



Wallonie infrastructures SPW

Les pièges de la Géologie de
l'Ingénieur à Namur

Namur le 18/12/2018

DGO1-61 Direction de la Géotechnique

Etude et stabilisation des parois rocheuses dans la région de Beez et Thon-Samson



Ir Luc FUNCKEN

Ingénieur des Mines et Hydrologue

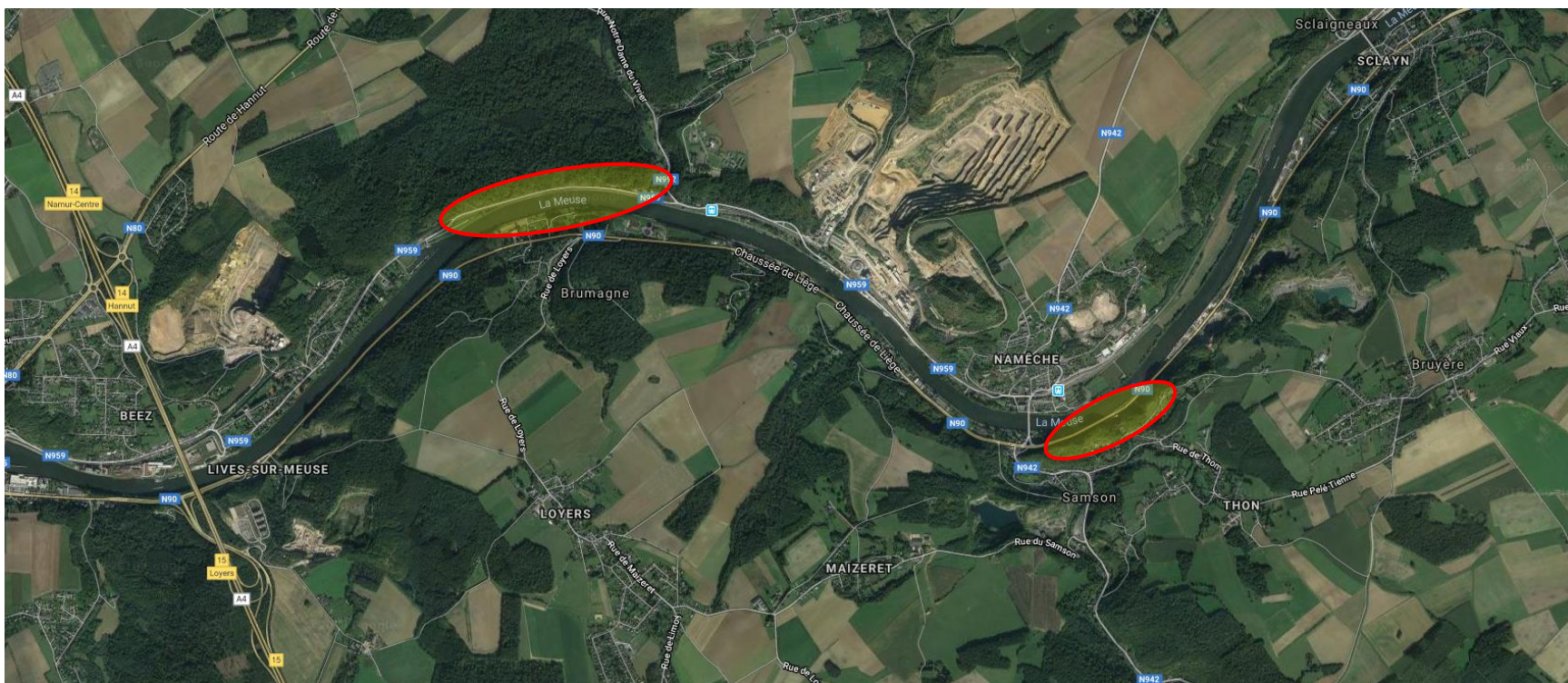


Société Belge de Géologie de l'Ingénieur et de Mécanique des Roches

Service public de Wallonie **infrastructures routes bâtiments**

➤ Sites étudiés

- Paroi rocheuse de Beez / Marche les Dames
- Paroi rocheuse de Thon-Samson



Paroi rocheuse entre Beez et Marche-les-Dames

11/01/2019

3

Problème commun Infrabel – S.P.W.



Rive gauche de la Meuse en amont des rochers du Roi Albert



Paroi rocheuse entre Beez et Marche-les-Dames



Origine de la problématique

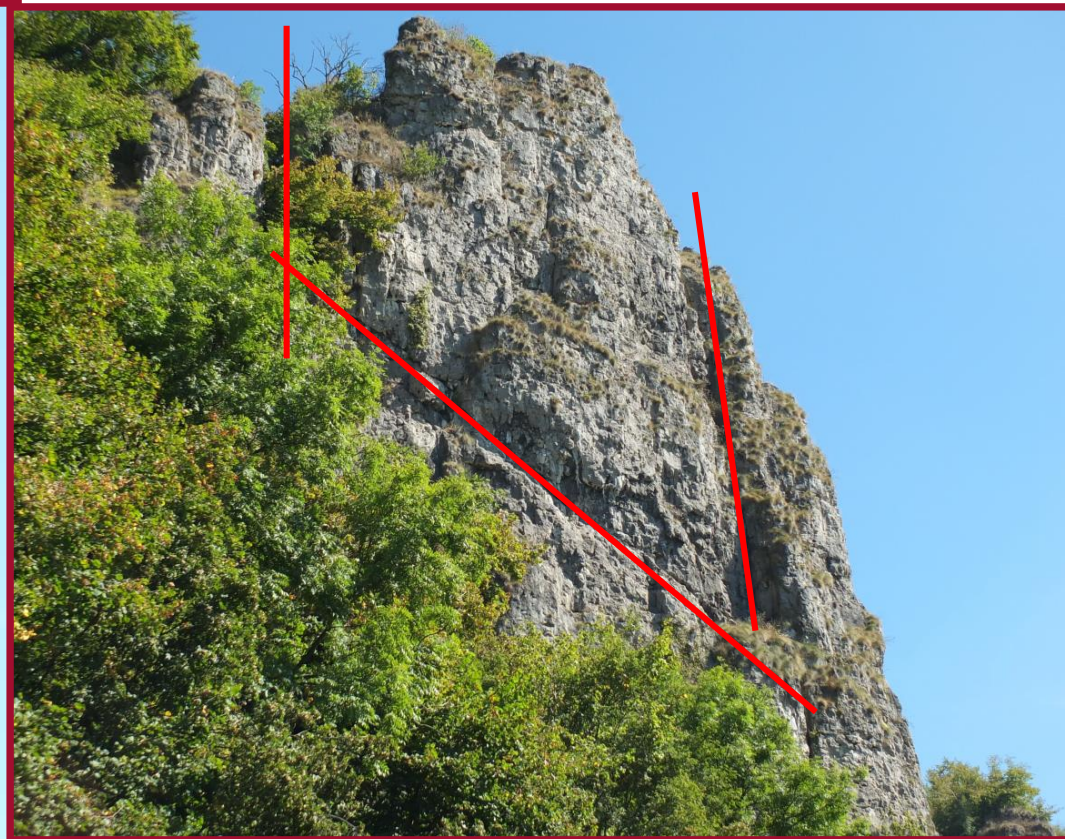
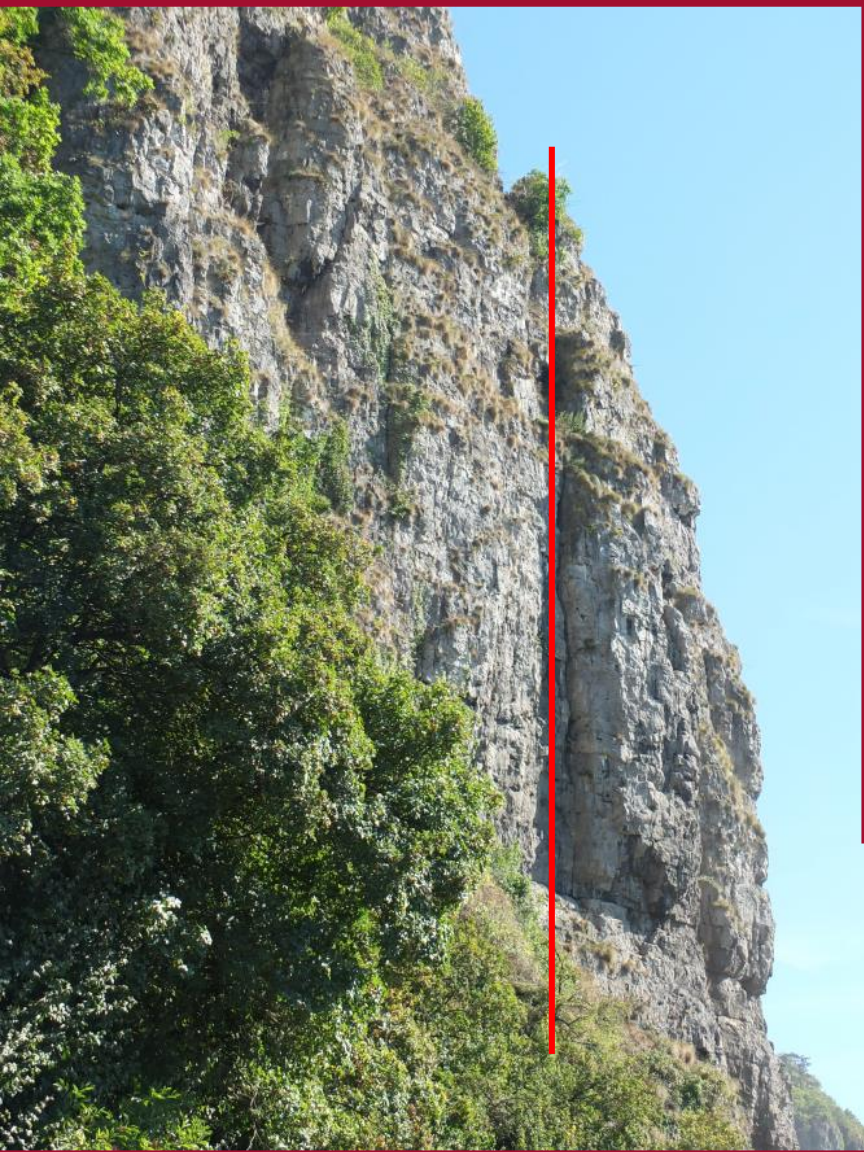
- Chute d'un bloc qui, en ricochant sur la route, est arrivé sur les voies du chemin de fer.
- Travaux de peignage → chute de blocs.
- Connaissance de massifs instables, étude existante ?
- Canalisation Fluxys enterrée.



Méthodologie de travail

- Première phase à réaliser en interne :
 - Identification des grands types de problèmes
 - Premier levé
 - Inspection par drone et réalisation d'un modèle numérique par assemblage de photos, (problème d'accessibilité)





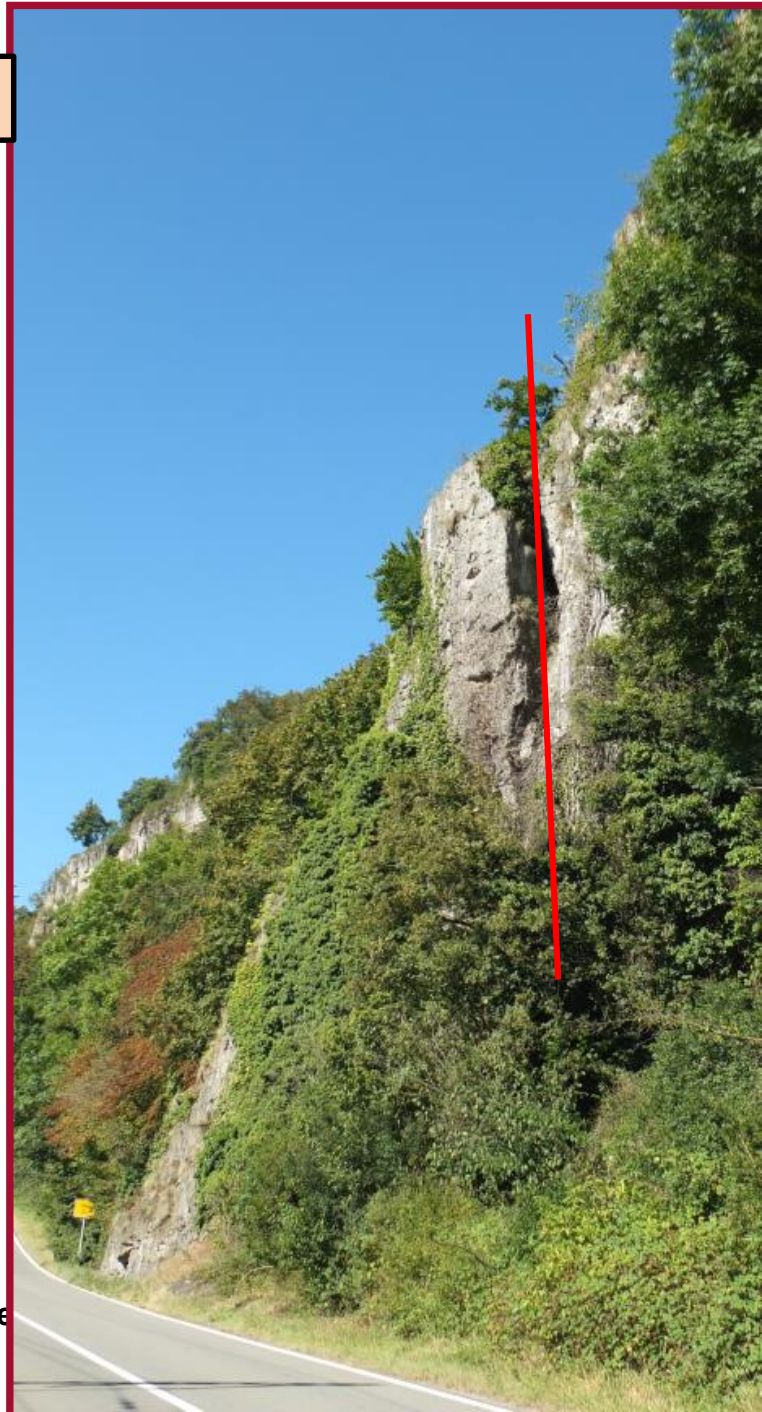
Identification de certains risques

- Massifs rocheux découpés par des fractures

Paroi rocheuse entre Beez et Marche-les-Dames

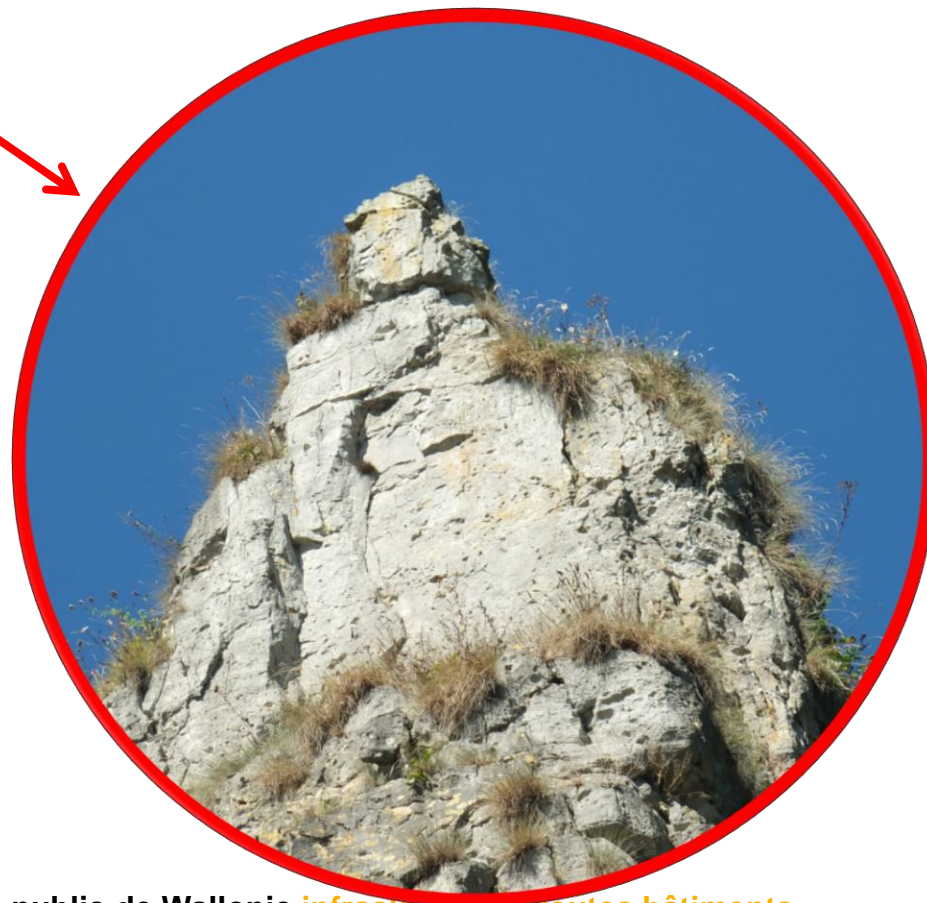
Identification de certains risques

- Ecaille rocheuse pluri-décamétrique à épingler

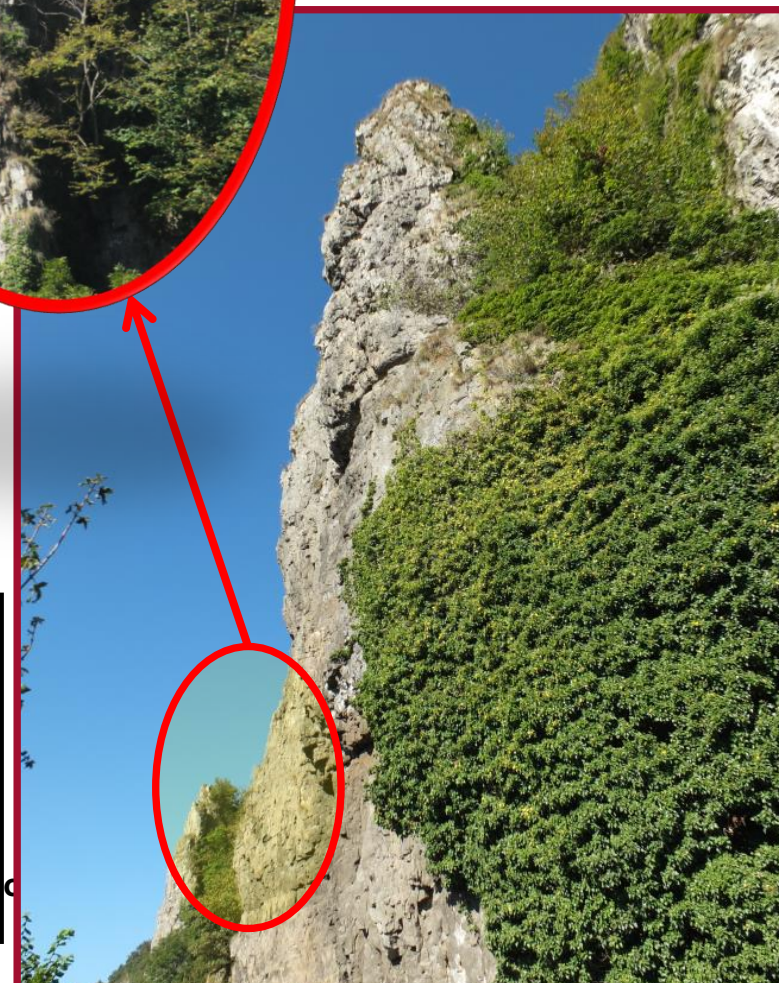
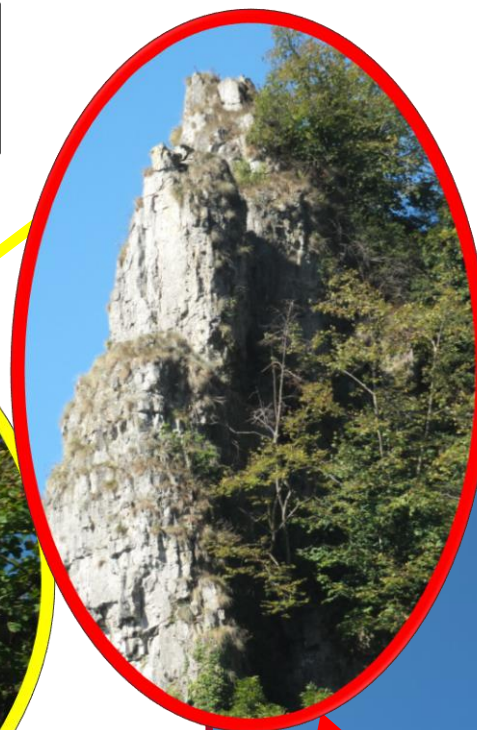
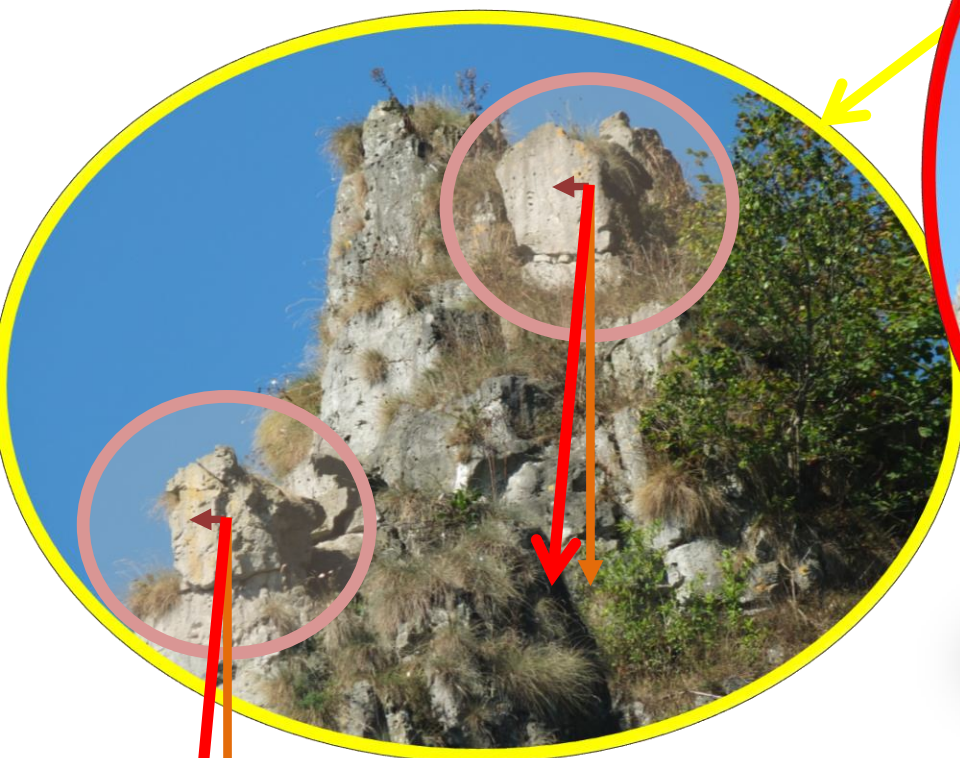


Identification de certains risques

- Masses rocheuses de stabilité précaire de plusieurs tonnes



Paroi rocheuse entre Beez et Marche-les-Dames



Identification de certains risques

- Masses rocheuses de stabilité toute relative de plusieurs tonnes perchées en hauteur,...
- Déstabilisation en cas de séisme → accélération horizontale = +/- 0,1 g.

Paroi rocheuse entre Beez et Marche-les-Dames

11/01/2019

10

Inspection par drone (DGO4)

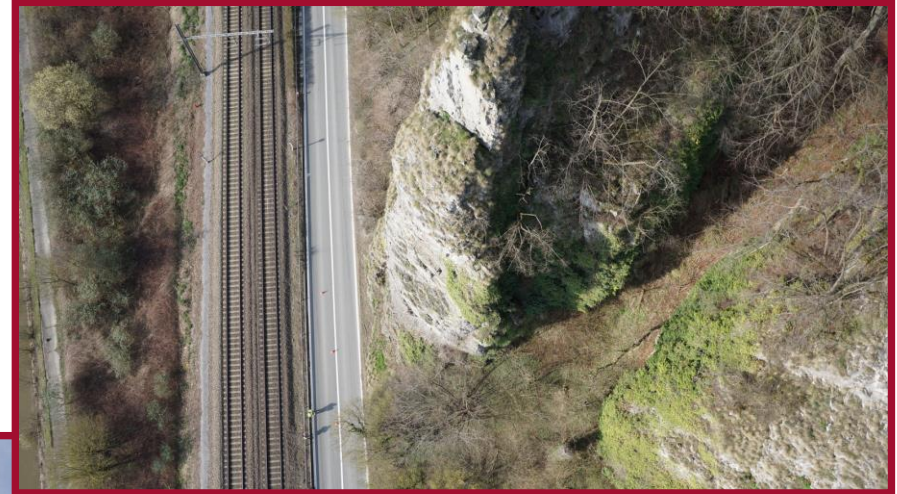


Paroi rocheuse entre Beez et Marche-les-Dames

11/01/2019

11

Inspection par drone (DGO4)



Paroi rocheuse entre Beez et Marche-les-Dames

11/01/2019

12

Inspection par drone (DGO4)

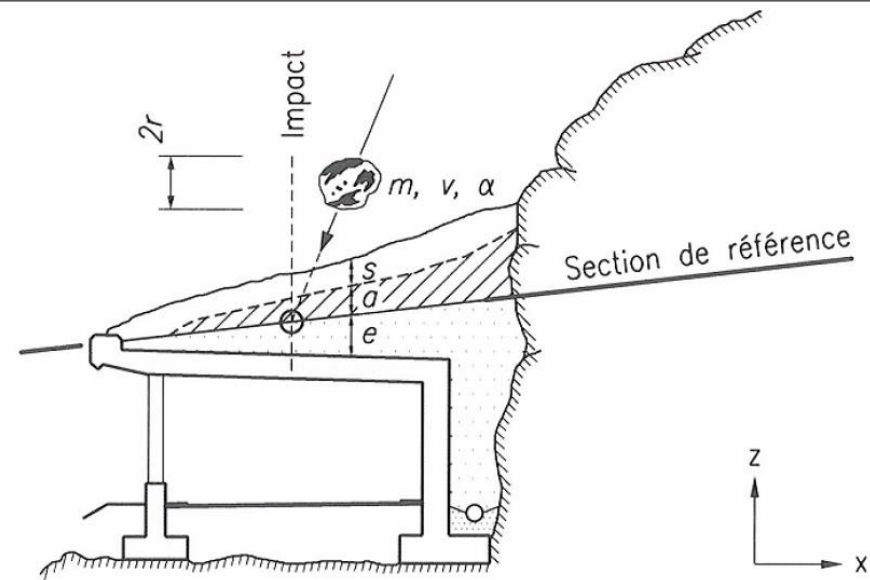


➤ Mise en évidence de fractures importantes



Paroi rocheuse entre Beez et Marche-les-Dames

- Premières propositions
 - Possibilité de mettre en œuvre des systèmes avec alarme et vidéo
 - Tunnel type « pare avalanche » sur route et voie ferrée
- Visite avec cordiste, problème d'accessibilité
- Réalisation d'une étude externe suivie par Infrabel / S.P.W.
- Phasage des travaux



ACTEURS CONCERNES et IMPERATIFS

- Divers partenaires :
 - Infrabel
 - S.P.W. Routes
 - S.P.W. DNF
 - S.P.W. Patrimoine
 - Urbanisme

- Travail en concertation totale Infrabel / S.P.W.

- Eviter les « guerres » juridiques,... propriété du rocher?

- Travail « main dans la main » en confiance mutuelle

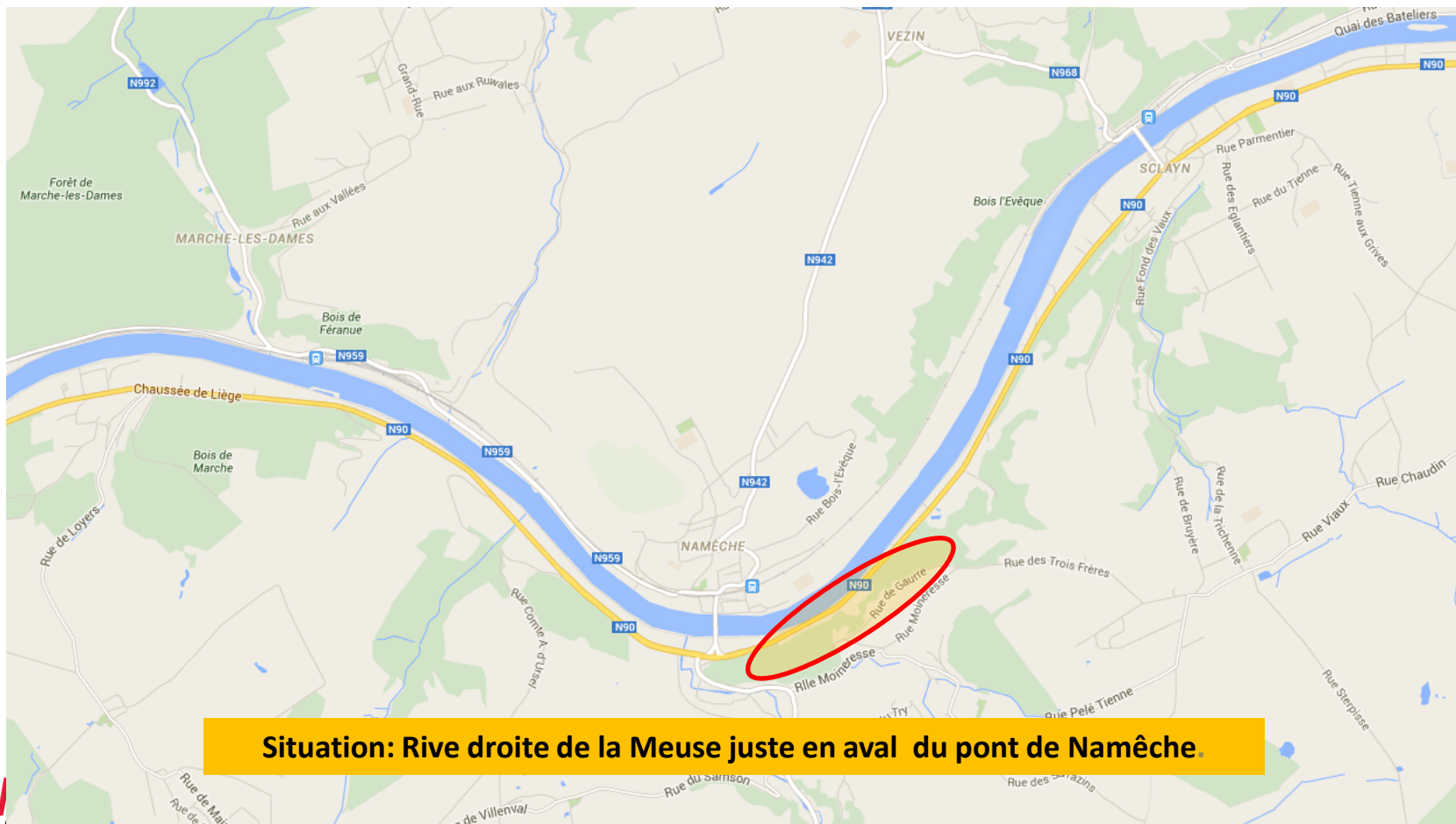
- Décision du ressort de nos supérieurs,... Fédéral et Régional

Paroi rocheuse de Thon-Samson

11/01/2019

15

Mission de soutien technique aux services extérieurs



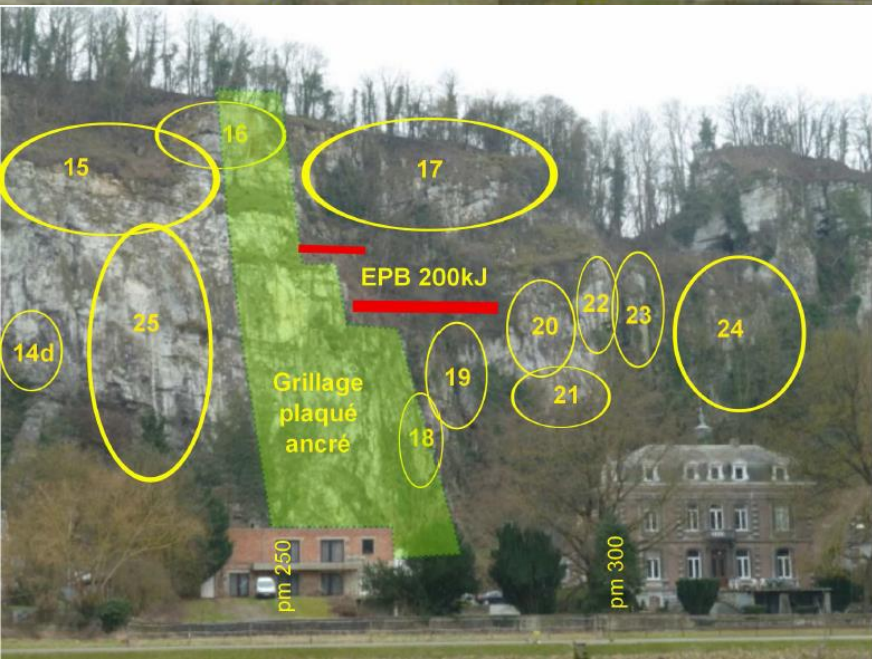
Situation: Rive droite de la Meuse juste en aval du pont de Namêche.

- Etude réalisée par la Centre d'Etudes Techniques de Lyon (CETE) en collaboration avec la Direction de la Géotechnique :
- ➔ Risques d'instabilités potentielles liés essentiellement à la structure du massif et son altération
- ➔ Mesures de protection préconisées:
 - - Confortements ponctuels : ancrages, grillages plaqués, filets pendants
 - - Protections linéaires : écrans pare-blocs, new-jersey,...



Paroi rocheuse de Thon-Samson

11/01/2019



➤ Décomposition de la paroi rocheuse en plusieurs « compartiments identifiés »

- La détermination des aléas et des risques d'éboulements est faite par traitement individuel d'ensembles potentiellement instables
- On fait référence aux notions de probabilité d'occurrence et de délai de réalisation utilisée dans le réseau CETE (France)

Probabilité d'occurrence (notion qualitative)	
très élevée (te) :	la non réalisation de l'événement serait considérée comme exceptionnelle
élevée (e) :	la probabilité de réalisation de l'événement est plus élevée que la probabilité de non-réalisation
modérée (m) :	la probabilité de réalisation de l'événement est équivalente à la probabilité de non-réalisation
faible (f) :	la probabilité de non-réalisation de l'événement est plus élevée que la probabilité de réalisation
très faible (tf) :	la réalisation de l'événement serait considérée comme exceptionnelle

Délai d'occurrence	
imminent (i) :	risque immédiat
très court terme (tct) :	dans les 2 ans
court terme (ct) :	dans les 10 ans
moyen terme (mt) :	dans les 30 ans
long terme (lt) :	au delà des 30 ans

Paroi rocheuse de Thon-Samson

11/01/2019

19

- Pour chaque compartiment identifié, définition et quantification des mesures de protection nécessaires



A1-7 - Ensemble Z3 - Exemple de blocs instables jusqu'à 7m³. Protection passive par écran pare-blocs en bas de versant

16



A1-16 et 17 - Ensemble Z8
Exemple d'écaillage de la paroi avec formation de blocs jusqu'à 5m³. Protection passive par écran pare-blocs en bas de versant



N° Comp.	Réf. annexe	Aléa éboulement	Vol.init. (m ³)	V.fragm. (m ³)	Aléa propag/R	Définition des mesures de protection	Quantité	Unité	Coût (€/unité)	Montant (€)	TOTAL (€)	Priorité
Z3 pm35	A1-1	tetct	0.01/0.1	0.1	tf/nul	Protection générale de la zone par aire de réception (existante côté aval). Amélioration possible de la géométrie du merlon d'arrêt côté versant. Relais de protection par écran pare-blocs (voir traitement général du secteur par parades passives) pour l'extrémité amont de la zone					pm	n
	A1-7	temt	0.1/1	0.2	f						pm	1
		mmt/fmt	5/7	1	m/e							
Z8 pm120 -150	A1-1,	perm	0.001/0.2	0.02	te	Protection générale de la zone par écran pare-blocs (voir traitement général du secteur par parades passives)					pm	1
	2	mmt/fmt	2/5	1/2	te							
	A1-16,	emt/ect	0.1/0.5	0.2	te							
	17	ect/tect	0.1/0.2	0.05	te							
		mmt/fmt	1/3	0.5	te							
		ect	0.1/0.5	0.1	te							

Paroi rocheuse de Thon-Samson

7 8 Ancrages S670 diam. 57.5mm - Prof. 7 et 8m

4 5 6 7 Ancrages S670 diam. 43mm - Prof. 4, 5, 6 et 7m

Planche 8

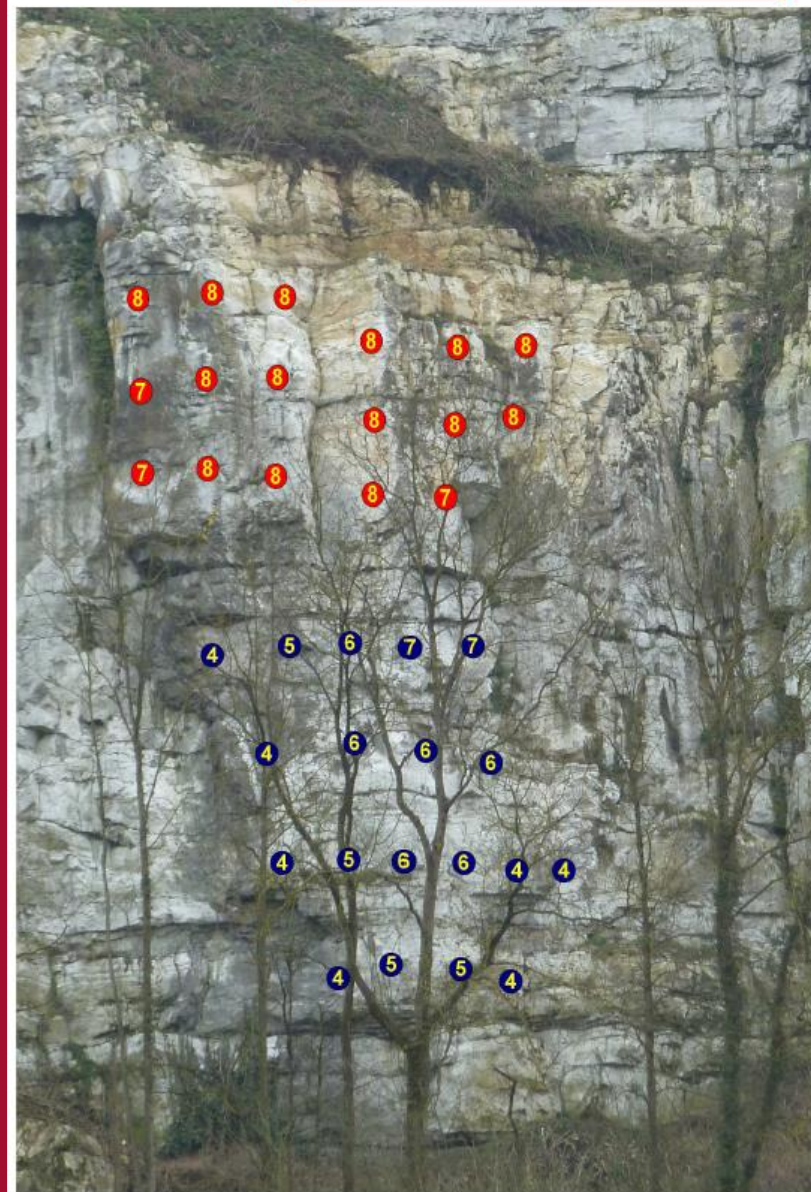


Filet métallique plaqué
Amarrage par ancrages
HA25mm prof 3, 5, 6 et 7m



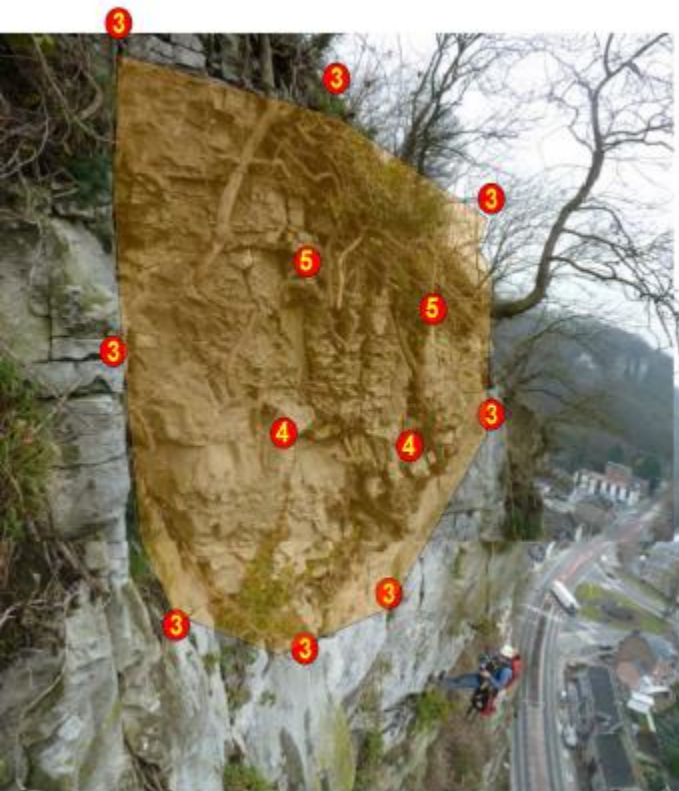
Stabilisation des masses par
ancrages HA25mm
3, 4, 5, 6 et 7m

A1- 28 - Ensemble Z13
Écaille principale de 30m³
à stabiliser par ancrage
et écaille supérieure à
stabiliser par filet
métallique plaqué ancré.



A1 21 - Compartiment Z9 - Stabilisation par ancrage passif

Paroi rocheuse de Thon-Samson



Filet métallique plaqué. Amarrage par ancrages HA25mm prof 3m. Stabilisation de la masse par ancrages HA25mm prof. 4m et 5m

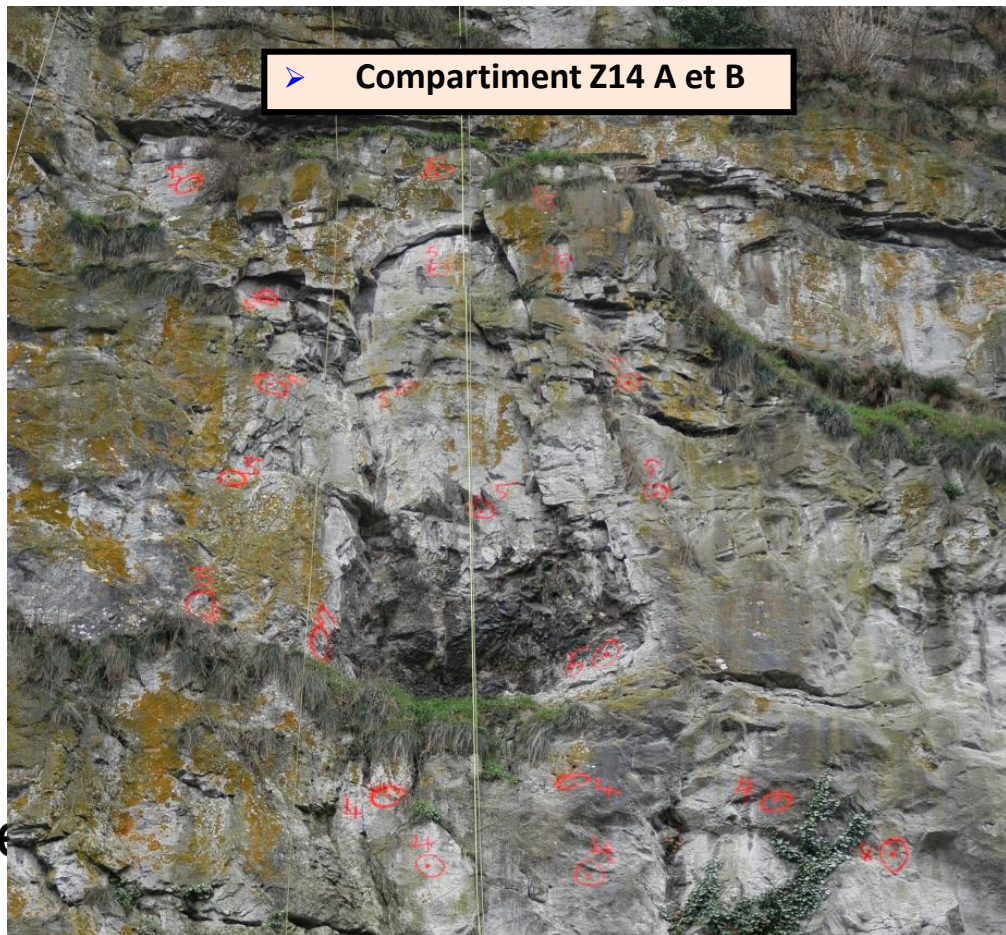
A1- 29 - Ensemble Z14A
Ecaille principale de 25m³ à stabiliser par filet métallique plaqué et ancrage.

➤ Masse de 400 m³ soit +/- 1000 tonnes



A1- 45 - Ensemble Z23 - Ecaille de 400m³ dont le traitement par ancrage n'est pas prioritaire (possibilité de suivi météorologique avant travaux)

- Implantation de la position des ancrages de manière contradictoire avec l'entreprise



Paroi rocheuse de Thon-Samson

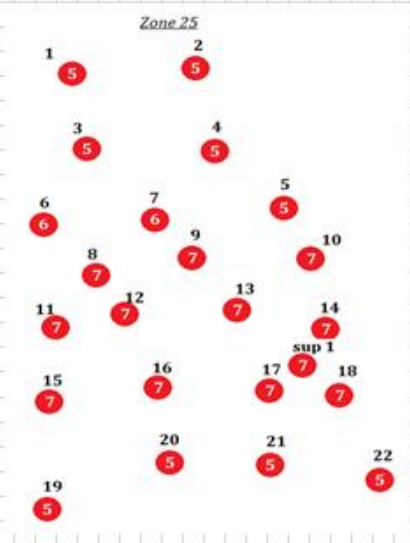
11/01/2019

23



- Contrôle des ancrages de manière contradictoire avec l'entreprise:
 - diamètre et longueur
 - inclinaison
 - direction

Zone	N° ancrage	prévu			réel			Co ad. Lon	Co ad. Angle	
		L prév (m)	Diam (mm)	Str prév (mm²)	L réell (m)	inclin. (g)	inclin. (°)			L réell (m)
25	1	5	43	1452	5	12	10.8	4.911	1478	OK
	2	5	43	1452	5	12	10.8	4.911	1478	OK
	3	5	43	1452	5	16	14.4	4.843	1499	OK
	4	5	43	1452	5	11	9.9	4.926	1474	OK
	5	5	43	1452	5	5	4.5	4.985	1457	OK
	6	6	43	1452	6	15	13.5	5.834	1493	OK
	7	6	43	1452	6	15	13.5	5.834	1493	OK
	8	7	43	1452	7	11	9.9	6.896	1474	OK
	9	7	43	1452	7	15	13.5	6.807	1493	OK
	10	7	43	1452	7	8	7.2	6.945	1464	OK
	11	7	43	1452	7	5	4.5	6.978	1457	OK
	12	7	43	1452	7	9	8.1	6.93	1467	OK
	13	7	43	1452	7	12	10.8	6.876	1478	OK
	14	7	43	1452	7	13	11.7	6.855	1483	OK
	15	7	43	1452	7	10	9	6.914	1470	OK
	16	7	43	1452	7	8	7.2	6.945	1464	OK
	17	7	43	1452	7	6	5.4	6.969	1459	OK
	18	7	43	1452	7	13	11.7	6.855	1483	OK
	19	5	43	1452	5	20	18	4.755	1527	OK
	20	5	43	1452	5	17	15.3	4.823	1506	OK
	21	5	43	1452	5	16	14.4	4.843	1499	OK
	22	5	43	1452	5	15	13.5	4.862	1493	OK
sup 1	7	43	1452	7	13	11.7	6.855	1483	OK	



structures routes bâtiments

Paroi rocheuse de Thon-Samson

11/01/2019

24

Zone	N° ancrage	prévu			réel				Cond. Long.	Cond. Angle	
		L prévue horiz. (m)	Diam. (mm)	Str prévue travail (mm²)	L réelle oblique (m)	inclin. (g)	inclin. (°)	L réelle horiz. (m)			Str réelle travail (mm²)
23	1	7		0	bouché	5	4.5	#####	0	####	1 7
	2	7		0	6.5	6	5.4	6.4712	0	KO	2 7
	3	7		0	bouché	17	15.3	#####	0	####	3 7
	4	7		0	5.8	20	18	5.5161	0	KO	4 7
	5	7		0	6.9	5	4.5	6.8787	0	OK	5 7
	6	7		0	7	16	14.4	6.7801	0	OK	6 7
	7	7		0	bouché	4	3.6	#####	0	####	7 7
	8	7		0	7	25	22.5	6.4672	0	KO	8 7
	9	7		0	7	22	19.8	6.5862	0	OK	9 7
	10	7		0	bouché	22	19.8	#####	0	####	10 7
	11	7		0	6.7	20	18	6.3721	0	KO	11 7
	12	7		0	6.7	16	14.4	6.4895	0	KO	12 7
	13	7		0	6.9	20	18	65.623	0	OK	13 7
	14	7		0	7	17	15.3	6.7519	0	OK	14 7
	15	7		0	7	7	6.3	6.9577	0	OK	15 7
	16	7		0	6.8	7	6.3	6.7589	0	OK	16 7
	17	7		0	6.8	7	6.3	6.7589	0	OK	17 7
	18	7		0	7	8	7.2	6.9448	0	OK	18 7
	19	7		0	6.8	3	2.7	6.7925	0	OK	19 7
	20	7		0	6.7	7	6.3	6.6595	0	OK	20 7
	21	7		0	6.9	13	11.7	6.7566	0	OK	21 7

➤ Contrôle des ancrages de manière contradictoire avec l'entreprise:

- Mise en évidence de trous bouchés
- **Nécessité de refaire ces ancrages**

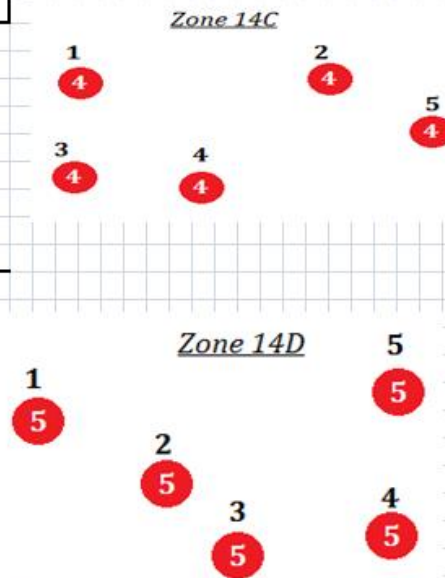
Paroi rocheuse de Thon-Samson



- Contrôle des ancrages de manière contradictoire avec l'entreprise:
 - Inclinaison non acceptable
 - **Nécessité de refaire ces ancrages**

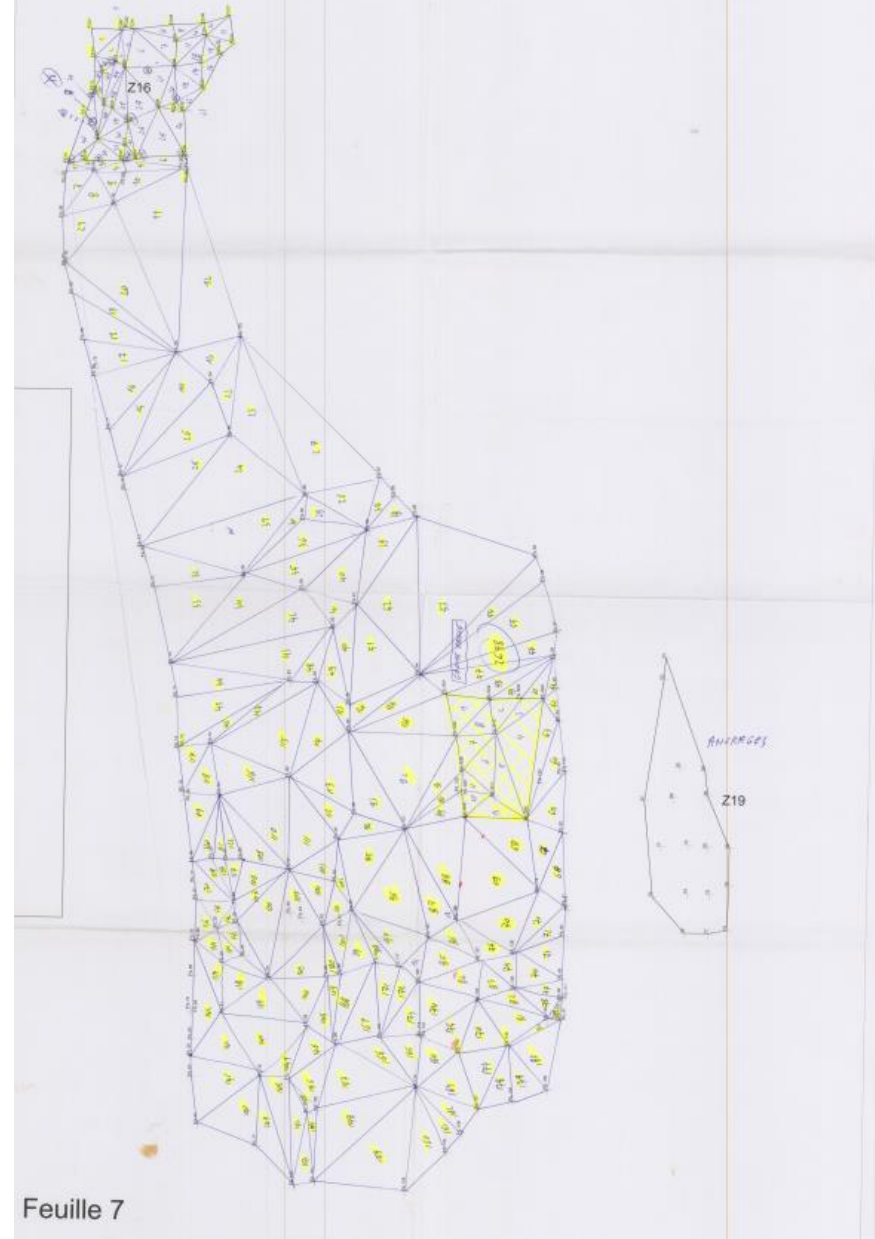
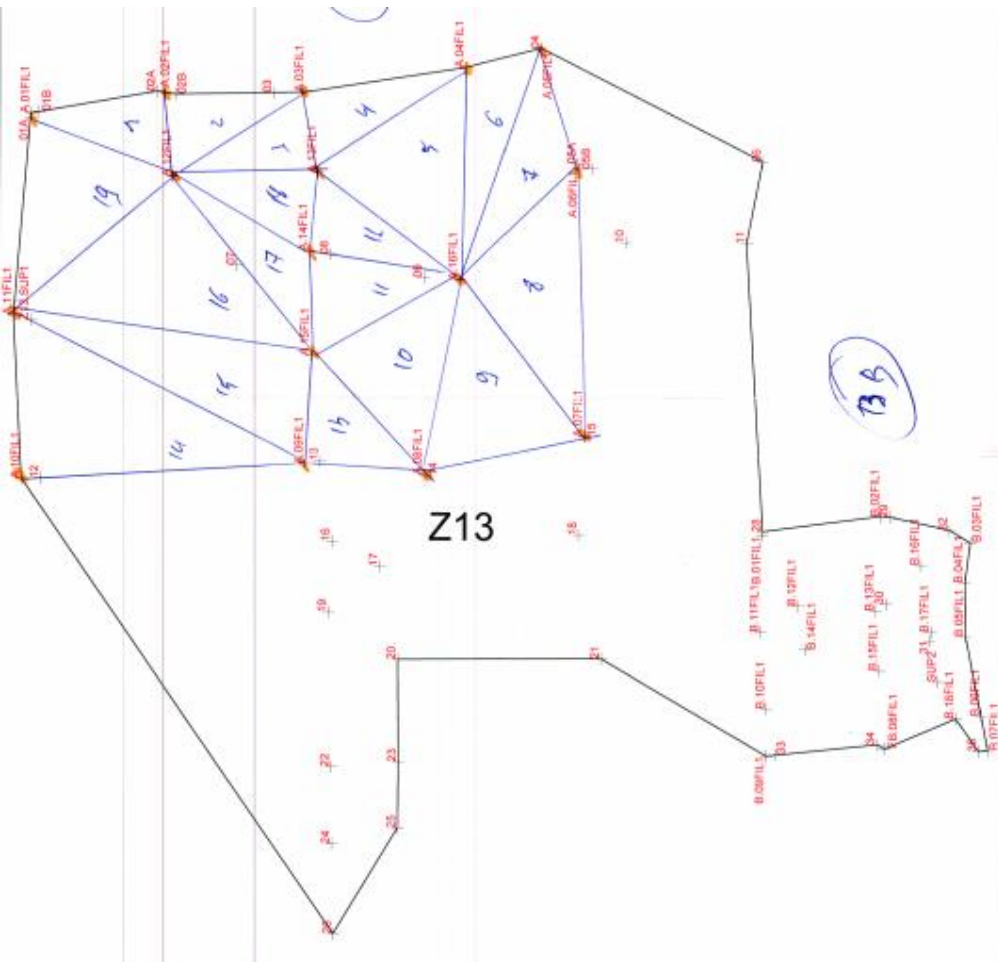
prévu réel

Zone	N° ancrage	L prévue horiz. (m)	Diam. (mm)	S tr prévue travail (mm²)	L réelle oblique (m)	inclin. (g)	inclin. (°)	L réelle horiz. (m)	S tr réelle travail (mm²)	Con d. Lon g.	Con d. Angle
14C	1	4	25	490.874	4	13	11.7	3.91689	501.289	OK	
	2	4	25	490.874	4	17	15.3	3.85823	508.911	OK	
	3	4	25	490.874	4	5	4.5	3.98767	492.392	OK	
	4	4	25	490.874	4	17	15.3	3.85823	508.911	OK	
	5	4	25	490.874	4	15	13.5	3.88948	504.822	OK	
14D	1	5	25	490.874	5	26	23.4	4.58877	534.14	KO	
	2	5	25	490.874	5	25	22.5	4.6194	531.18	KO	
	3	5	25	490.874	4.6	23	20.7	4.30304	521.75	KO	
	4	5	25	490.874	5	28	25.2	4.52414	542.16	KO	
	5	5	25	490.874	5	20	18	4.75528	516.13	OK	



Paroi rocheuse de Thon-Samson

- Détermination des surfaces exactes des filets par levé topographique



Feuille 7

Paroi rocheuse de Thon-Samson

Moyens de confortement

Energie de chute

Masse du bloc 3 t

Hauteur de chute = 100 m

Energie de chute (m.g.h)= 2.943 kj

/2019
27

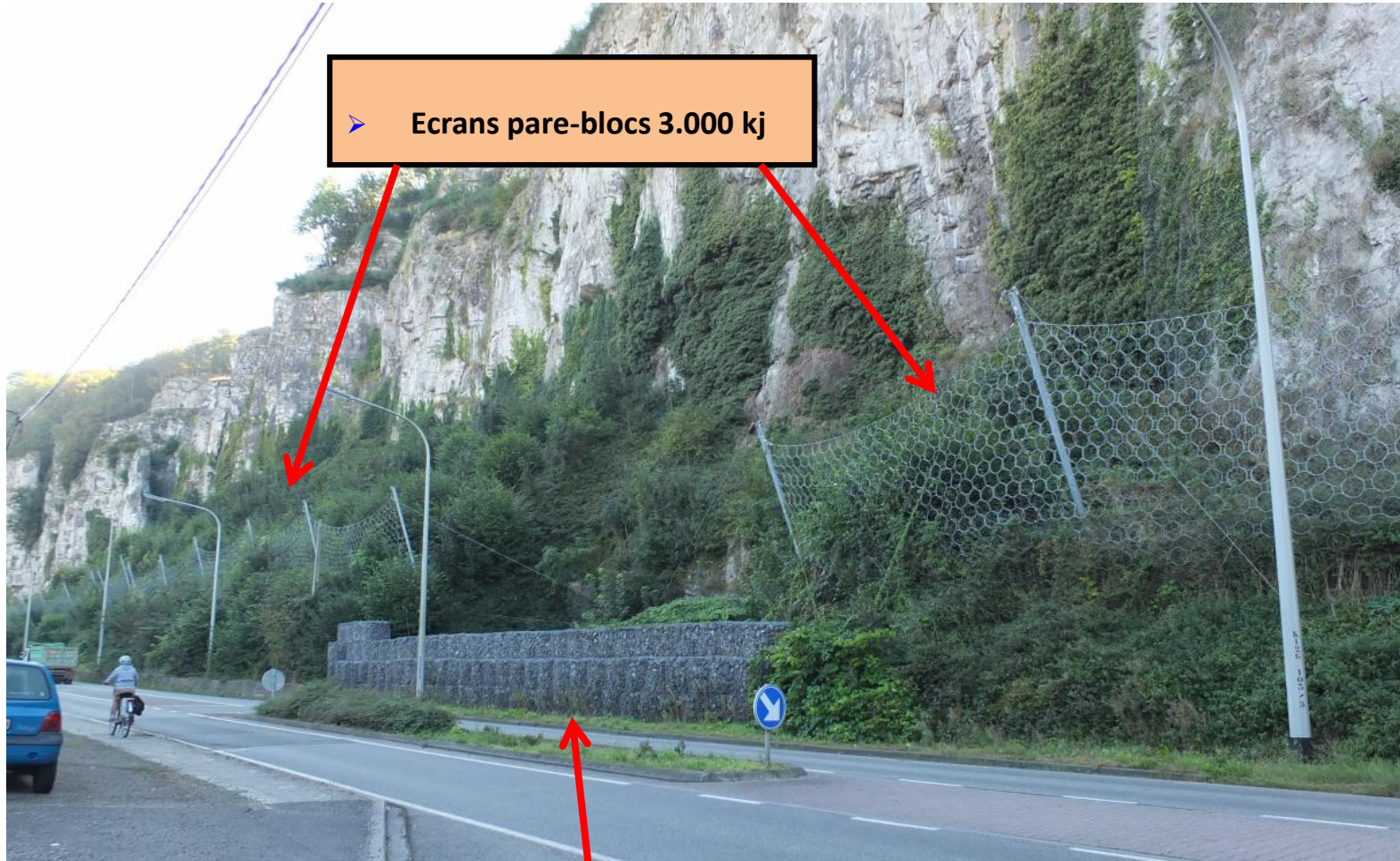
Energie de chute (KJ)	Vit (m/s)	Masse du bloc (Kg)																								
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
10	14	10	20	29	39	49	59	69	78	88	98	123	147	172	196	221	245	270	294	392	491	589	687	785	883	981
20	20	20	39	59	78	98	118	137	157	177	196	245	294	343	392	441	491	540	589	785	981	1177	1373	1570	1766	1962
30	24	29	59	88	118	147	177	206	235	265	294	368	441	515	589	662	736	809	883	1177	1472	1766	2060	2354	2649	2943
40	28	39	78	118	157	196	235	275	314	353	392	491	589	687	785	883	981	1079	1177	1570	1962	2354	2747	3139	3532	3924
50	32	49	98	147	196	245	294	343	392	441	491	613	736	858	981	1104	1226	1349	1472	1962	2453	2943	3434	3924	4415	4905
60	35	59	118	177	235	294	353	412	471	530	589	736	883	1030	1177	1324	1472	1619	1766	2354	2943	3532	4120	4709	5297	5886
70	37	69	137	206	275	343	412	481	549	618	687	858	1030	1202	1373	1545	1717	1888	2060	2747	3434	4120	4807	5494	6180	6867
80	40	78	157	235	314	392	471	549	628	706	785	981	1177	1373	1570	1766	1962	2158	2354	3139	3924	4709	5494	6278	7063	7848
90	42	88	177	265	353	441	530	618	706	795	883	1104	1324	1545	1766	1987	2207	2428	2649	3532	4415	5297	6180	7063	7946	8829
100	45	98	196	294	392	491	589	687	785	883	981	1226	1472	1717	1962	2207	2453	2698	2943	3924	4905	5886	6867	7848	8829	9810
125	50	123	245	368	491	613	736	858	981	1104	1226	1533	1839	2146	2453	2759	3066	3372	3679	4905	6131	7358	8584	9810	11036	12262
150	55	147	294	441	589	736	883	1030	1177	1324	1472	1839	2207	2575	2943	3311	3679	4047	4415	5886	7358	8829	10301	11772	13244	14715
175	59	172	343	515	687	858	1030	1202	1373	1545	1717	2146	2575	3004	3434	3863	4292	4721	5150	6867	8584	10301	12017	13734	15451	17168
200	63	196	392	589	785	981	1177	1373	1570	1766	1962	2453	2943	3434	3924	4415	4905	5396	5886	7848	9810	11772	13734	15696	17658	19620
225	67	221	441	662	883	1104	1324	1545	1766	1987	2207	2759	3311	3863	4415	4966	5518	6070	6622	8829	11036	13244	15451	17658	19865	22072
250	71	245	491	736	981	1226	1472	1717	1962	2207	2453	3066	3679	4292	4905	5518	6131	6744	7358	9810	12263	14715	17168	19620	22073	24525
275	74	270	540	809	1079	1349	1619	1888	2158	2428	2698	3372	4047	4721	5396	6070	6744	7419	8093	10791	13489	16187	18884	21582	24280	26977
300	77	294	589	883	1177	1472	1766	2060	2354	2649	2943	3679	4415	5150	5886	6622	7358	8093	8829	11772	14715	17658	20601	23544	26487	29430

Paroi rocheuse de Thon-Samson

11/01/2019

28

Moyens de confortement



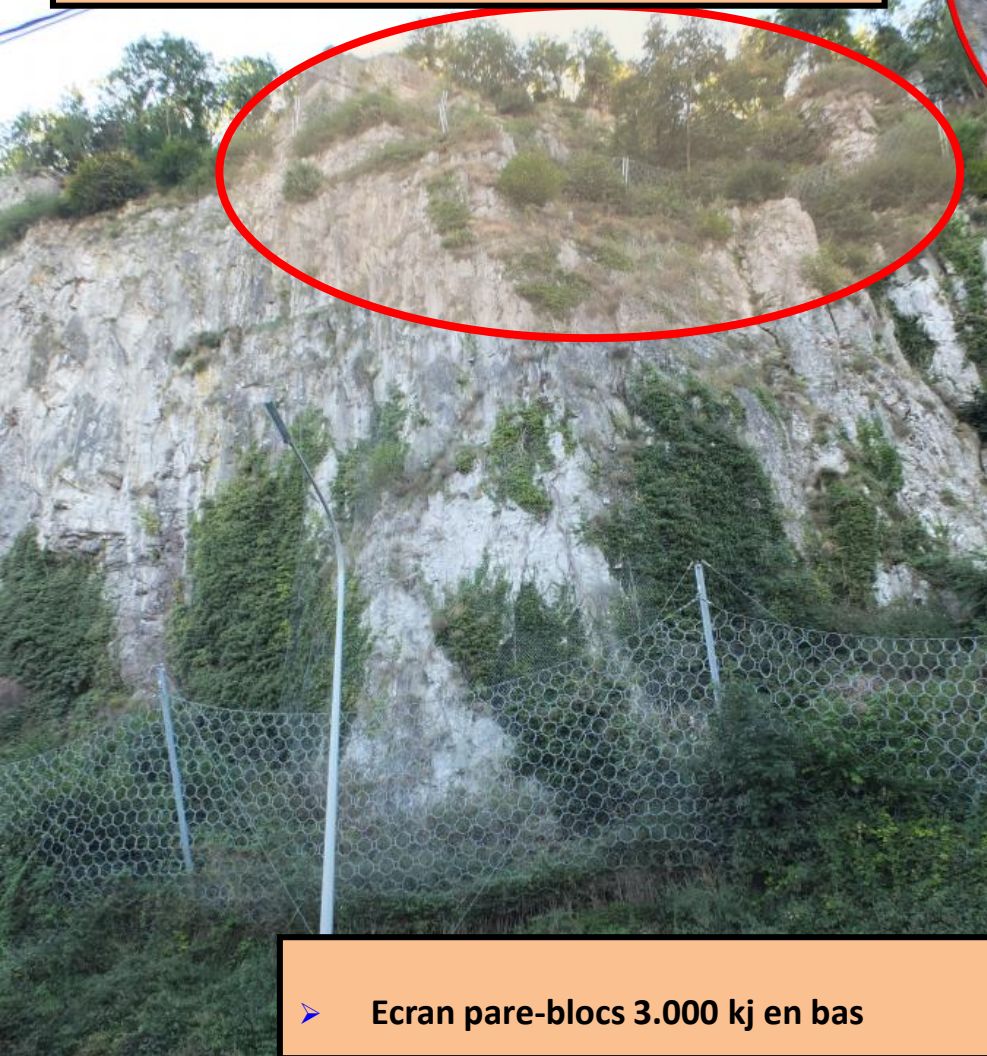
➤ Ecrans pare-blocs 3.000 kj

➤ Merlon de gabions

Paroi rocheuse de Thon-Samson

Moyens de confortement

- Combinaison de différents écrans pare-blocs



- Ecran pare-blocs 3.000 kj en bas



- Partie supérieure: écran pare-blocs 200 kj



Paroi rocheuse de Thon-Samson

11/01/2019

30

Moyens de confortement



- **Emmaitotage d'un bloc,**
 - **filet grosses mailles**
 - **grillage double torsion**
 - **ancrages**

➤ **Ecran pare-blocs 200 kj**

Paroi rocheuse de Thon-Samson

Moyens de confortement

- Confortement de masses ponctuelles par ancrages passifs



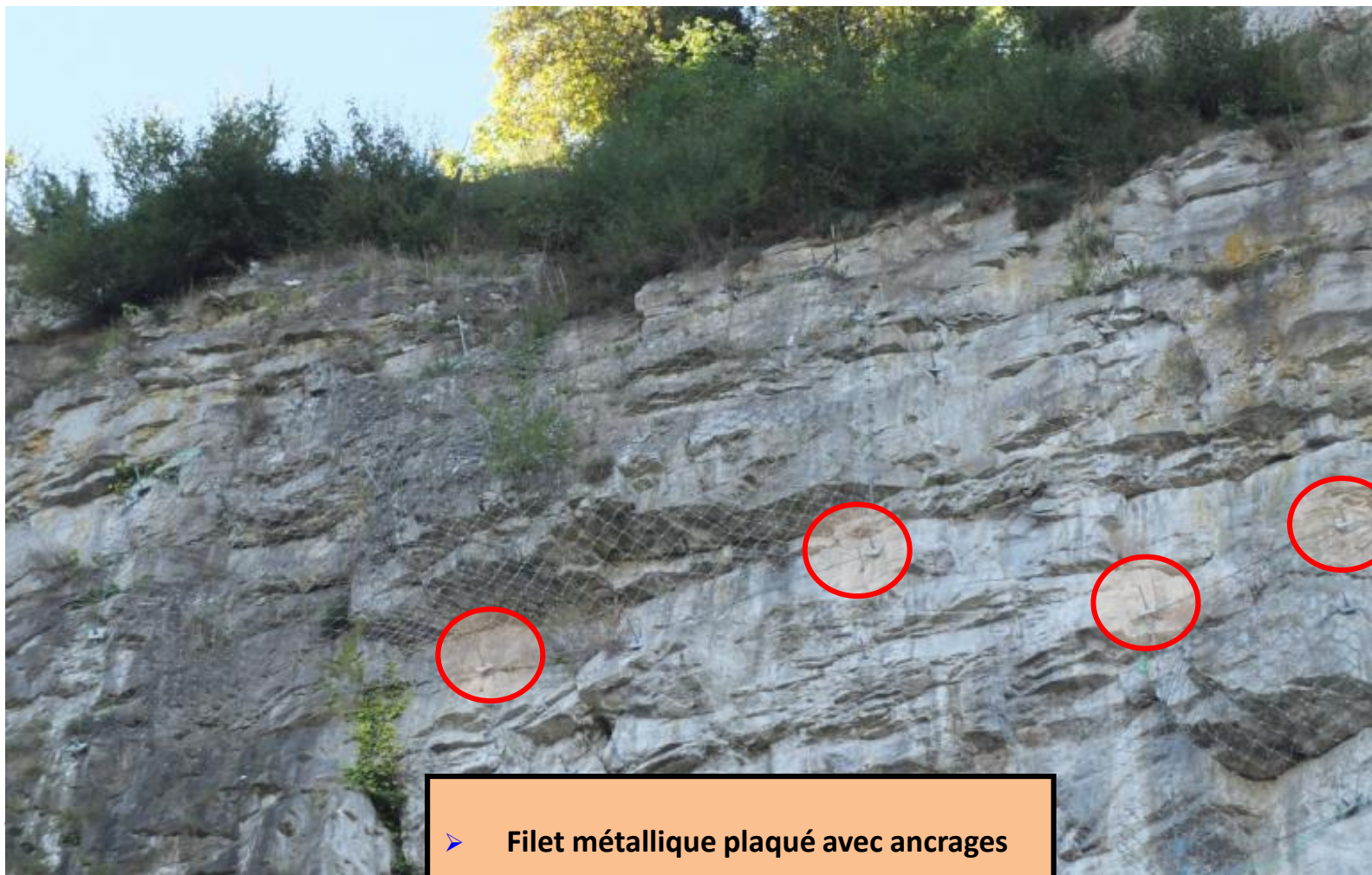
es bâtiments

Paroi rocheuse de Thon-Samson

11/01/2019

32

Moyens de confortement



➤ Filet métallique plaqué avec ancrages



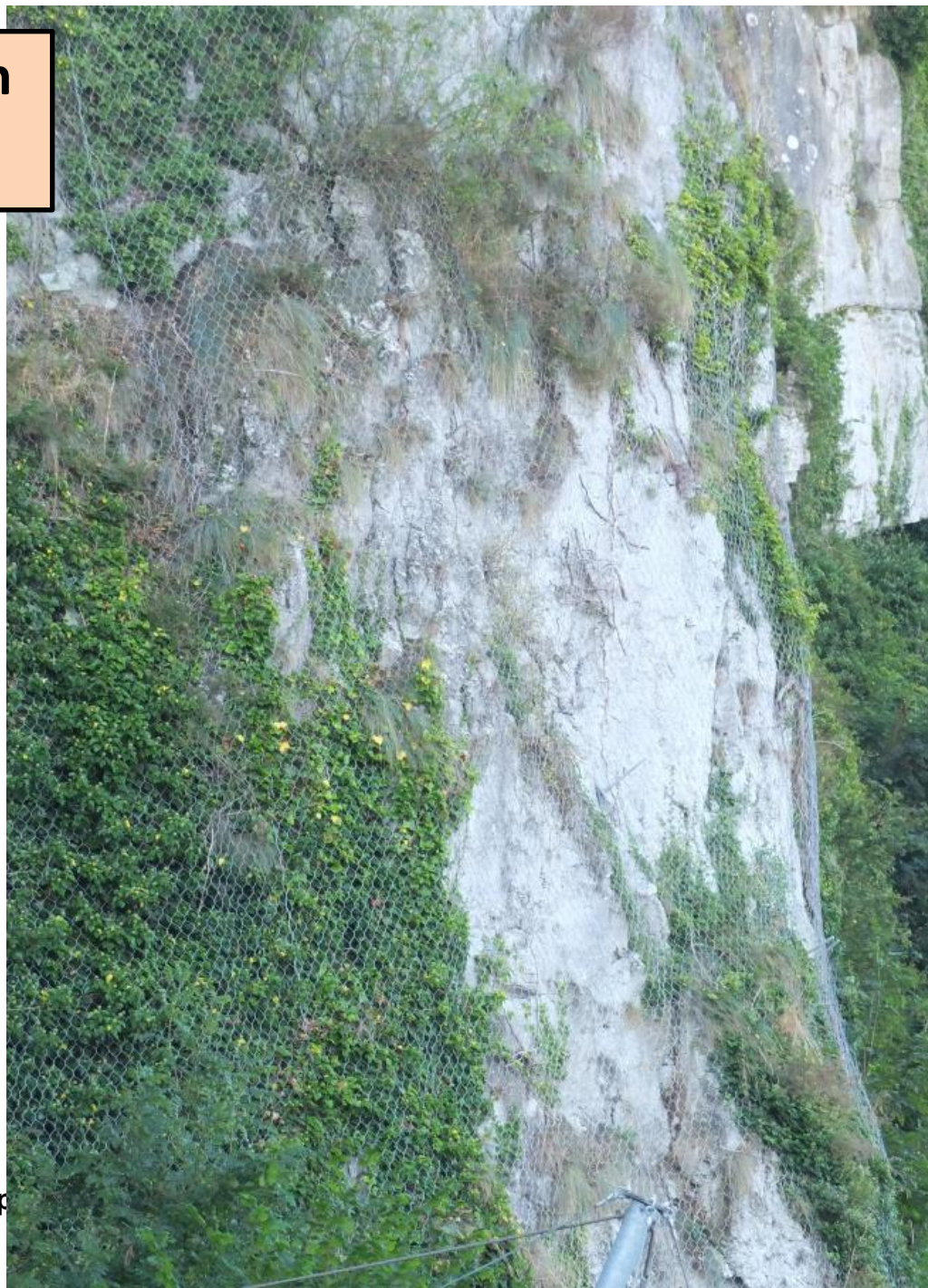
Infrastructures
SPW

Service public de wallonie Infrastructures routes bâtiments

Paroi rocheuse de Thon-samson

Moyens de confortement

- Grillage double torsion, pendant et ancré

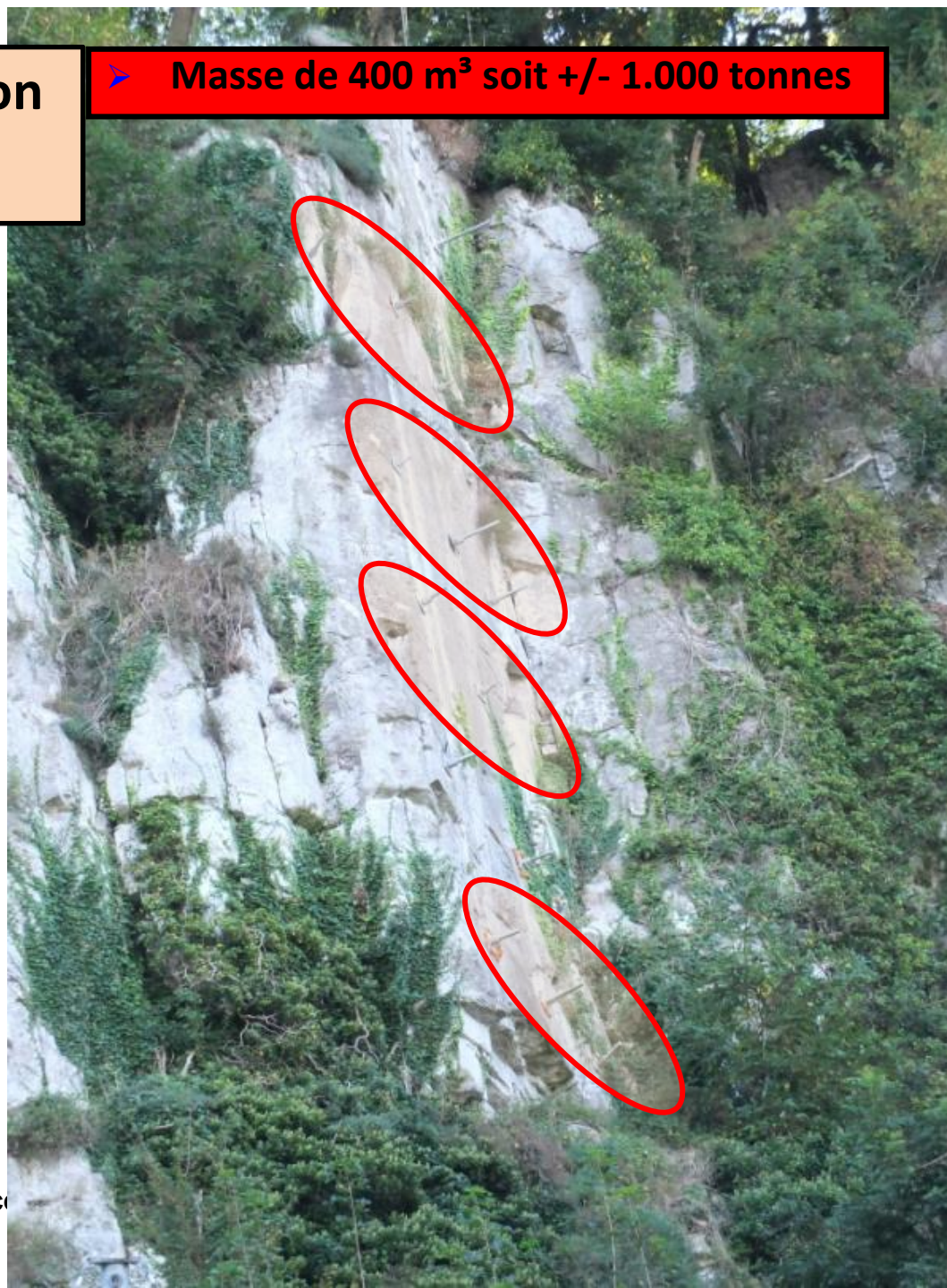


Paroi rocheuse de Thon-samson

Moyens de confortement

➤ Masse de 400 m³ soit +/- 1.000 tonnes

- Compartiment 23
- Ecaille 400 m³ soit +/- 1000 tonnes
- Non prioritaire
- 20 ancrages (43 mm diam) de 6 à 7 m de long



Moyens de confortement

Nécessité d'avoir du personnel qualifié et expérimenté

Inspection et maintenance

- **Contrôle et vérification des propositions AVANT chantier**
- **Contrôle en phase de chantier en vue de la réception**
- **Inspection et maintenance par la suite**
 - **Risque d'oubli et de saturation progressive des écrans mis en place pouvant mener à terme à leur rupture → nouvelle chute sur les routes**
- **Inspection à programmer dans le cadre de missions de contrôle (idem ponts,...)**
- **PROJET : Inclure ces dispositifs de confortement dans la BDOA**
- **Inspection à réaliser par du personnel QUALIFIÉ et EXPERIMENTÉ**

Acceptation du risque



Evolution dans les mentalités

- Le risque « 0 » n'existe pas !
- Etude d'analyse des risques avec détermination
- Diminuer le risque à une valeur « acceptable »
- Acceptation à différents niveaux :
 - Techniciens
 - Responsables
 - Décideurs politiques
- Comparaison avec d'autres pays (France, Suisse, Italie, Autriche,...) là où le risque est BIEN réel et plus important
- Rester « raisonnable » dans les moyens à mettre en œuvre pour rester crédible
- De nombreuses personnes acceptent chaque jours, en montant en voiture, de prendre le risque de faire un accident avec un chauffard, ou une personne qui n'est pas en état de conduire,...

Gravité

	1	2	3	4	
Très important	Scén. i	Scén. k	Risque		4
Important	Scén. j	Risque	inacceptable		3
Peu important	Risque	assumé			2
Mineur	Risque	assumé			1
	Très improbable	Improbable	Peu probable	Possible	

Probabilité de l'effet

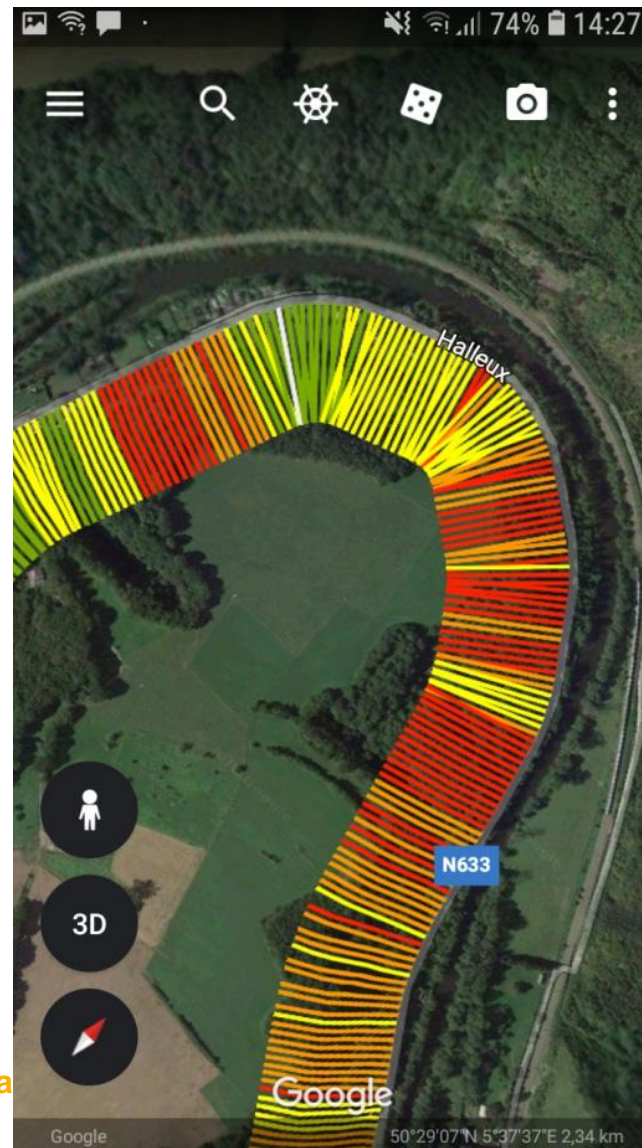
- **Mise au point d'une procédure d'inventaire automatique des parois rocheuses**
- Réalisé en collaboration DGO1-61 et DGO3-DRIGM et Service Géologique de Wallonie
- Inventaire établi sur base d'une recherche automatique dans les données LIDAR
- Réaliser UN PREMIER CLASSEMENT
- Détermination d'un facteur de dangerosité calculé sur base de 4 critères « géométriques »
- Ne prend pas en compte (*dans un premier temps*) la géologie, fracturation,...
- Création de profils espacés de 10 m avec un facteur de dangerosité propre
- Profils déterminés par rapport au « bord de la route »
- Travail de base préalable à des inspections des sites

Mise au point d'une procédure automatique d'inventaire des parois rocheuses

- Création de profils espacés de 10 m avec un facteur de dangerosité propre

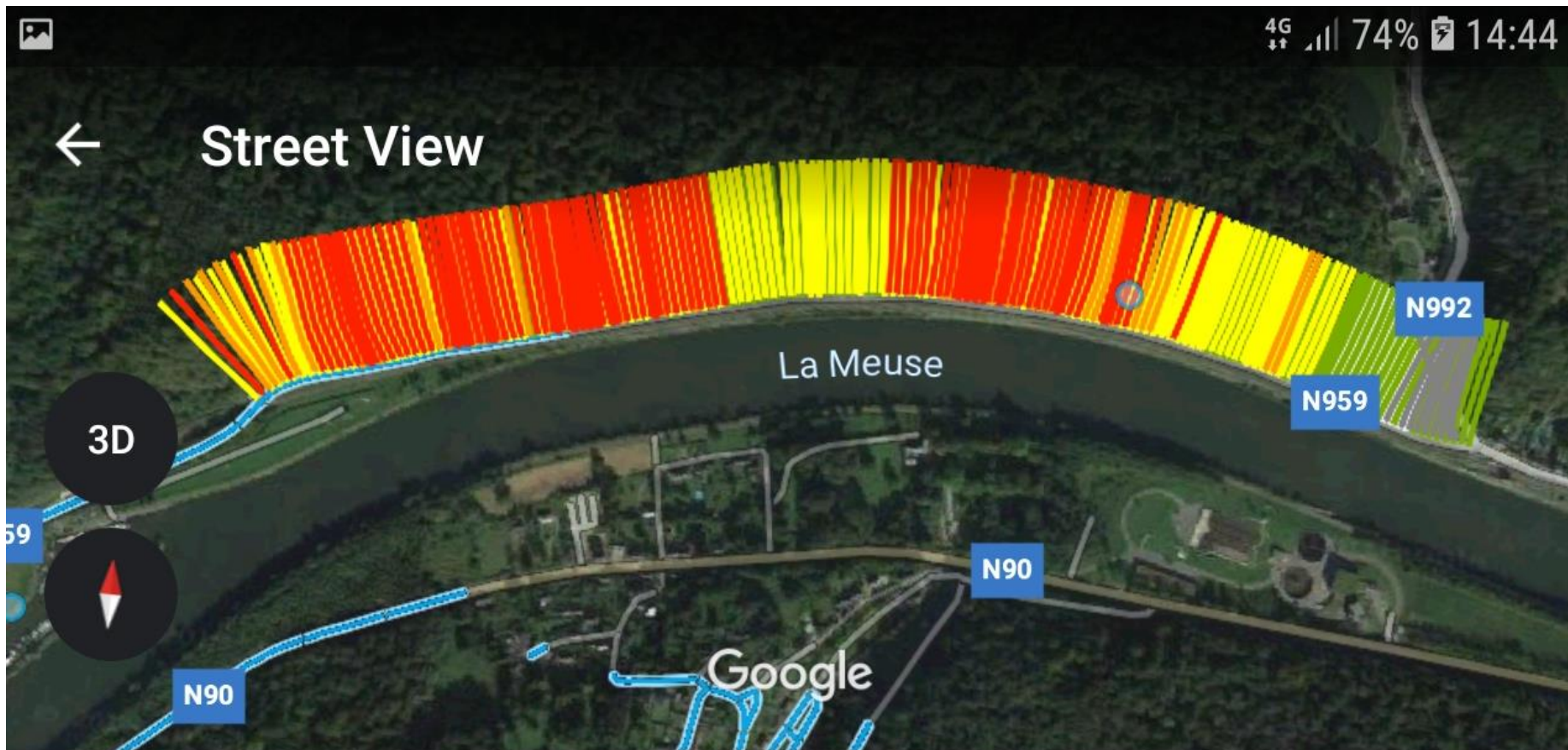


public de Wallonie **infra**



Mise au point d'une procédure d'inventaire automatique des parois rocheuses

Paroi rocheuse entre Beez et Marche-les-Dames



Mise au point d'une procédure d'inventaire automatique des parois rocheuses

« Interrogation » des profils de « manière interactive » sur site

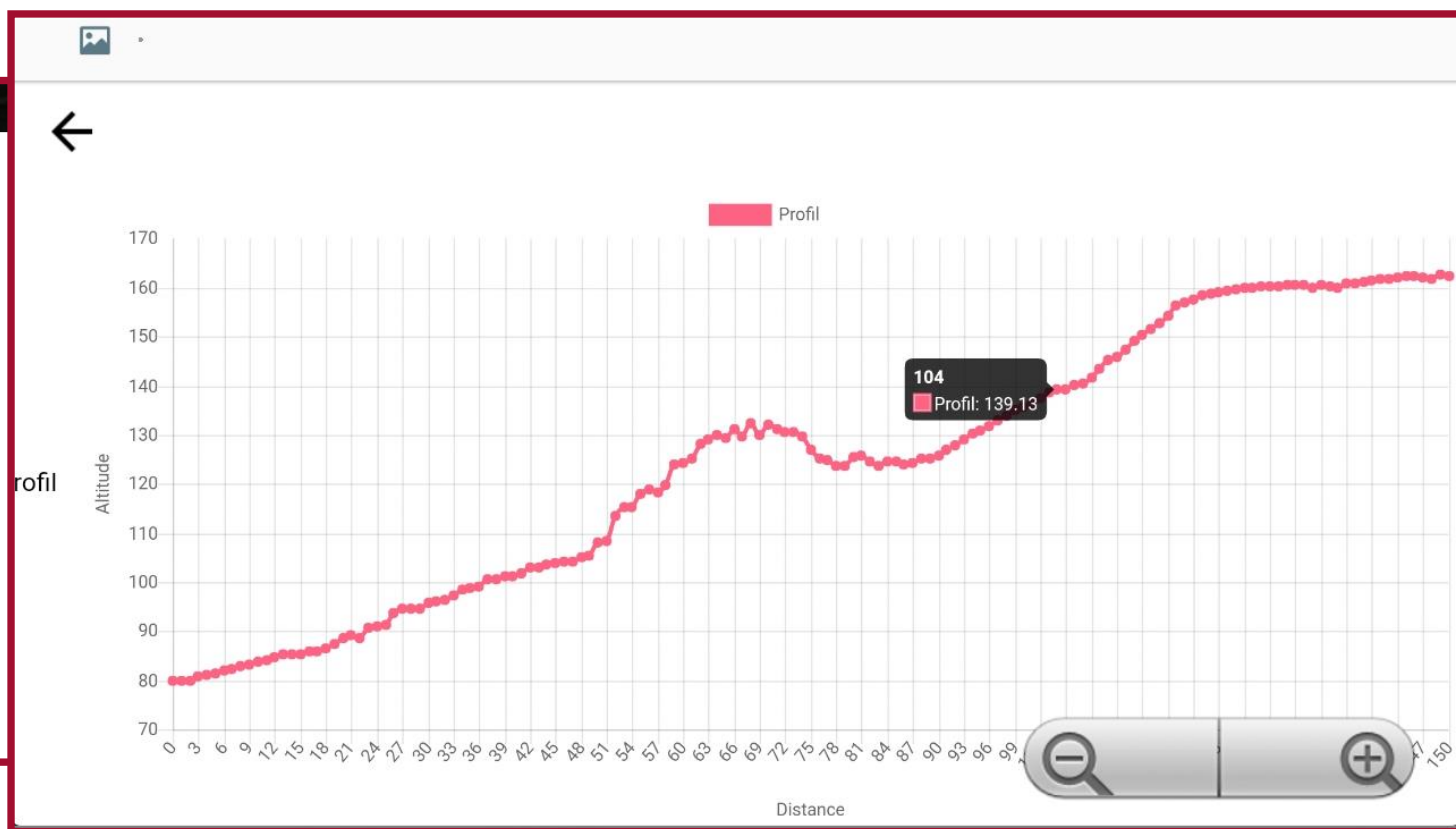
Affichage des profils topographiques et des différents critères et facteur de dangerosité

Rue de Namur

←

N959000

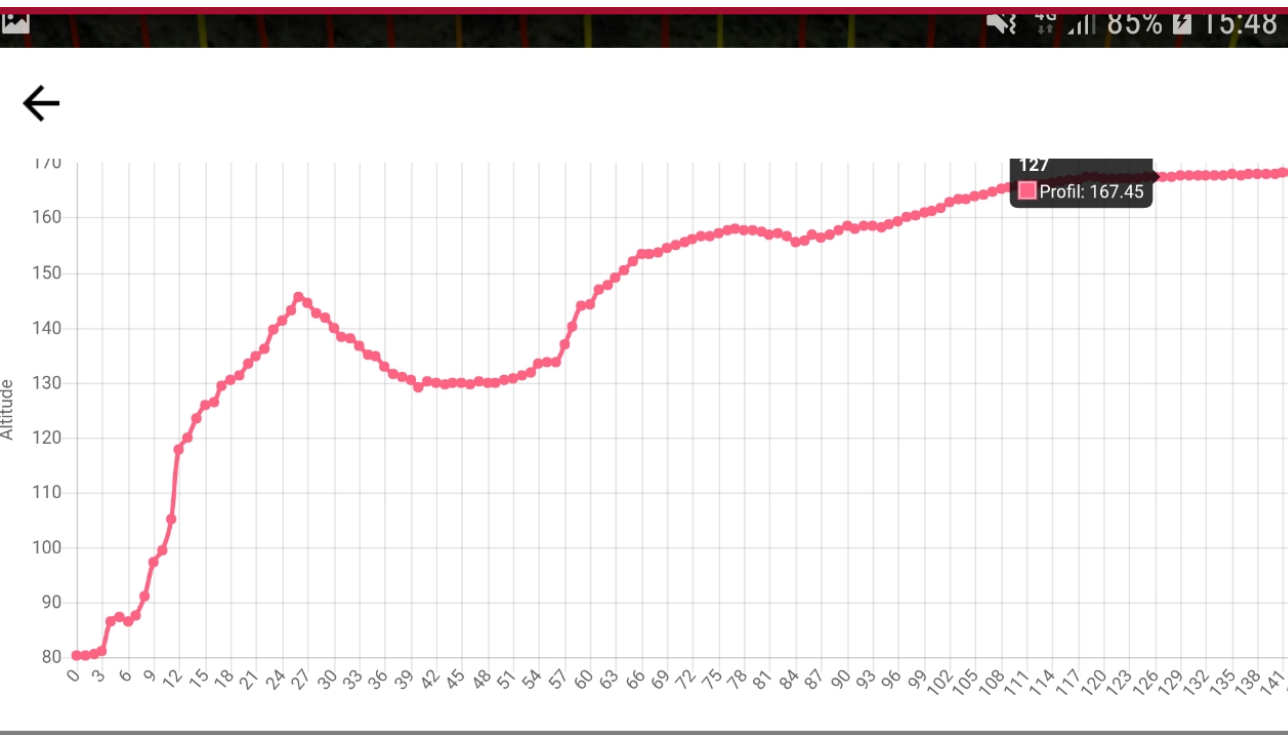
AID	59
F1A	78.89482
F1D	51
F2	38.09535
F3	82.68
F4	0
C1	2.7
C2	3.4
C3	9
C4	2.4
Danger	40.08



Mise au point d'une procédure d'inventaire automatique des parois rocheuses

« Interrogation » des profils de « manière interactive »

Affichage des profils topographiques et des différents critères et facteur de dangerosité



←
N959000

AID	46
F1A	85.44061
F1D	11
F2	72.25089
F3	88.44
F4	0
C1	7
C2	8.2
C3	9
C4	2.4
Danger	66.56

170
160

Service public de Wallonie **infrastruc**

- **Mise en place d'un plan d'action de sécurisation des parois rocheuses**
 - **Classification « automatique » des parois rocheuses**
 - **Paramètre de dangerosité**
 - **Visite des parois par des experts et/ou les gestionnaires**
 - **Encodage sur tablette des remarques, des corrections,...**
 - **Etude géologique des sites à prioriser**
 - **Observations visuelles (pendage, diaclases, fractures,...)**
 - **Recommandations et propositions de sécurisation**
 - **Planification des travaux**
 - **Encodage dans Banque de Données appropriée**
 - **Prévoir des visites d'inspection et de contrôle planifiées**



Je vous remercie pour votre attention