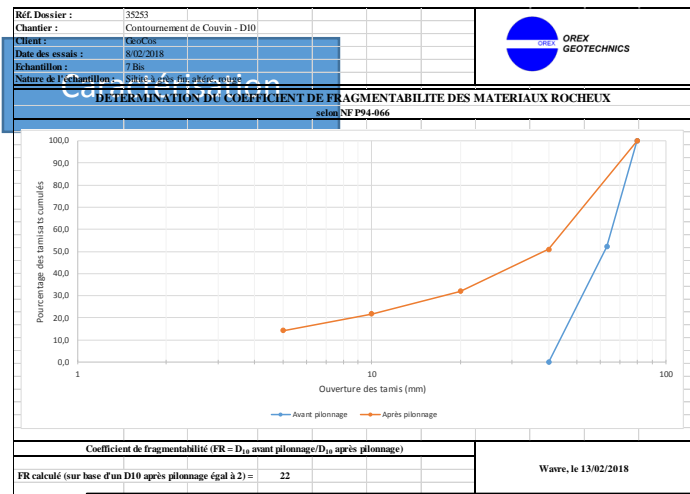
FR > 7 → roche

FR < 7 → roche

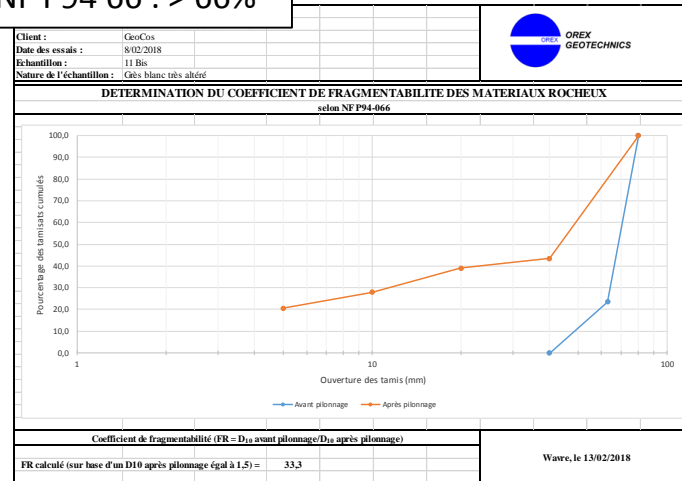
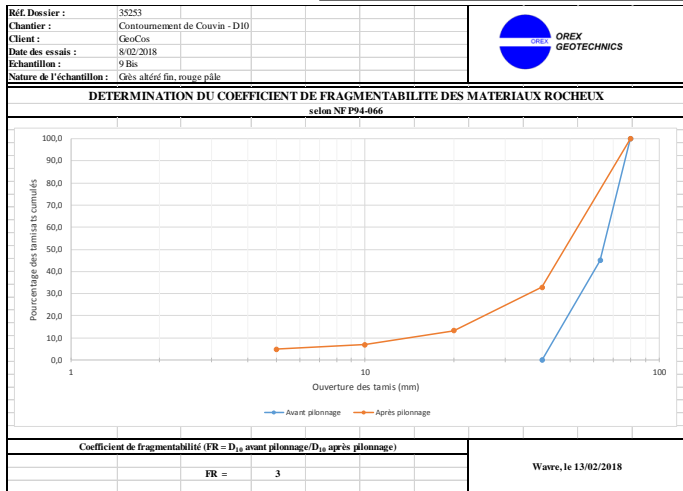
Coefficient de fragmentabilité (FR = D_{10} avant pilonnage/ D_{10} après pilonnage)

FR calculé (sur base d'un D_{10} après pilonnage égal à 2) = ~ 12

Wavre, le 13/02/2018



Matériau fragmentable au sens de la NF P94 66 : > 66%



Essai non réalisable sur certains échantillons car trop dégradé

Caractéristiques

Réf. Dossier : 35253
 Chantier : Contournement de Couvin - D10
 Client : Geocos
 Date des essais : 17/01/2018
 Echantillon : Echantillon 1 - Couvin D10 - Est - Pied - Environ 1m de profondeur
 Nature de l'échantillon : Schiste rougeâtre

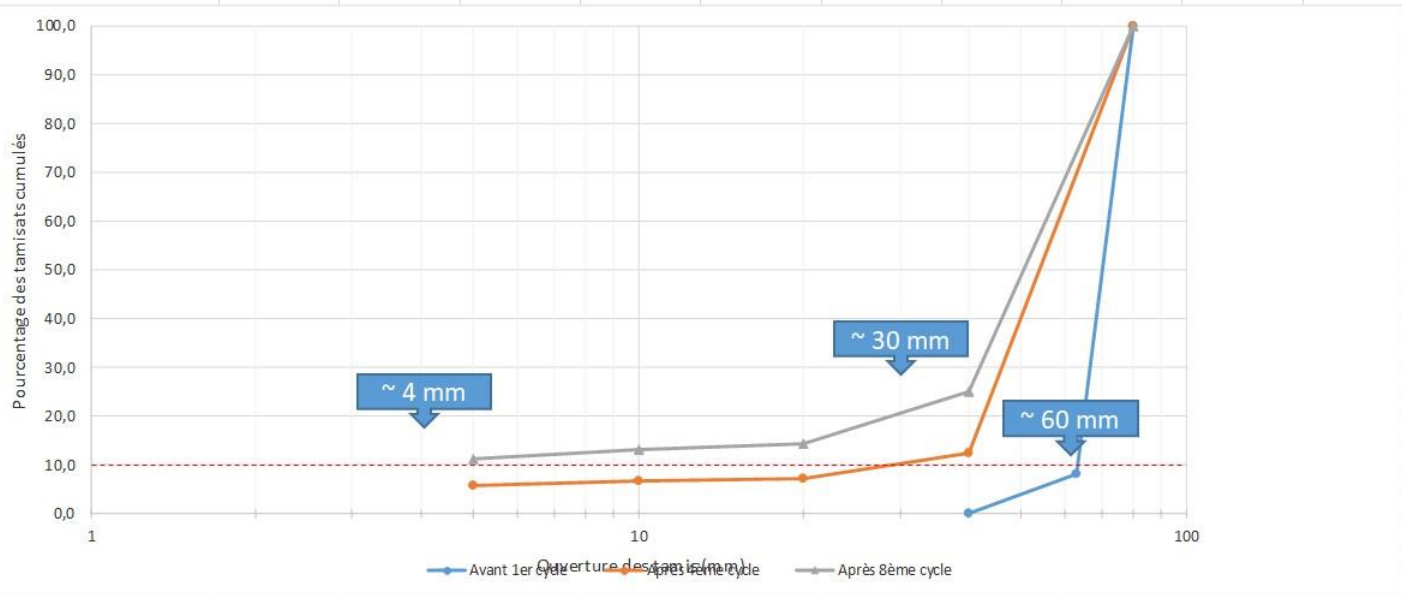


DETERMINATION DU COEFFICIENT DE DEGRADABILITE DES MATERIAUX ROCHEUX

selon NF P94-067

NF P 94-067 : Coefficient de dégradation
 Essai d'identification pour

Contexte : quantifier l'évolution des paramètres géotechniques (granularité, etc.) imputables aux agents climatiques.
 Réduction des paramètres géotechniques
 → Sert à la classification des roches
 de formes (NF P 11-300)
 → Sert au classement de



DG = coeff de dégradation
 D_{10} avant 1^{er} cycle / D_{10} après 4^e cycle

Seuil de la norme

DG > 20
 FR < 5

Coefficient de dégradabilité (DG = D_{10} avant 1er cycle / D_{10} après 4ème cycle)

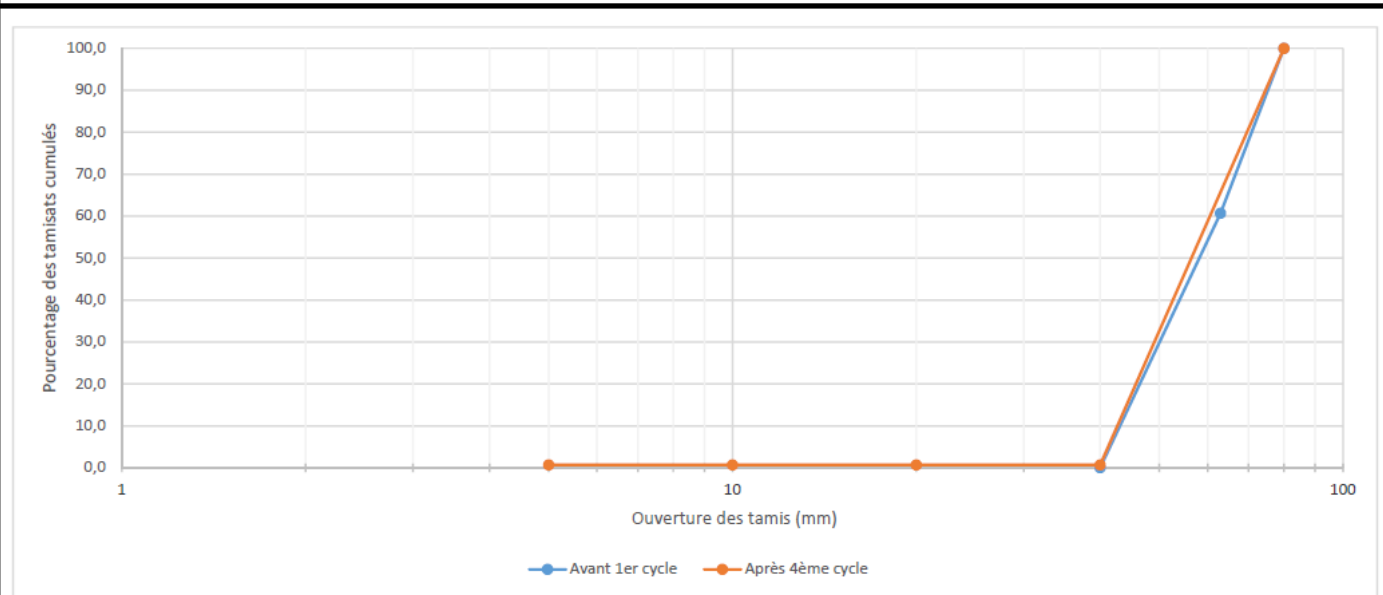
DG = 2 → 15

Wavre, le 26/01/2018

Ref. Dossier : 35253
Chantier : Contournement de Couvin - D10
Client : Geocos
Date des essais : 17/01/2018
Echantillon : Echantillon 5 - Couvin D10 - Est - Pied - En surface
Nature de l'échantillon : Schiste Rougeâtre



DETERMINATION DU COEFFICIENT DE DEGRADABILITE DES MATERIAUX ROCHEUX
 selon NF P94-067



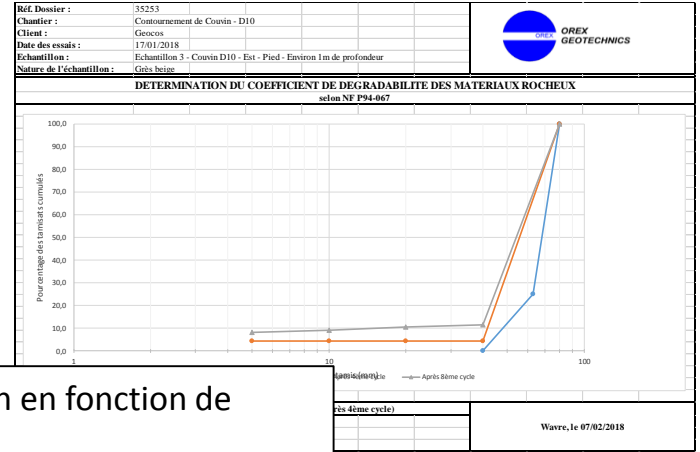
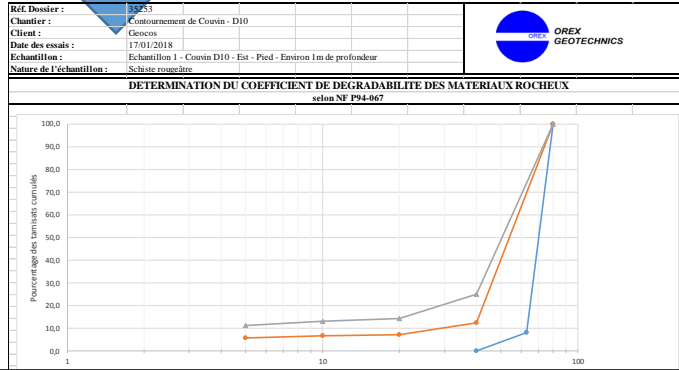
Coefficient de dégradabilité ($DG = D_{10}$ avant 1er cycle / D_{10} après 4ème cycle)

DG= 1,0

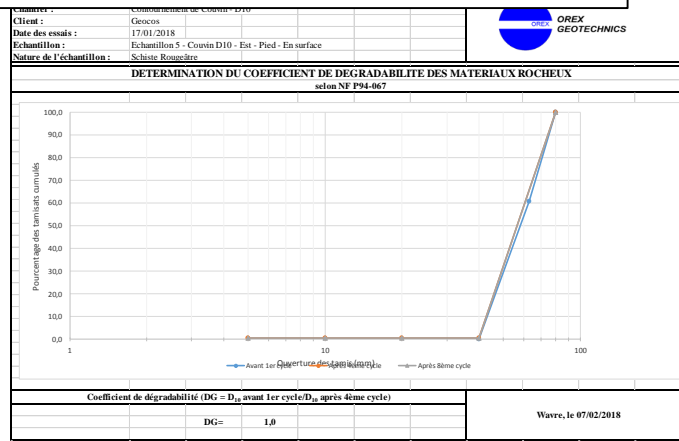
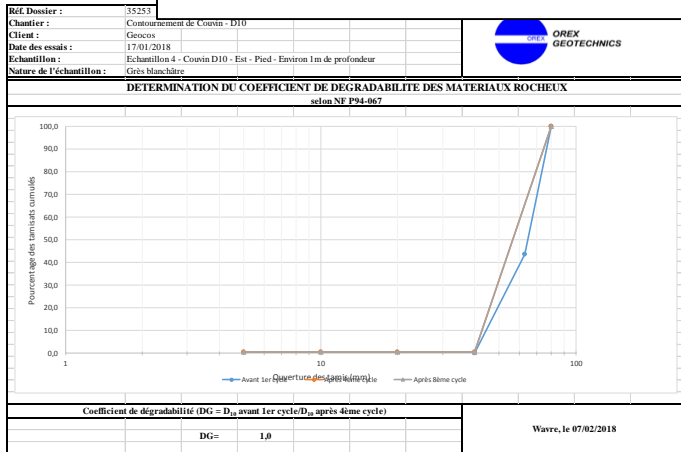
Wavre, le 26/01/2018

Caractérisation

Essais de dégradabilité – 4 cycles → 8 cycles (hors norme)



Confirmation caractère fortement dégradable ou non en fonction de l'échantillon (minéralogie)



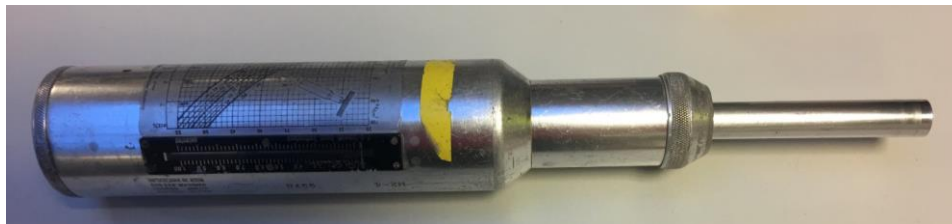
Caractérisation



Prélevés à 2,5 m
d'intervalle

Caractérisation

Essai au scléromètre (qualitatif)



Chantier Couvin - D10

Echantillon 1		
Moment de lecture	Valeur mesurée au scléromètre	R (Mpa)
Initial	0	Non déterminable (trop faible)
Valeur après 1 cycle	0	Non déterminable (trop faible)
Valeur après 2 cycles	0	Non déterminable (trop faible)
Valeur après 3 cycles	0	Non déterminable (trop faible)
Valeur après 4 cycles	0	Non déterminable (trop faible)

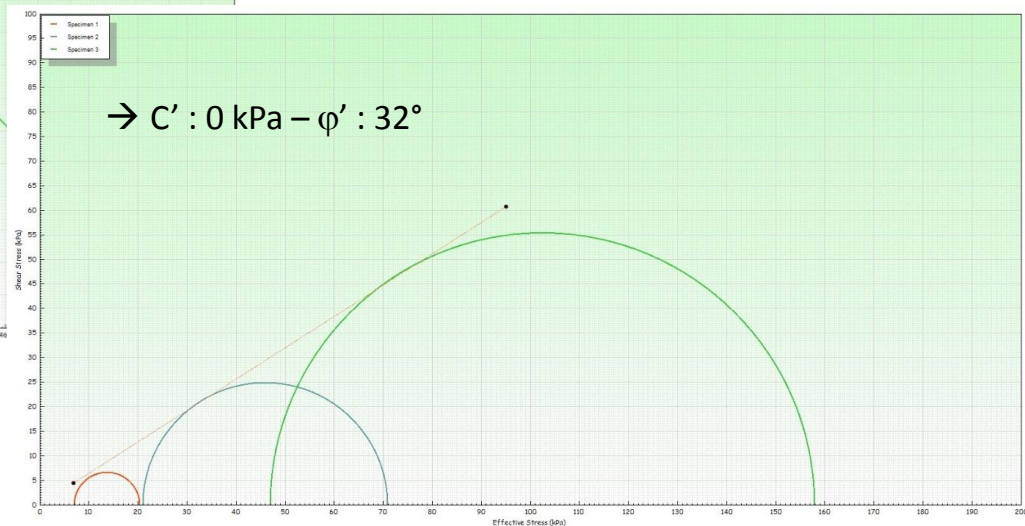
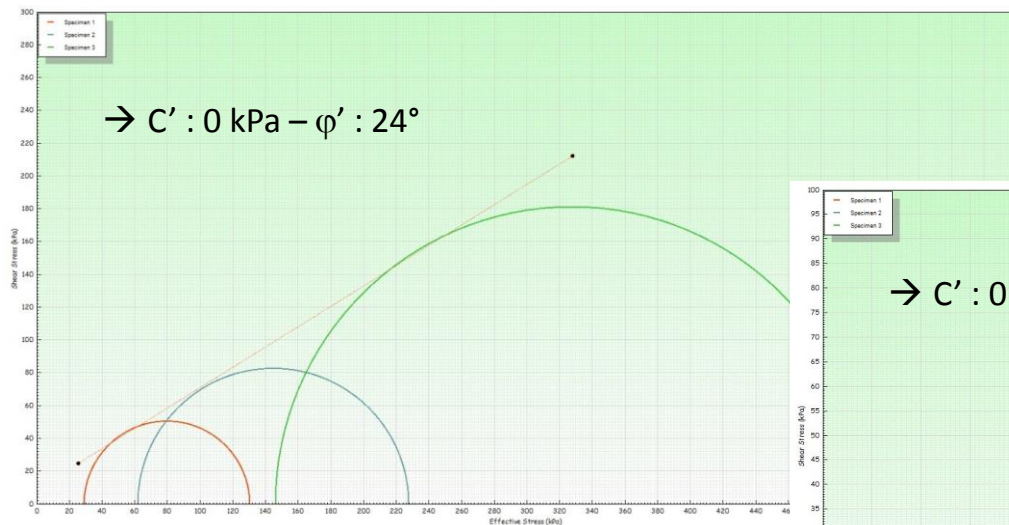
Echantillon 3		
Moment de lecture	Valeur mesurée au scléromètre	R (Mpa)
Initial	22	17
Valeur après 1 cycle	17	Non déterminable (trop faible)
Valeur après 2 cycles	23	19
Valeur après 3 cycles	22	17
Valeur après 4 cycles	19	Non déterminable (trop faible)

Echantillon 4		
Moment de lecture	Valeur mesurée au scléromètre	R (Mpa)
Initial	24	20
Valeur après 1 cycle	27	25
Valeur après 2 cycles	24	20
Valeur après 3 cycles	23	19
Valeur après 4 cycles	20	14

Echantillon 5		
Moment de lecture	Valeur mesurée au scléromètre	R (Mpa)
Initial	8	Non déterminable (Trop faible)
Valeur après 1 cycle	11	Non déterminable (Trop faible)
Valeur après 2 cycles	10	Non déterminable (Trop faible)
Valeur après 3 cycles	0	Non déterminable (Trop faible)
Valeur après 4 cycles	0	Non déterminable (Trop faible)

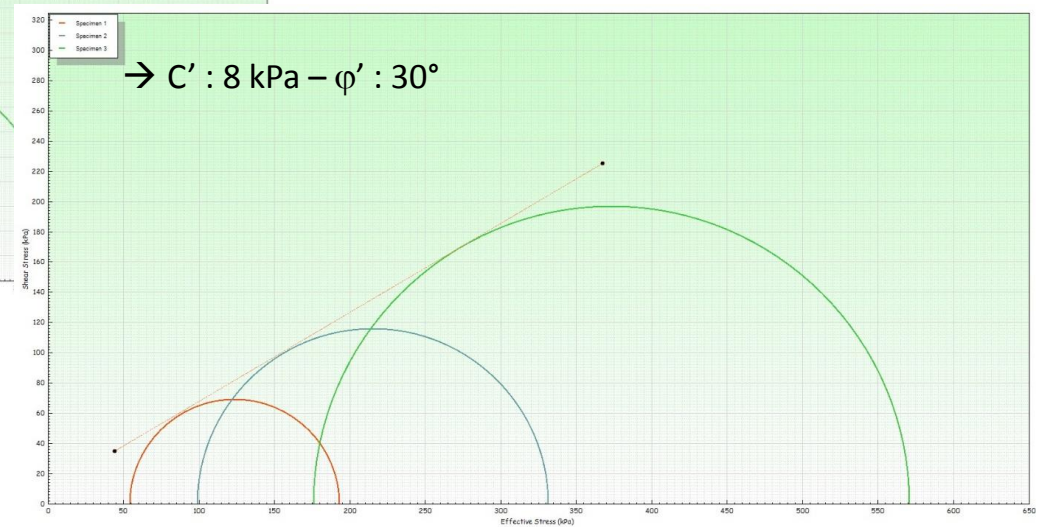
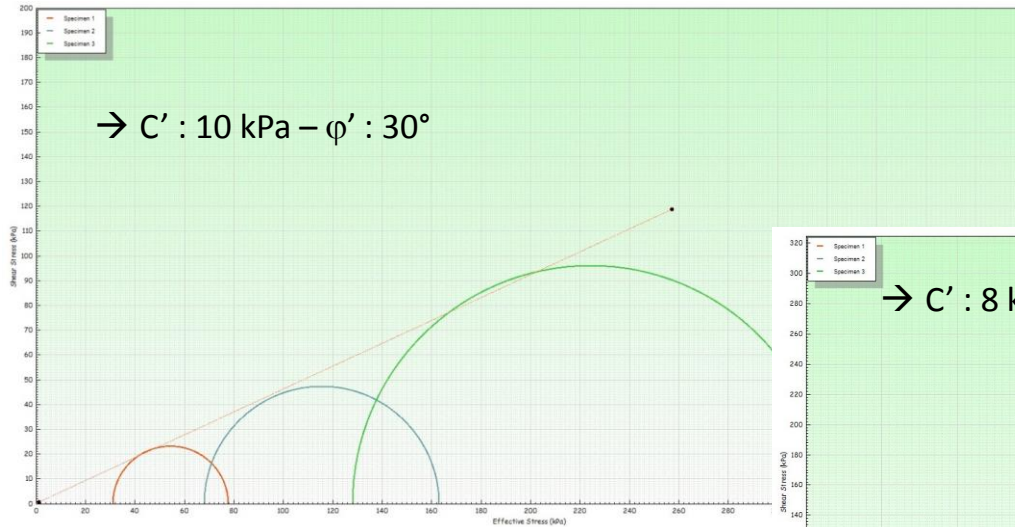
Caractérisation

Essais Triaxiaux CU +u (Obtention des paramètres de cisaillement c' et ϕ')
Sur échantillons décomposés



Caractérisation


Essais Triaxiaux CU +u (Obtention des paramètres de cisaillement c' et ϕ')
Sur échantillons décomposés



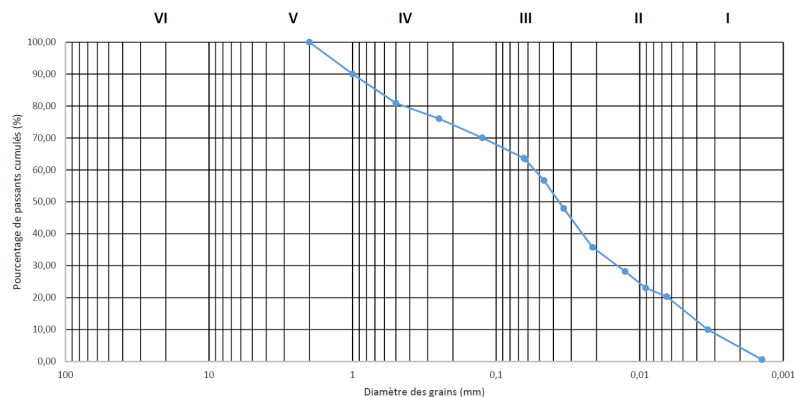
Caractérisation

Identification Labo mecasol

Echantillon 1

Ref. Chantier :	35253 - Contournement de Couvin - D10	Date de Réception :	1/02/2018	
Sondage	Echantillon 1 - Couvin D10 - Est - Pied	Date de Réalisation	8/02/2018	
Profondeur (m) :	1 m	Identification :	A1 (GTR) - Limon sableux (BGEO)	
Type de prélèvement :	Echantillon remanié			

REPRESENTATION GRAPHIQUE DES RESULTATS




Identification : A1 (GTR) - Limon sableux (BGEO)

W_L (%) : 29,1

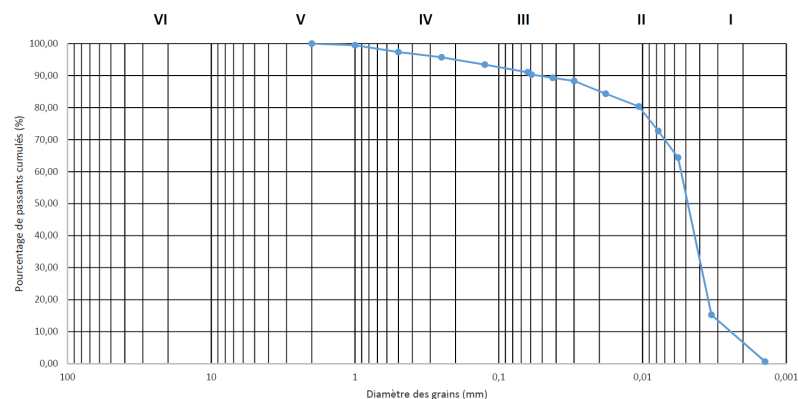
W_P (%) : 20,6

IP : 8,5

Echantillon 6

Ref. Chantier :	35253 - Contournement de Couvin - D10	Date de Réception :	1/02/2018	
Sondage	Echantillon 6	Date de Réalisation	8/02/2018	
Profondeur (m) :	N/A	Identification :	A3 (GTR) - Argile (BGEO)	
Type de prélèvement :	Echantillon remanié			

REPRESENTATION GRAPHIQUE DES RESULTATS



Identification : A3 (GTR) - Argile (BGEO)

W_L (%) : 51,3

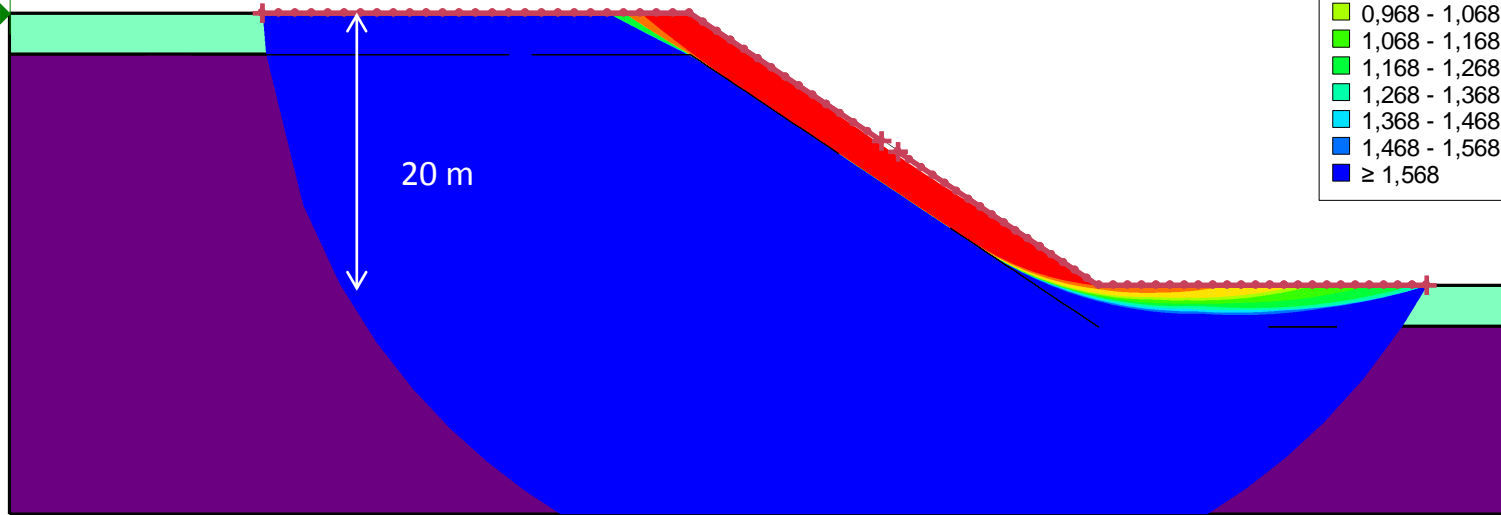
W_P (%) : 22,7

IP : 28,6

Analyse

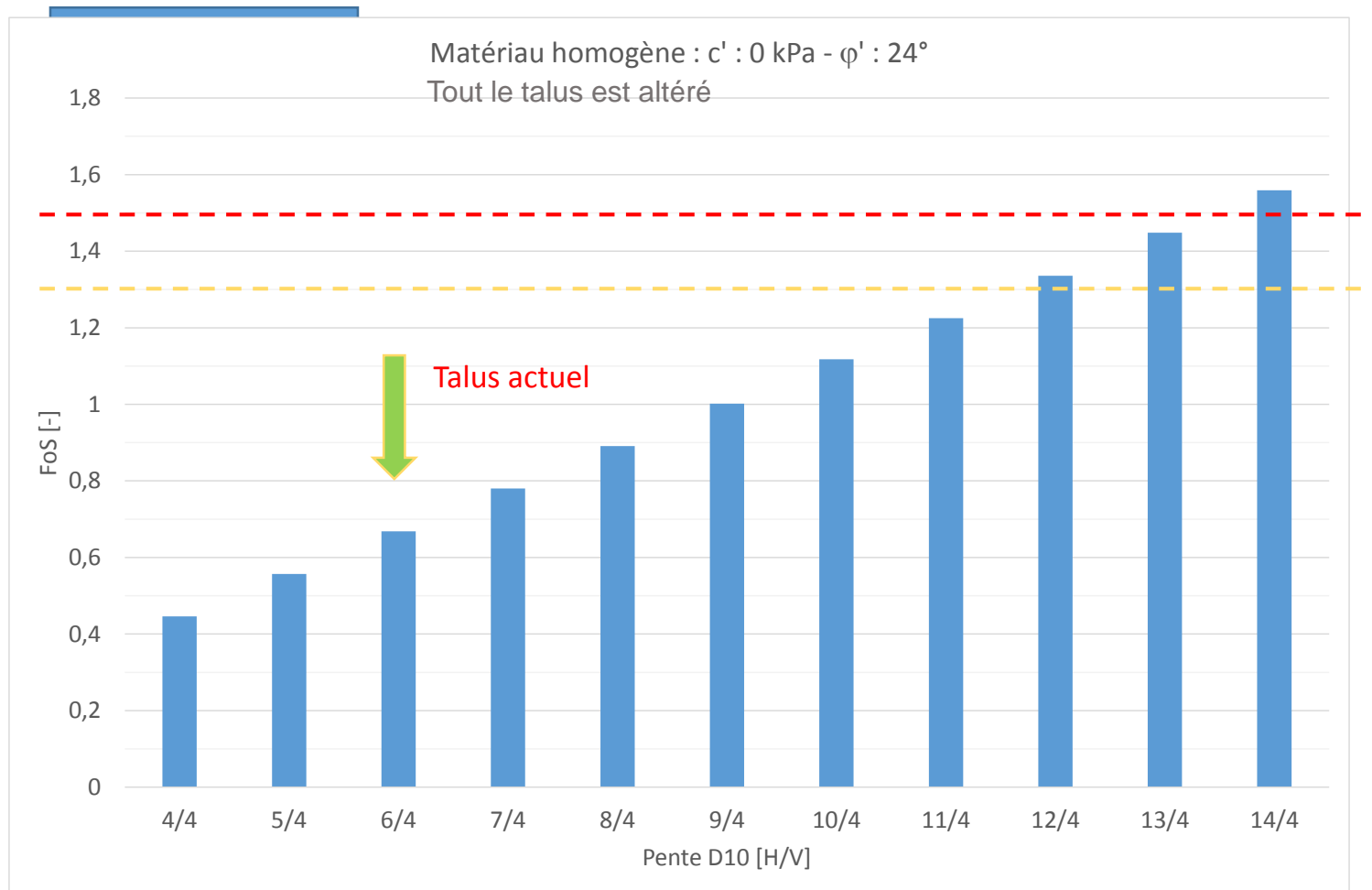
Simulations numériques – GeoSlope (GeoStudio)
Talus 6/4 (H/V) + 1 couche de 3 m épaisseur en surface
 c' : 0 kPa – 150 kPa
 φ' : 24° – 24°
Modèle Spencer

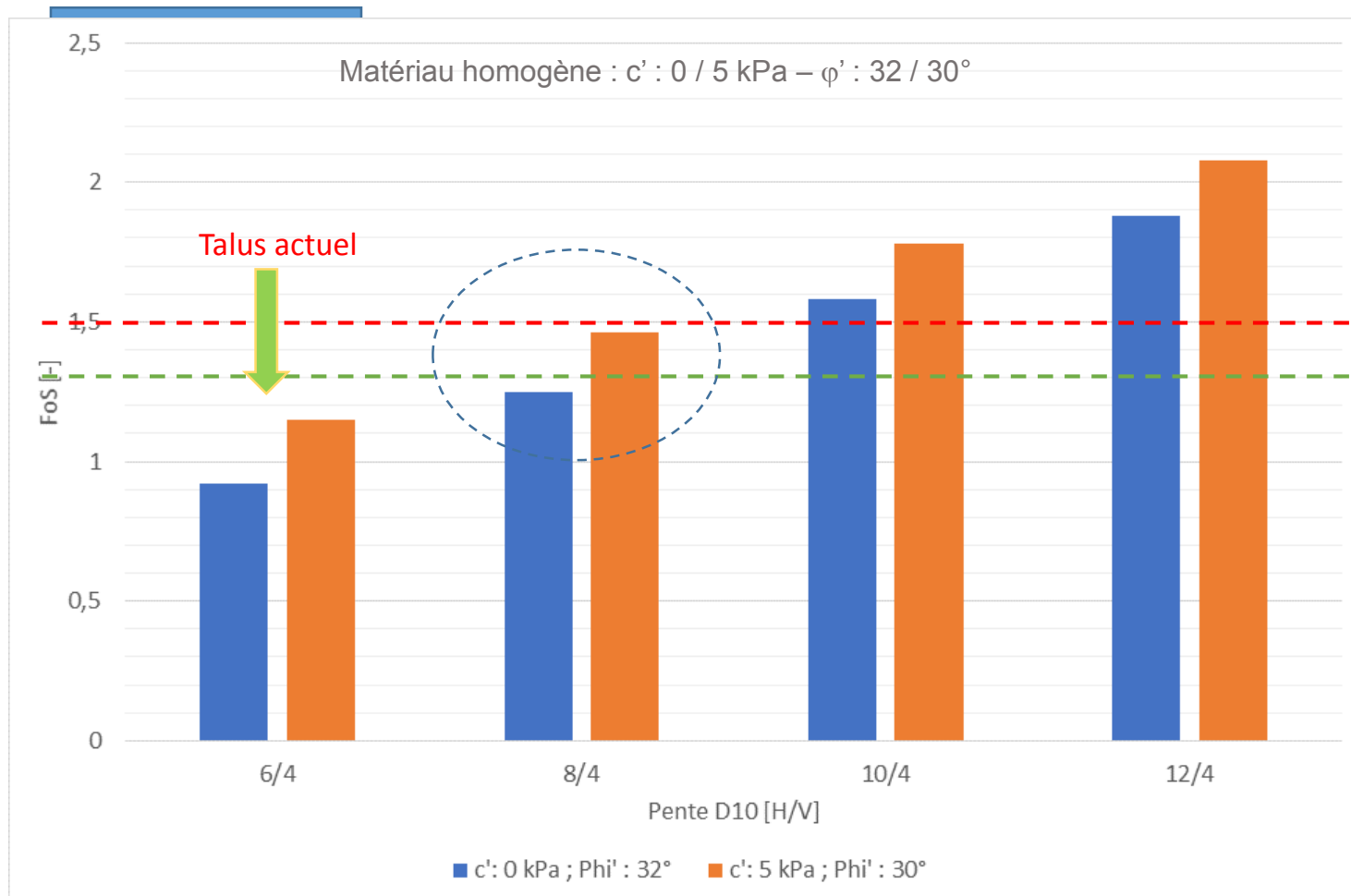
(Exemple)



Coefficient de sécurité

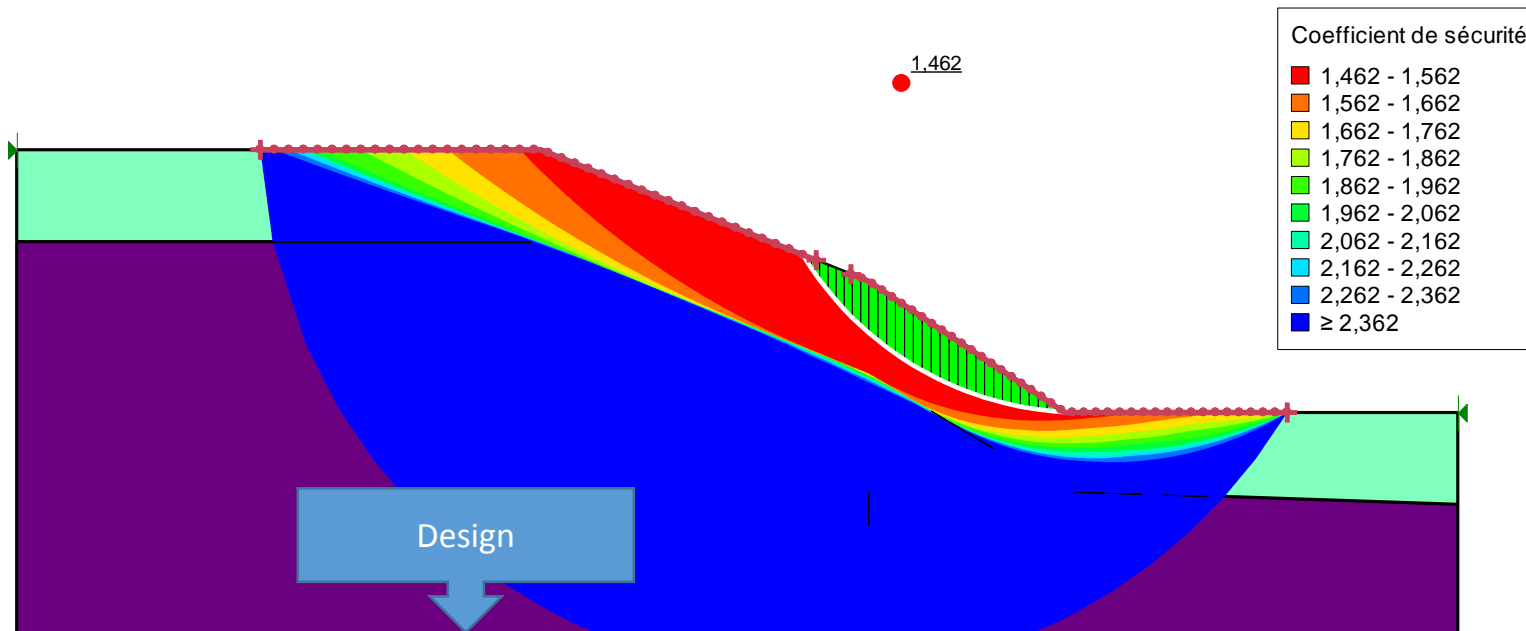
- 0,668 - 0,768
- 0,768 - 0,868
- 0,868 - 0,968
- 0,968 - 1,068
- 1,068 - 1,168
- 1,168 - 1,268
- 1,268 - 1,368
- 1,368 - 1,468
- 1,468 - 1,568
- $\geq 1,568$





Aide à la décision

10/4 - 6/4 – « sol » homogène
 $c' : 8 \text{ kPa}$ Résultats triaxiaux « shale »
 $\varphi' : 30^\circ$
Modèle Spencer



Simulation talus 10/4 gauche 6/4 droite avec matériau dégradé type « shale »
+ base rocheuse intacte ($c' : 100 \text{ kPa}$ - $\varphi' : 32^\circ$)
FoS : 1,462 – Volume excavé $> 6/4 : 50 \text{ m}^3/\text{ml}$ de talus

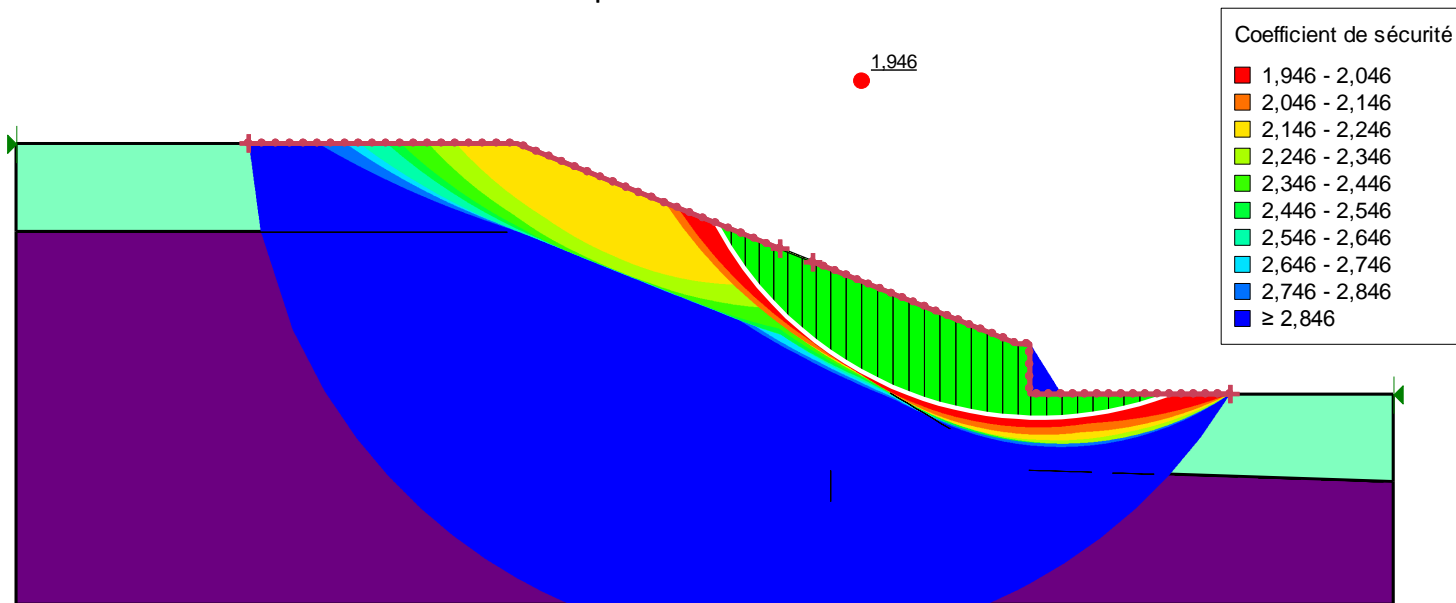
Aide à la décision

10/4 - 6/4 – « sol » homogène + soutènement

$c' : 8 \text{ kPa}$

$\varphi' : 30^\circ$

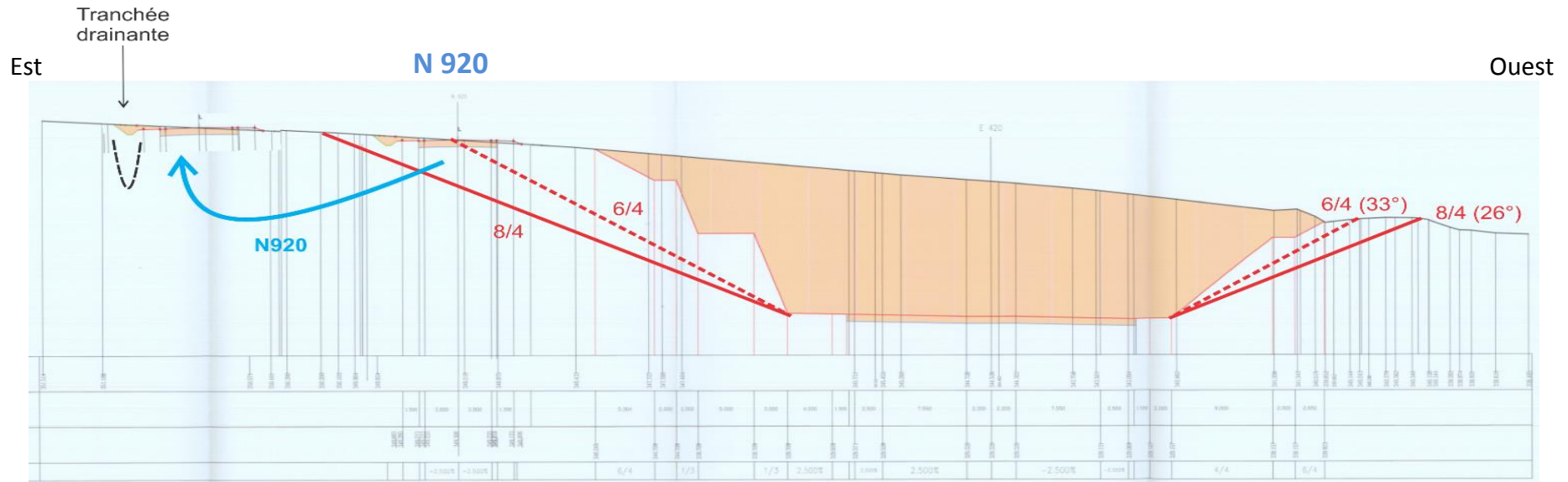
Modèle Spencer



Simulation talus 10/4 gauche 6/4 droite avec matériau dégradé type 10bis et 11bis shale + base rocheuse intacte ($c' : 100 \text{ kPa} - \varphi' : 32^\circ$) + soutènement (4m haut, 2m fiche) + enrochement
FoS : 1,946 – Volume excavé $>< 6/4 : 50 \text{ m}^3/\text{ml}$ de talus – enrochement : $\sim 30 \text{ m}^3/\text{ml}$

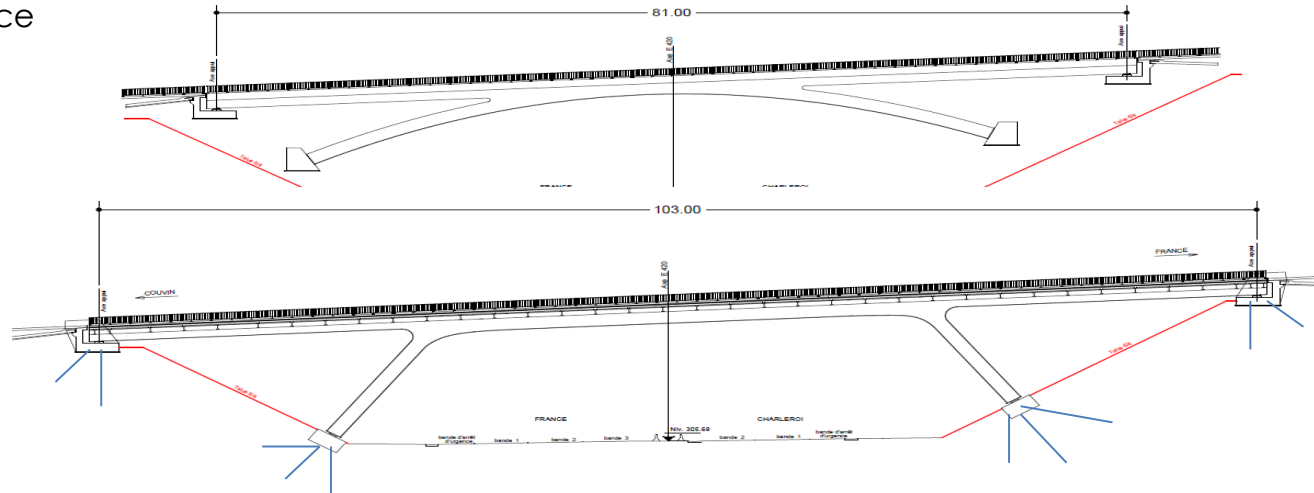
Solution adoptée

- Abaissement de la pente du talus à 8/4 (~26°)
- Déplacement de la N920 vers l'Est
- Tranchée drainante en bordure de la N920
- Végétalisation des talus



Conséquences pour le projet :

- Sécurité des travailleurs en phase chantier
- Modifications du profil des talus → Volume supplémentaire de déblai ~1 500 000 m³ (Phases 1 et 2)
Stockage des déblais supplémentaires sur le site du chantier
- Expropriations supplémentaires
- Modification des ouvrages d'art
- Retard de la mise en service



Pont de Brûly sur la N920

MERCI de votre attention

Sarah GEENINCKX

Service public de Wallonie

mobilité infrastructures

Département Expertises Structures et
Géotechnique

Direction de la Géotechnique

Rue Côte d'Or, 253 - B-4000 LIEGE

Nicolas CHARUE

nicolas.charue@geocos.be

GSM : +32 (0) 486 65 72 66

Tél : +32 (0) 10 48 82 04

Fax : +32 (0) 10 81 46 62