

ANNEXE QC-95

**Rapport de contrôle des projections de roc lors de sautages
sans matelas pare-éclats**



SNC · LAVALIN

MINE CANADIAN MALARTIC - EXPERTISE POUR TRAVAUX DE FORAGE ET DE SAUTAGE

Rapport de contrôle des projections de roc lors de
sautages sans matelas pare-éclats

Mine Canadian Malartic



MINES ET MÉTALLURGIE

26 | 05 | 2015

RAPPORT > ORIGINAL

Rev. 00 > Ref. Interne 611912-0039-40ER-0001



SNC • LAVALIN

SNC-LAVALIN INC.
5500 des Galeries Boul., Suite 200
Québec (Qc)
Canada G2K 2E2
Tél: (418) 621-5500
Fax: (418) 621-8887

Québec, le 26 mai 2015

Monsieur Guy Gagnon, ing
Surintendant Ingénierie
MINE CANADIAN MALARTIC
100, chemin du Lac Mourier, C.P. 2040
Malartic (Québec)
J0Y 1Z0

Objet: Mine Canadian Malartic – Expertise pour travaux de forage et de sautage
Rapport du contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats
Notre dossier: 611912-O039-40ER-0001_00

Monsieur Gagnon,

Il nous fait plaisir de vous transmettre la version finale du rapport mentionné en objet.

Espérant le tout à votre entière satisfaction, nous demeurons à votre disposition pour tout renseignement supplémentaire.

Veillez agréer, Monsieur Gagnon, l'expression de nos meilleures salutations.

SNC LAVALIN INC.

Pierre Groleau, ing.
Expert en explosifs
Mines et métallurgie

PG/bsp

LISTE DES RÉVISIONS APPORTÉES AU DOCUMENT

#	Révision			Pages Révisées	Remarques
	Prép.	App.	Date		
PB	P.G.	A.H	26 mai 2015	Toutes	Version pour commentaires du client
00	P.G.	A.H.	26 mai 2015	Toutes	Version finale pour le client

AVIS AU LECTEUR

Ce document fait état de l'opinion professionnelle de SNC-Lavalin inc. («SNC-Lavalin») quant aux sujets qui y sont abordés. Son opinion a été formulée en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent. Le document doit être interprété dans le contexte de la convention en date du 18 février 2014 (la «Convention») intervenue entre SNC-Lavalin et Mine Canadian Malartic (le «Client»), ainsi que de la méthodologie, des procédures et des techniques utilisées, des hypothèses de SNC-Lavalin ainsi que des circonstances et des contraintes qui ont prévalu lors de l'exécution de ce mandat. Ce document n'a pour raison d'être que l'objectif défini dans la Convention et est au seul usage du Client, dont les recours sont limités à ceux prévus dans la Convention. Il doit être lu comme un tout, à savoir qu'une portion ou un extrait isolé ne peut être pris hors contexte.

En préparant ses estimations, le cas échéant, SNC-Lavalin a suivi une méthode et des procédures et pris les précautions appropriées au degré d'exactitude visé, en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent, et est d'opinion qu'il y a une forte probabilité que les valeurs réelles seront compatibles aux estimations. Cependant, l'exactitude de ces estimations ne peut être garantie. À moins d'indication contraire expresse, SNC-Lavalin n'a pas contre-vérifié les hypothèses, données et renseignements en provenance d'autres sources (dont le Client, les autres consultants, laboratoires d'essai, fournisseurs d'équipements, etc.) et sur lesquelles est fondée son opinion. SNC-Lavalin n'en assume nullement l'exactitude et décline toute responsabilité à leur égard.

Dans toute la mesure permise par les lois applicables, SNC-Lavalin décline en outre toute responsabilité envers le Client et les tiers en ce qui a trait à l'utilisation (publication, renvoi, référence, citation ou diffusion) de tout ou partie du présent document, ainsi que toute décision prise ou action entreprise sur la foi dudit document.

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-O039-40ER-0001	Rapport technique

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1.0 INTRODUCTION	1
2.0 OBSERVATIONS ET SIMULATIONS	2
2.1 Géologie.....	2
2.2 Paramètres de sautage.....	3
2.3 Analyse des vidéos de sautages (projections verticales).....	3
2.4 Simulation de projections de roc avec logiciel I-Blast.....	4
2.5 Estimation des projections de roc par formules empiriques.....	6
2.5.1 Incident du sautage de production du 9 juillet 2014.....	7
2.5.2 Estimation de la hauteur de projection du tir du 9 juillet 2014.....	8
2.5.3 Estimation des distances potentielles de projection.....	8
3.0 CONCLUSION	12
4.0 PERSONNEL	14

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 : Propriétés mécaniques de chaque type de roc.....	2
Tableau 2-2 : Résultats des simulations.....	5
Tableau 2-3 : Distances maximale de projection.....	7
Tableau 2-4 : Distance maximale de projection verticale – forage de 216 mm de diamètre.....	8
Tableau 2-5 : Distance maximale de projection horizontale – forage de 216 mm de diamètre.....	9
Tableau 2-6 : Distance maximale de projection verticale - forage de 165 mm de diamètre.....	10
Tableau 2-7 : Distance maximale de projection horizontale - forage de 165 mm de diamètre.....	11
Tableau 2-8 : Distance maximale de projection verticale – forage de 140 mm de diamètre.....	11
Tableau 2-9 : Distance maximale de projection horizontale – forage de 140 mm de diamètre.....	12

LISTE DES ANNEXES

Annexe A : Analyse du processus de forage et sautage

Annexe B : Analyse des bandes vidéo de sautages de production – Estimation des projections verticales maximales

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original -V.00
2015/05/26	611912-O039-40ER-0001	Rapport technique

Annexe C : Simulations des projections de roc issues d'un sautage de production avec le logiciel de simulation I-Blast

Annexe D : Estimation balistique de la projection de pierre issue du sautage C6-240-092

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original -V.00
2015/05/26	611912-O039-40ER-0001	Rapport technique

1.0 INTRODUCTION

Au printemps 2014, la direction de Mine Canadian Malartic a mandaté la firme SNC-Lavalin pour évaluer la possibilité de procéder à des retraits progressifs du recouvrement des sautages de production et d'émettre un rapport à cet effet.

Les sautages de production localisés à une certaine proximité des limites de la fosse minière sont entièrement recouverts en surface par la mise en place de matelas pare-éclats, soit à l'intérieur d'un périmètre de 337 m des habitations riveraines de la fosse minière.

En considération des méthodes rigoureuses appliquées par Mine Canadian Malartic pour assurer le contrôle des sautages et en vertu des résultats obtenus, la direction de Mine Canadian Malartic cherche à réduire progressivement le périmètre de pose de matelas pare-éclats tout en s'assurant de conserver la sécurité des sautages.

Pour rendre cet objectif possible, Mine Canadian Malartic préconise et applique des méthodes sans précédent à toutes les étapes du sautage en vue d'assurer un contrôle optimal de chaque tir. La description de la méthodologie de contrôle de la qualité des sautages est présentée à l'**Annexe A** de ce rapport. Dans cette annexe, on retrouve l'organigramme de l'analyse détaillé du processus de forage et sautage pertinent à la réalisation de chaque sautage et définissant les diverses étapes et intervenants dans ce processus rigoureux du contrôle de la qualité des sautages.

Pour les estimations de projection de pierre, nous avons procédé selon deux méthodes, en premier lieu par des simulations de projection de roc avec le logiciel de simulation de sautage I-Blast et en second lieu avec l'utilisation de formules empiriques reconnues.

Les paramètres considérés pour fins de calcul et de simulation correspondent aux paramètres géologiques et aux paramètres de forage et de sautage tels que décrits spécifiquement dans ce rapport.

Nous tenons à souligner que malgré la mise en place de nombreuses mesures particulières de contrôle de sautage, un incident avec projection de roc hors de la fosse minière est survenu lors du sautage 6C-260-092 effectué le 9 juillet 2014.

Cet incident s'est avéré le résultat de la défaillance d'un seul élément des nombreux points de contrôle mis en place. Quoique cet incident n'ait pas eu de conséquences sérieuses, il n'en demeure pas moins que la direction de Mine Canadian Malartic ne peut et ne veut tolérer un tel événement.

Par conséquent, notre rapport visant au retrait progressif du recouvrement des sautages est réalisé en considération de l'événement du 9 juillet 2014 et établit des recommandations en considération de ce type de risque afin d'assurer la sécurité de sautages en complément aux nombreuses mesures prises par Mine Canadian Malartic.

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-0039-40ER-0001	Rapport technique

2.0 OBSERVATIONS ET SIMULATIONS

2.1 Géologie

Les observations et simulations énumérées dans notre étude ont été réalisées en considération de différents types de roc fournis par Mine Canadian Malartic et définis comme suit :

Roc minéralisé :

- SPO : porphyre silicatisé
- CPO: porphyre carbonaté
- APO: porphyre altéré

Roc stérile :

- SCH: schiste
- SGR: gray walk shisteux
- CGR: gray walk carbonaté
- AGR: gray walk altéré

Les propriétés mécaniques de chaque type de roc sont définies au tableau suivant :

Tableau 2-1 : Propriétés mécaniques de chaque type de roc

Roc	Minerai			Stérile			
	SPO	CPO	APO	SCH	SGR	CGR	AGR
Densité (kg/m ³)	2 670	2 670	2 680	2 800	2 700	2 740	2 760
Onde P (m/sec)	6 000	6 000	6 000	6 250	6 250	6 250	6 250
Résistance en tension (MPa)	15	17	21	11	15	14	15
Résistance en compression (MPa)	150	165	205	110	150	140	145
Module de Young (GPa)	56	46	53	38	54	46	47
Coefficient de Poisson	0,15	0,17	0,17	0,15	0,17	0,18	0,19

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-0039-40ER-0001	Rapport technique

2.2 Paramètres de sautage

Les sautages considérés dans le cadre de cette étude correspondent à des sautages de production effectués avec les équipements de forage de Mine Canadian Malartic selon un diamètre de 216 mm. Les paramètres correspondants de forage et de sautage utilisés sont :

Paramètres	Minerai	Stérile
Fardeau (m)	5,5	6,0
Espacement (m)	5,5	6,0
Hauteur banc (m)	10,0	10,0
Sous-forage (m)	1,2	1,2
Collet (m)	4,2	4,2
Hauteur chargée (m)	7,0	7,0
Émulsion en vrac (kg)	294,6	294,6
(1,15 g/cc)		

En parallèle, nous avons analysé et estimé les projections potentielles de roc issues de dynamitage pour des diamètres inférieurs de forage soit, 140 mm et 165 mm. Les paramètres associés de forage et de sautage et considérés pour cette étude sont :

Paramètres		
Diamètre de forage (mm)	140	165
Fardeau (m)	3,2	3,7
Espacement (m)	3,2	3,7
Hauteur banc (m)	10,0	10,0
Sous-forage (m)	1,2	1,2
Collet (m)	3,6	3,9
Hauteur chargée (m)	7,6	7,3
Émulsion en vrac (kg)	133,9	179,7
(1,15 g/cc)		

2.3 Analyse des vidéos de sautages (projections verticales)

Dans un premier temps, nous avons demandé à l'équipe d'ingénierie des sautages de Mine Canadian Malartic de procéder à des analyses visuelles des bandes vidéos des sautages de production dans différents secteurs de la fosse afin d'évaluer les hauteurs maximales de projection de pierre issues des sautages non-recouverts.

Les sautages ont été répertoriés afin d'estimer approximativement les projections maximales verticales observées dans différents types de roc. Ces données seront utilisées pour procéder à la calibration du logiciel de simulation de sautage I-Blast.

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-0039-40ER-0001	Rapport technique

À cet effet, 13 sautages ont été répertoriés tel qu'illustré au tableau de l'**Annexe B** du présent rapport. Ces observations permettent de constater que les projections verticales maximales varient généralement entre 30 m et 50 m et peuvent atteindre jusqu'à 70 m dans le cas du sautage du 21 juin.

2.4 Simulation de projections de roc avec logiciel I-Blast

Suite aux données précédentes fournies par Mine Canadian Malartic, nous avons procédé à des simulations de sautage avec le simulateur I-Blast. Les résultats des diverses simulations effectuées sont illustrés à l'**Annexe C** du présent rapport.

Tel que constaté dans les tableaux suivants, le logiciel I-Blast démontre qu'en vertu d'un collet conforme de 4,2 m établi au sein d'un roc de bonne compétence, il n'y aurait aucune éjection de roc verticale obtenue par effet de cratère tant pour le roc minéralisé que pour le roc stérile.

Pour obtenir des simulations de projection plus représentatives des éjections réelles constatées sur l'analyse des vidéos de sautage, nous avons révisé à la baisse les hauteurs de collet simulées. Nous avons ainsi obtenu des hauteurs de projection de pierre variables selon différentes hauteurs de collet et auxquelles nous avons défini les distances maximales de projections horizontales correspondantes. Ces valeurs correspondent aux projections de roc obtenues par effet de cratère, c'est-à-dire d'éjections verticales de roc lors de sautage.

Les résultats de ces simulations sont présentés dans le tableau de la page suivante.

En référence à une projection verticale moyenne de l'ordre de 45 m et conséquente de l'analyse vidéo des sautages, les distances de déplacement horizontales maximales correspondantes obtenues par simulation I-Blast sont de 191 m dans le minerai et de 186 m dans le roc stérile. Ces simulations ont été réalisées en fonction d'une hauteur de collet révisé à 2,5 m.

Si on considère la projection verticale maximale observée sur les analyses des bandes vidéo, soit de l'ordre de 70 m, on obtiendrait alors une distance de projection horizontale pouvant atteindre plus de 285 m.

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-0039-40ER-0001	Rapport technique

Tableau 2-2 : Résultats des simulations

Minerai Diamètre foré : 216 mm (8½ po) Patron de forage : 5,5 m x 5,5 m		
Collet (m)	Projection verticale max. (effet de cratère) (m)	Distance horizontale max. (effet de cratère) (m)
4,2	0	0
3,0	26	111
2,8	32	136
2,7	36	152
2,5	46	191
2,3	59	242
2,2	65	267
2,1	78	319
Roc stérile Diamètre foré : 216 mm (8½ po) Patron de forage : 6,0 m x 6,0 m		
Collet (m)	Projection verticale max. (effet de cratère) (m)	Distance horizontale max. (effet de cratère) (m)
4,2	0	0
3,0	26	111
2,8	31	133
2,7	36	150
2,5	45	186
2,3	56	231
2,2	64	264
2,1	75	308

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-0039-40ER-0001	Rapport technique

2.5 Estimation des projections de roc par formules empiriques

En complément aux estimations simulées pour les projections de roc et pour fins de comparaison, nous avons estimé les distances maximales de projection en vertu des formules empiriques suivantes :

$$V_0 = k \left(\frac{\sqrt{m}}{SH} \right)^{1.3} \sin 2\theta_{LA}$$

Vitesse initiale des projections de roc :

$$R_2 = V_0 \cos \theta_{LA} \left(\frac{V_0 \sin \theta_{LA} + \sqrt{(V_0 \sin \theta_{LA})^2 - 2gH}}{g} \right)$$

Distance maximale horizontale :

$$h_2 = \frac{V_0^2 \sin^2 \theta_{LA}}{2g} + H$$

Distance maximale verticale :

V_0 = Vitesse initiale des projections de roc

k = Constante du roc en fonction de sa dureté

m = Charge explosive par mètre

SH = Hauteur de collet

R_2 = Distance de projection horizontale maximale

g = Constante gravitationnelle estimée à 9,8 m/s²

H = Hauteur de banc

h_2 = Distance de projection verticale maximale

Ces formules font référence aux publications suivantes: Lundborg (1981), Roth (1981), Workman and Calder (1994), St. George and Gibson (2001), Richard and Moore (2004 and 2006), Little (2007), and McKenzie (2009).

En considération des projections horizontales maximales obtenues en vertu d'une constante élevée pour un roc solide, on obtient les valeurs suivantes :

Projections verticales max. = 68 m

Projections horizontales max. = 240 m

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-0039-40ER-0001	Rapport technique

L'angle de projection considéré pour ces formules est de 45 degrés. En fonction de cet angle de projection, nous obtenons les distances maximales de projection suivantes :

Tableau 2-3 : Distances maximale de projection

Distance maximale de projection verticale (m)	Distance maximale de projection horizontale (m)
30	81
40	120
50	162
60	200
70	241

2.5.1 Incident du sautage de production du 9 juillet 2014

Malgré l'ensemble des mesures de contrôle de sautage définies à l'**Annexe A** et appliquées par Mine Canadian Malartic, une projection non contrôlée d'une roche hors de la fosse minière a été observée lors du sautage de production 6C-260-092 effectué le 9 juillet 2014. Une mauvaise adaptation de la hauteur du collet suite à la présence d'un roc altéré dans la portion du collet serait à l'origine de l'incident.

Plus de 28 sautages de production non recouverts ont été effectués dans ce secteur dont un seul résultant en une projection non contrôlée. Sur ce tir unique et suite à l'analyse de la bande vidéo du sautage, un seul trou s'avère la cause de l'incident.

Le succès de tout sautage résulte sur le bon contrôle d'un amalgame de plusieurs paramètres. Tel que constaté sur l'expérience du tir du 9 juillet dernier, un seul paramètre non contrôlé sur un seul sautage, suffit à générer des résultats de sautage inacceptables.

Lors de l'éjection du bloc de roc en provenance de la région du collet du trou, le bloc récupéré s'est scindé en 3 fragments distincts lors de son atterrissage. Les fragments récupérés présentaient les dimensions suivantes :

Fragment 1:	20,5 cm x 19,5 cm x 8,0 cm	2,2 kg
Fragment 2:	18,0 cm x 7,0 cm x 5,0 cm	1,6 kg
Fragment 3:	12,0 cm x 7,0 cm x 5,0 cm	0,5 kg
Masse totale:	4,3 kg	

L'élévation de départ du projectile correspond au niveau du plancher de forage du sautage 6C-260-092, soit l'élévation 269 alors que l'élévation au point d'arrivée du projectile était 332. La différence d'élévation du trajet de la roche projetée était de 63 m.

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-0039-40ER-0001	Rapport technique

La distance horizontale de projection de la roche était de 230 m. On peut observer l'illustration de la trajectoire probable du projectile, estimée par Mine Canadian Malartic à l'**Annexe D** du présent rapport.

2.5.2 Estimation de la hauteur de projection du tir du 9 juillet 2014

Pour procéder à l'estimation de la hauteur probable d'éjection verticale du fragment de roc du tir du 9 juillet, nous avons utilisé les formules empiriques précédemment mentionnées.

Nous avons choisi ces formules plutôt que les simulations avec le logiciel I-Blast puisque celles-ci nous offrent une flexibilité accrue pour procéder à des analyses selon différents angles de projection ainsi qu'une variation d'élévation entre les points de départ et d'arrivée des projectiles.

Selon les formules empiriques de projection et tel que défini au tableau ci-dessous, nous estimons que la hauteur maximale de projection calculée serait obtenue en vertu d'un angle de projection de 55 degrés. Ces formules considèrent simultanément la hauteur et la vitesse d'éjection du projectile. C'est en considération de ces deux critères que l'angle critique de 55 degrés est établi.

Pour le tir du 9 juillet 2014, considérant une variation d'élévation de 63 m, combinée à une projection horizontale de 230 m et d'un angle de projection de 55 degrés, nous sommes en mesure d'établir la valeur de la constante de roc à 32,75 pour fins de calcul.

Ainsi, selon les informations recueillies sur le tir du 9 juillet, la hauteur potentielle maximale du fragment de roc éjecté et issu d'un trou de production de 216 mm de diamètre serait de 111 m.

Tableau 2-4 : Distance maximale de projection verticale – forage de 216 mm de diamètre

Angle de projection (°)	Hauteur potentielle maximale de projection (effet de cratère) (m)
45	95
50	107
55	111
60	105

2.5.3 Estimation des distances potentielles de projection

Selon nos calculs effectués avec une constante de roc de 32,75, nous avons été en mesure de produire le tableau suivant qui définit les distances horizontales maximales de projection de roc obtenues selon différents angles de projection et selon différents écarts d'élévation entre les points de départ et d'arrivée des projectiles.

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-0039-40ER-0001	Rapport technique

Tableau 2-5 : Distance maximale de projection horizontale – forage de 216 mm de diamètre

Trou de 216 mm de diamètre - Distance maximale de projection horizontale (effet de cratère) (m)				
Variation d'élévation (m)	Angle de projection (45°)	Angle de projection (50°)	Angle de projection (55°)	Angle de projection (60°)
0	339	324	282	220
10	329	316	274	215
20	318	306	267	208
30	306	297	259	202
40	293	286	250	194
50	278	275	241	186
60	261	262	230	177
70	241	247	218	167
75	227	239	212	161
80	210	229	204	155
85	189	218	196	147
90	162	204	186	137
95	128	183	174	122
100	N/A	153	156	99
105	N/A	107	129	65
110	N/A	N/A	89	N/A
115	N/A	N/A	N/A	N/A

Le résultat N/A (non applicable) est indiqué lorsque la différence d'élévation est supérieure à la hauteur maximale de projection du projectile. Dans un tel contexte, le projectile ne pourrait sortir hors de la fosse minière.

Ce tableau pourrait servir de référence afin de déterminer les distances de projections horizontales maximales à respecter en fonction de l'élévation du banc exploité. Compte tenu que ces calculs sont basés à partir d'une formule empirique calibrée à partir d'un sautage présentant une projection extrême hors fosse et résultant d'une non conformité quant à l'ajustement des hauteurs de collet, les valeurs présentées dans ce tableau se veulent conservatrices pour tout sautage adéquatement contrôlé.

À titre d'exemple, en assumant un écart d'élévation de 50 m entre le plancher de forage et le point d'atterrissage du projectile, nos calculs évaluent qu'une roche projetée par effet de cratère lors d'un sautage pourrait atteindre une distance de projection horizontale maximale de 278 m en vertu d'un angle de projection de 45 degrés.

Donc, tout sautage d'une différence d'élévation de 50 m et localisé dans ce secteur et à l'intérieur d'un périmètre de 278 m par rapport à la limite de la fosse minière, devrait être recouvert en surface.

En effectuant le même exercice pour l'utilisation d'un diamètre de forage de 165 mm, nous obtenons les valeurs suivantes :

Tableau 2-6 : Distance maximale de projection verticale - forage de 165 mm de diamètre

Angle de projection (°)	Distance maximale de projection verticale (effet de cratère) (m)
45	69
50	77
55	80
60	76

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-0039-40ER-0001	Rapport technique

Tableau 2-7 : Distance maximale de projection horizontale - forage de 165 mm de diamètre

Trou de 165 mm de diamètre - Distance maximale de projection horizontale (effet de cratère) (m)				
Variation d'élévation (m)	Angle de projection (45°)	Angle de projection (50°)	Angle de projection (55°)	Angle de projection (60°)
0	234	224	194	152
10	223	215	187	146
20	212	205	179	140
30	199	195	170	132
40	183	183	160	124
50	162	168	149	113
55	146	159	141	107
60	120	147	133	99
65	80	129	122	85
70	21	102	104	64
75	N/A	62	77	32
80	N/A	N/A	N/A	N/A

Pour l'utilisation d'un diamètre de forage de 140 mm, nous obtenons les valeurs suivantes :

Tableau 2-8 : Distance maximale de projection verticale – forage de 140 mm de diamètre

Angle de Projection (°)	Distance maximale de projection verticale (effet de cratère) (m)
45	61
50	69
55	71
60	68

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-O039-40ER-0001	Rapport technique

Tableau 2-9 : Distance maximale de projection horizontale – forage de 140 mm de diamètre

Trou de 140mm de diamètre - Distance maximale de projection horizontale (m)				
Variation d'élévation (m)	Angle de Projection (45°)	Angle de Projection (50°)	Angle de Projection (55°)	Angle de Projection (60°)
0	206	197	171	137
10	195	188	163	128
20	183	178	155	121
30	169	167	146	113
35	161	161	141	109
40	151	154	135	104
45	139	146	129	98
50	120	136	122	91
55	92	122	112	82
60	43	103	96	70
65	N/A	75	72	54
70	N/A	N/A	36	N/A
75	N/A	N/A	N/A	N/A

3.0 CONCLUSION

En premier lieu, nous tenons à noter qu'en vertu du protocole rigoureux de contrôle des sautages mis en place par la direction de Mine Canadian Malartic et selon nos calculs obtenus par formules empiriques, il devient peu probable d'obtenir des projections de fragments de pierre hors de la fosse minière à l'issu d'un dynamitage de production non recouvert effectué au-delà d'une distance de 250 m. L'expérience acquise sur les nombreux sautages réalisés au cours des dernières années à l'opération de la mine de Malartic valide cette affirmation.

Tel que constaté sur les analyses des bandes vidéo des tirs de production non recouverts des trous de 216 mm de diamètre, les projections verticales estimées par effet de cratère pour les sautages réalisés selon un contrôle de sautage adéquat devraient normalement varier entre 30 m et 50 m et être projetées sur des distances horizontales pouvant varier entre 80 m et 160 m selon les formules empiriques utilisées. Pour une hauteur de projection maximale de 70 m, une distance horizontale correspondante de 240 m serait attribuée en considérant un roc solide.

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-0039-40ER-0001	Rapport technique

Toutes projections de pierre hors de la fosse minière en provenance d'un sautage effectué à une distance supérieure à 250 m de la fosse minière ne devraient logiquement résulter que d'une non conformité d'un des items faisant partie des nombreux points de vérification de contrôle de sautage.

Ainsi, il est impératif que tous les efforts visant à minimiser toutes projections de pierre lors d'un sautage demeurent concentrés sur l'application et le respect intégral du protocole de contrôle de la qualité des sautages. Ce protocole doit être minutieusement respecté par tous les intervenants à chacune des étapes du processus de contrôle des sautages.

Les tableaux inclus dans ce rapport indiquant les distances maximales de projections verticale et horizontale selon différents diamètres de la charge explosive sont issus de calculs basés à partir de l'analyse d'un sautage non conforme. Ceux-ci présentent donc des valeurs ultimes et peu probables à obtenir pour tout sautage dont l'ensemble des points de vérification sont contrôlés.

Dans la mesure où les paramètres de forage et de sautage demeurent contrôlés et corrigés lorsque non conformes, nous considérons que les tableaux et valeurs présentées dans ce rapport pourraient servir de référence à Mine Canadian Malartic pour établir les critères de recouvrement de sautage à son opération de Malartic.

Il demeure fortement recommandé à ce que la direction de Mine Canadian Malartic poursuive en tout temps l'analyse des bandes vidéo de sautage afin de s'assurer que les résultats concrets des projections de pierre des sautages non recouverts demeurent à l'intérieur des valeurs émises dans notre rapport selon le diamètre de forage utilisé.

Il est important de spécifier que les informations et valeurs simulées et calculées présentées dans ce rapport sont livrées de bonne foi et en relation avec les informations de base fournies par la direction de Mine Canadian Malartic. Il est entendu que compte tenu que SNC-Lavalin ne procède aucunement aux vérifications et contrôles des opérations de forage, de chargement des explosifs et du séquençage de la mise à feu des tirs, celle-ci ne peut être tenue responsable des résultats de sautage ainsi que de leurs conséquences en relation avec les valeurs établies dans la présente étude.

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-O039-40ER-0001	Rapport technique

4.0 PERSONNEL

Ce rapport a été préparé par Pierre Groleau, ing., expert en explosifs et Marc-Alexandre Allard, géologue stagiaire.

En espérant le tout à votre entière satisfaction, veuillez agréer, Monsieur Gagnon, l'expression de nos sincères salutations.

SNC LAVALIN INC.

Préparé par :



Pierre Groleau, ing.,
Expert en explosifs
Mines et métallurgie

PG/bsp

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-O039-40ER-0001	Rapport technique

ANNEXE A

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-O039-40ER-0001	Rapport technique



SNC • LAVALIN

5500, boulevard des Galeries, bureau 200
Québec (Québec) G2K 2E2
418-621-5500 - 418-621-8887

ANNEXE B

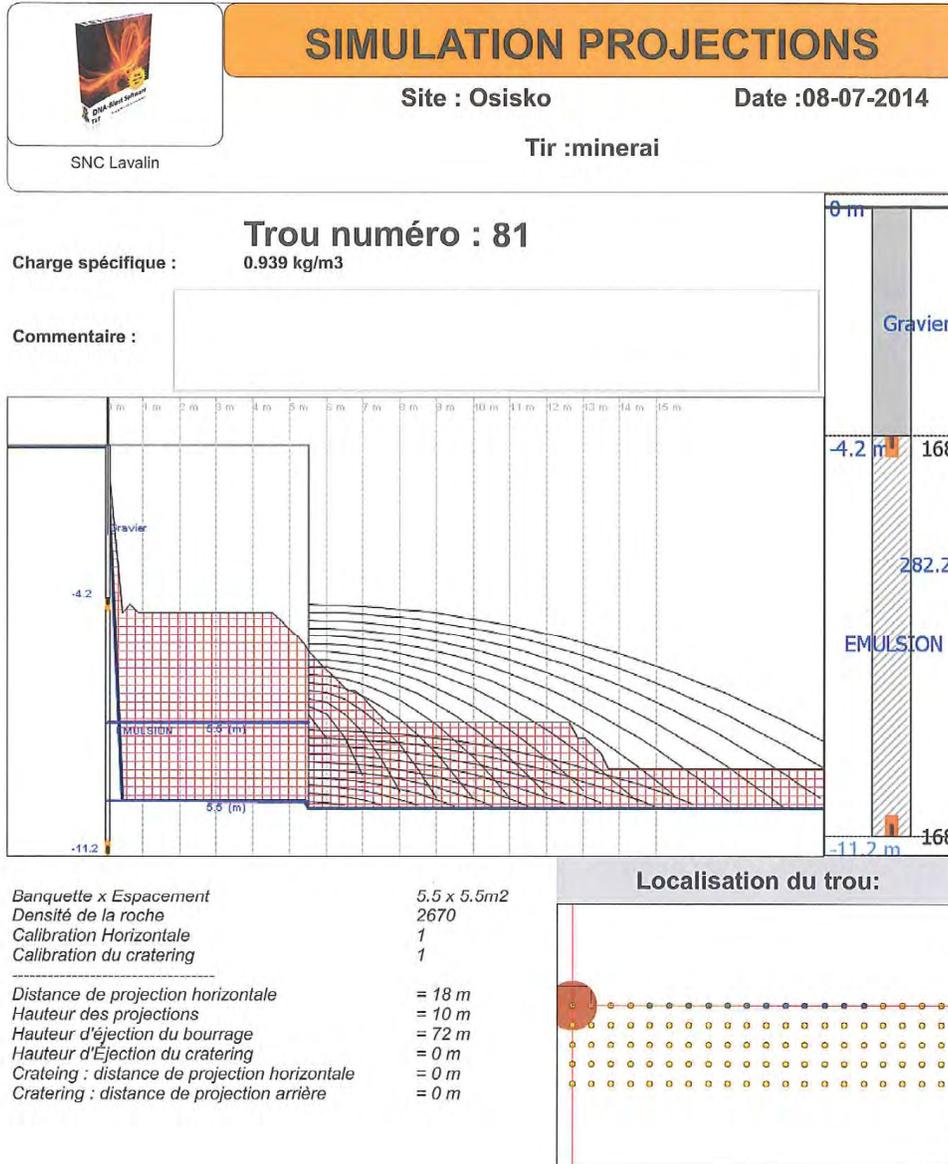
ESSAI D'ESTIMATION DE PROJECTIONS VERTICALES LORS DES SAUTAGES A L'AIDE DE CAMÉRAS												
Essai				Caméra 1			Caméra 2			Caméra 3		
Essai	Date	Sautage	Litho	élévation de forage	Variation verticale	Résultat	Remarque	élévation de forage	Résultat	Remarque	Résultat	Remarque
1	13 mars 2014	5C240-050	AGR			+/- 35						
2	22 mars 2014	6C270-101	CGR			+ 30						Test matelassage léger
3	23 mars 2014	5C 240-053B	CGR			+/- 40						
4	29 mars 2014	5C220-027A	CGR			+/- 30						
5	31 mars 2014	5C240-056	AGR			+ 50						
6	1 avril 2014	5C220-024	AGR			N/A			+/- 40			
7	1 avril 2014	5C230-037	AGR			N/A			+/- 30			
8	8 avril 2014	5C240-057	CPO(75%)/AGR (25%)			+ 30			N/A		+ 40	
9	18 avril 2014	5C240-059	CPO			+ 40			+ 40		+ 50	
10	19 avril 2014	5C230-046A	SGR			+ 40						
11	27 avril 2014	5C220-028A	AGR			+ 50						
12	27 mai 2014	5C230-055	CGR			+/- 60						
13	4 juin 2014	5C230-050+056A	CGR/AGR (50/50)			+/- 70m						
14	13 juin 2014	5C230-056	AGR	280								
15	21 juin 2014	5C210-002+003+004	CGR	280								

Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats
2015/05/26

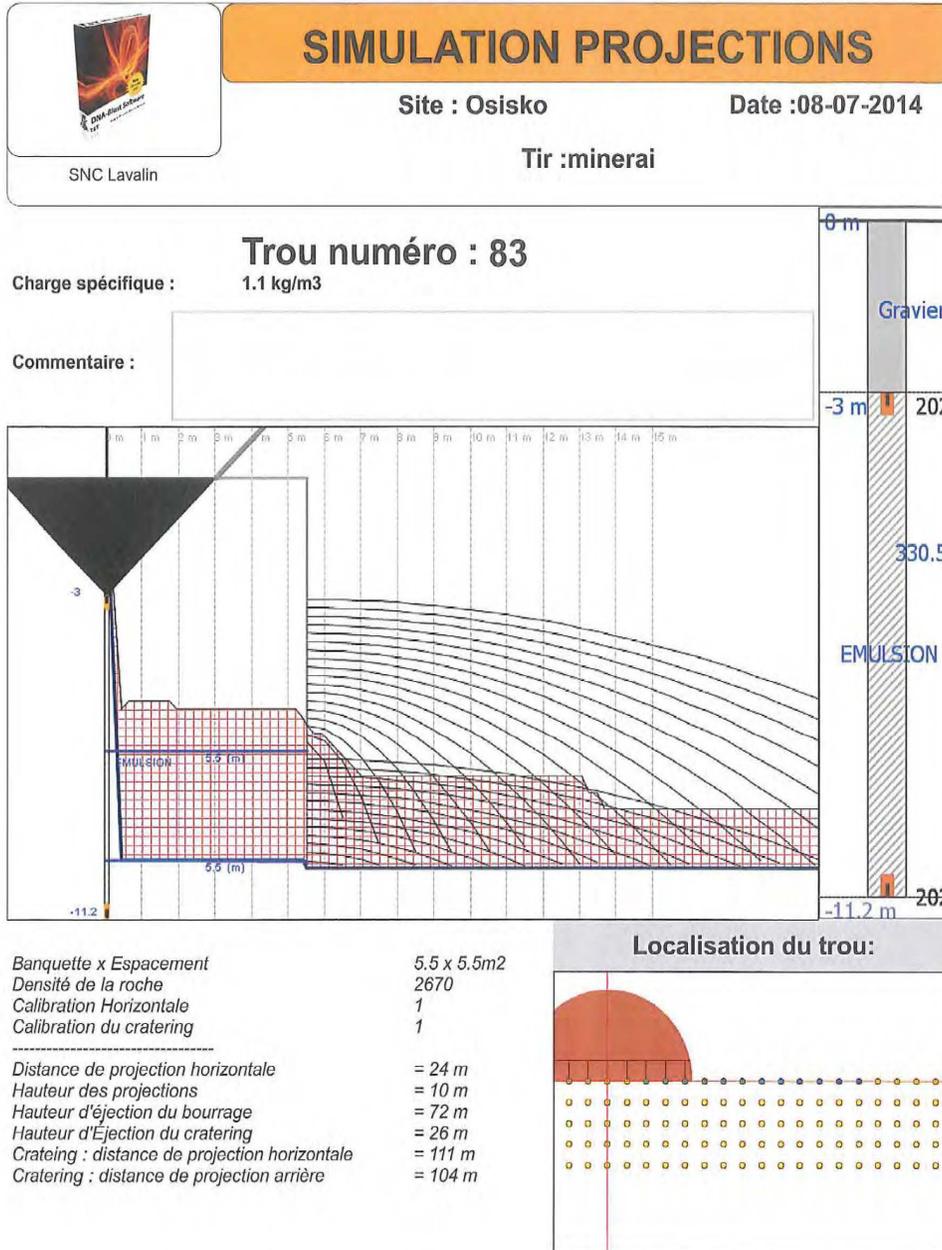
611912-O039-40E-R-0001

Original - V.00
Rapport technique

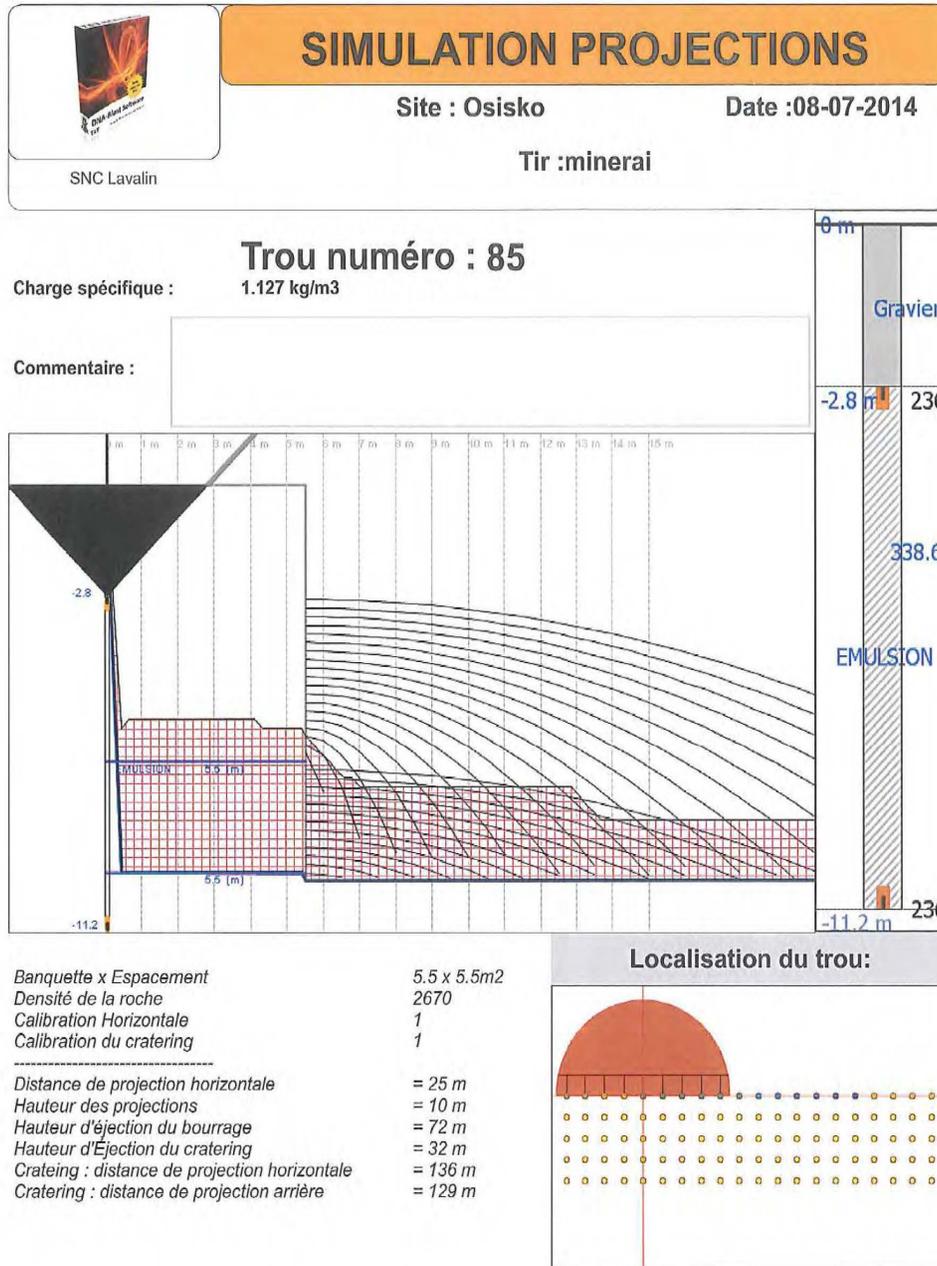
ANNEXE C



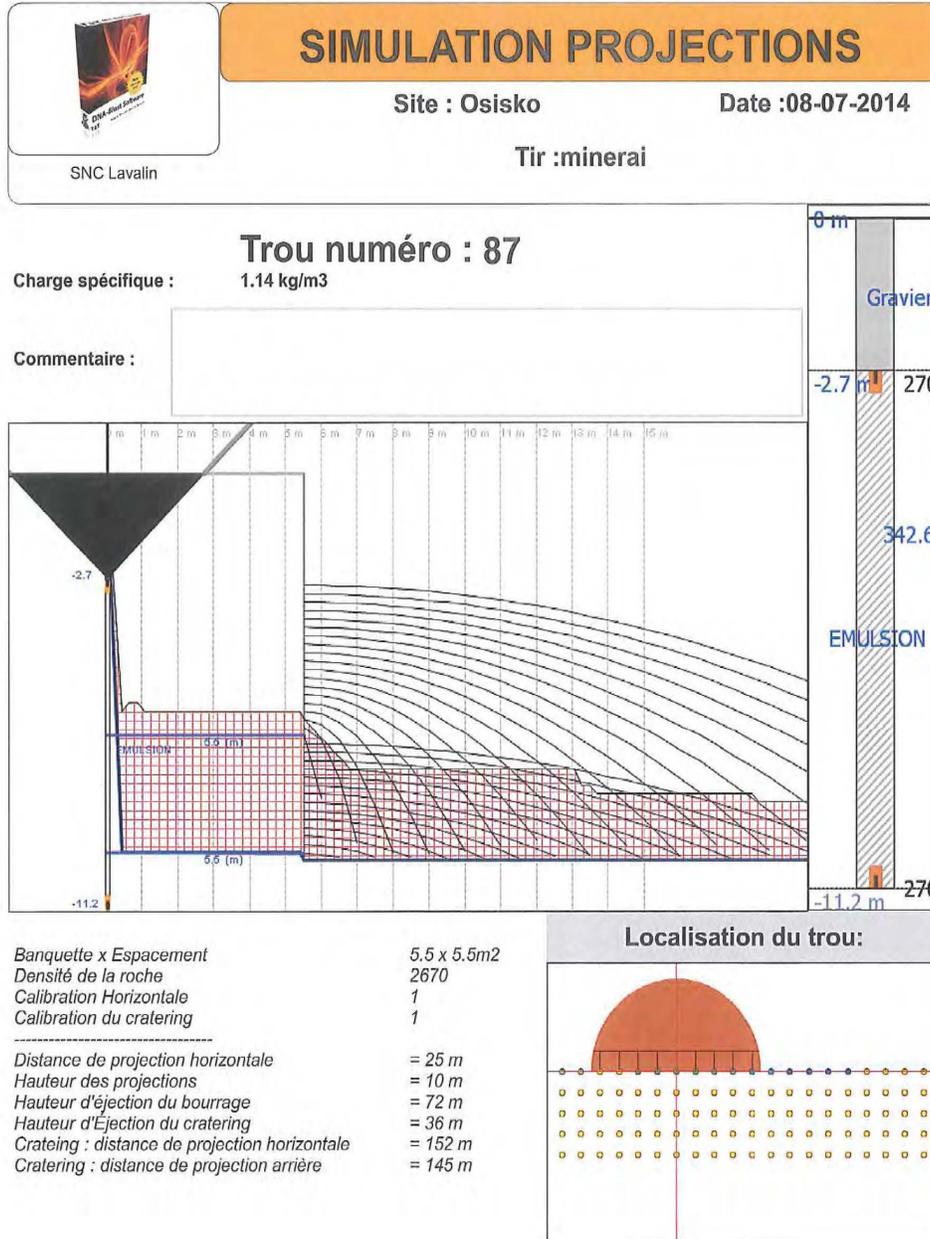
ANNEXE C



ANNEXE C



ANNEXE C



ANNEXE C



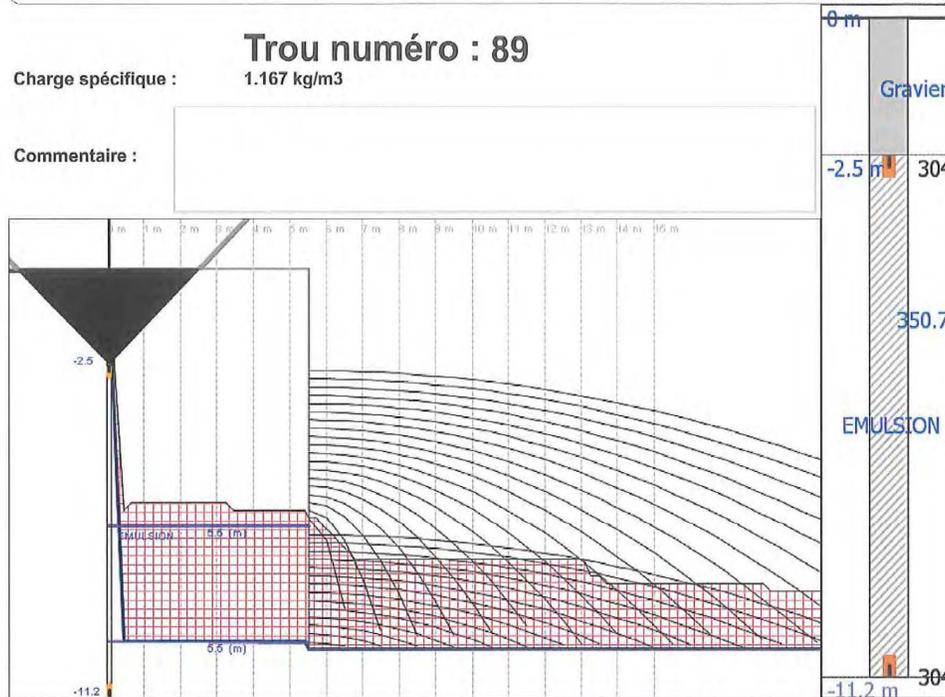
SIMULATION PROJECTIONS

Site : Osisko

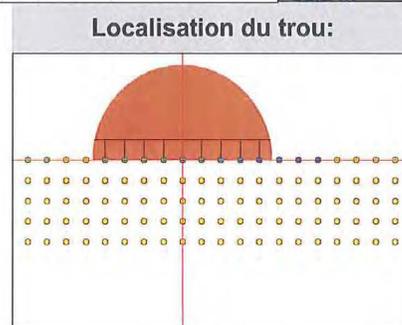
Date :08-07-2014

Tir :mineral

SNC Lavalin

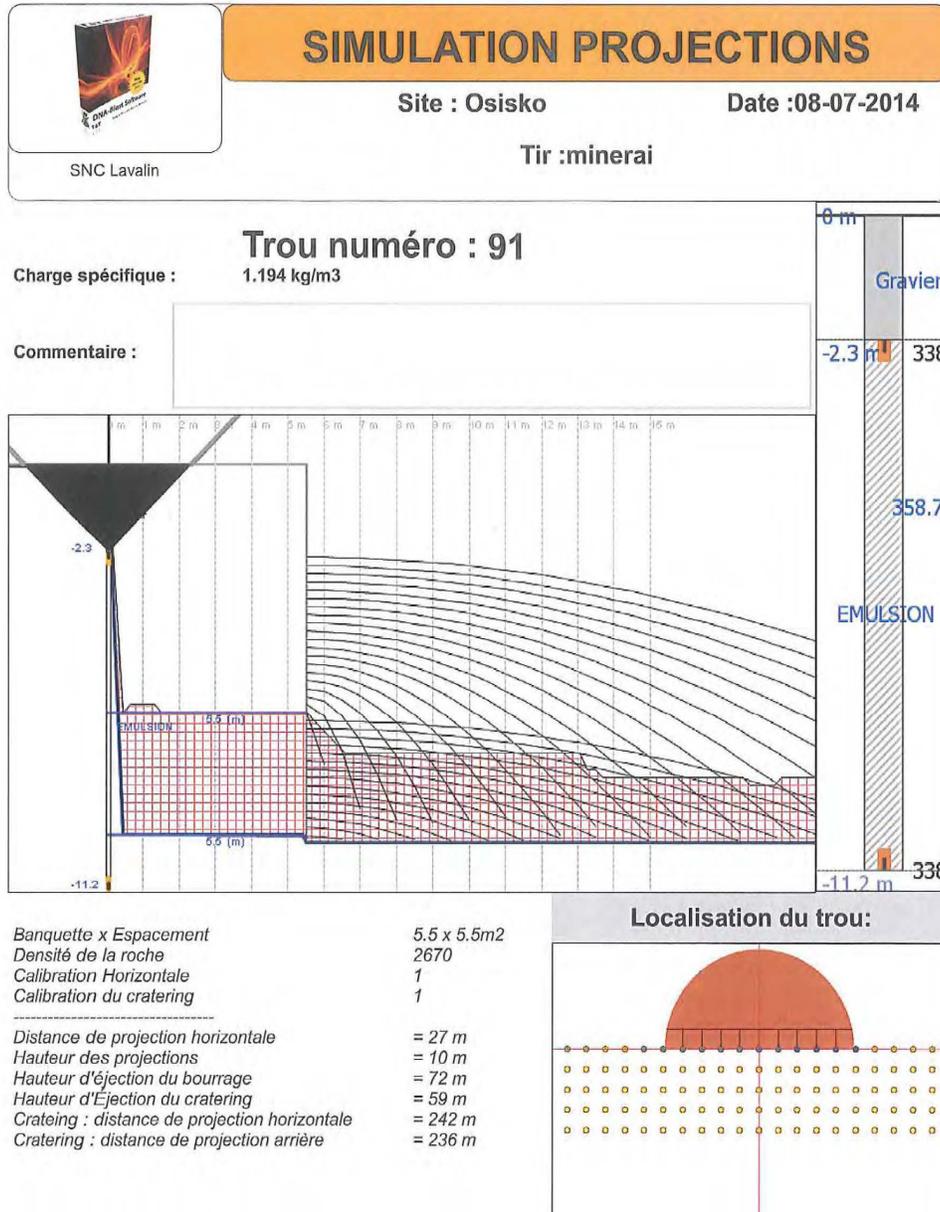


Banquette x Espacement	5.5 x 5.5m ²
Densité de la roche	2670
Calibration Horizontale	1
Calibration du cratering	1
<hr/>	
Distance de projection horizontale	= 26 m
Hauteur des projections	= 10 m
Hauteur d'éjection du bourrage	= 72 m
Hauteur d'Éjection du cratering	= 46 m
Cratering : distance de projection horizontale	= 191 m
Cratering : distance de projection arrière	= 184 m

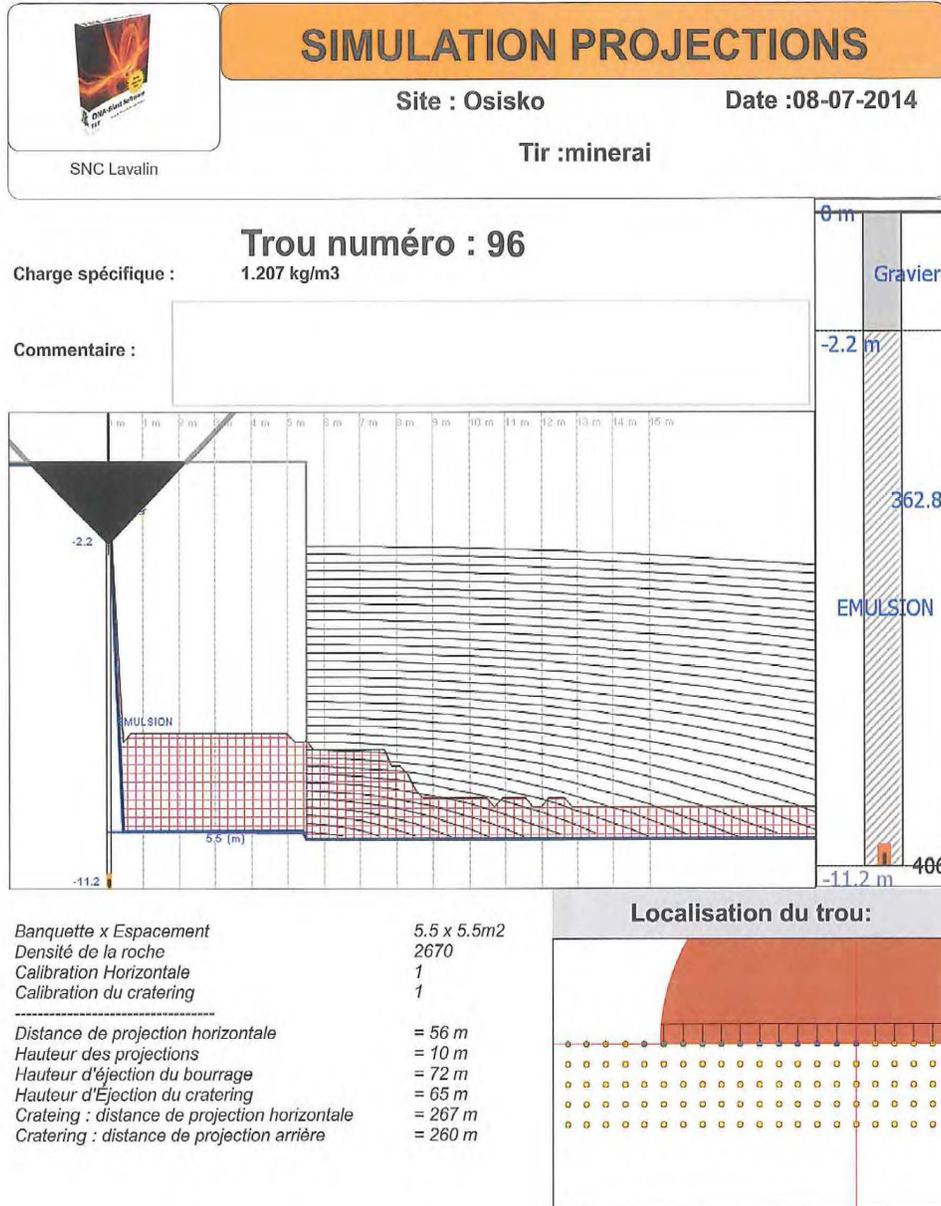


Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-O039-40ER-0001	Rapport technique

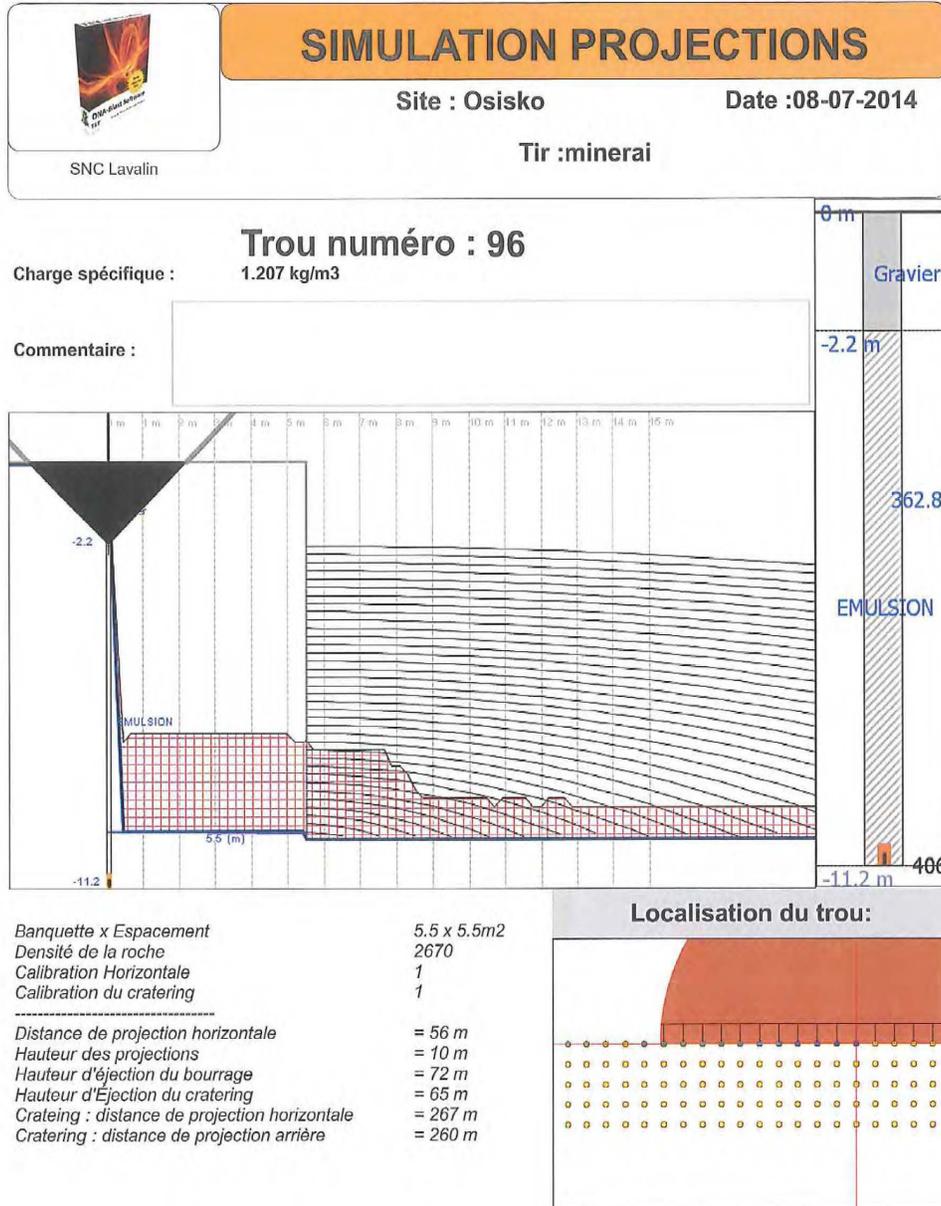
ANNEXE C



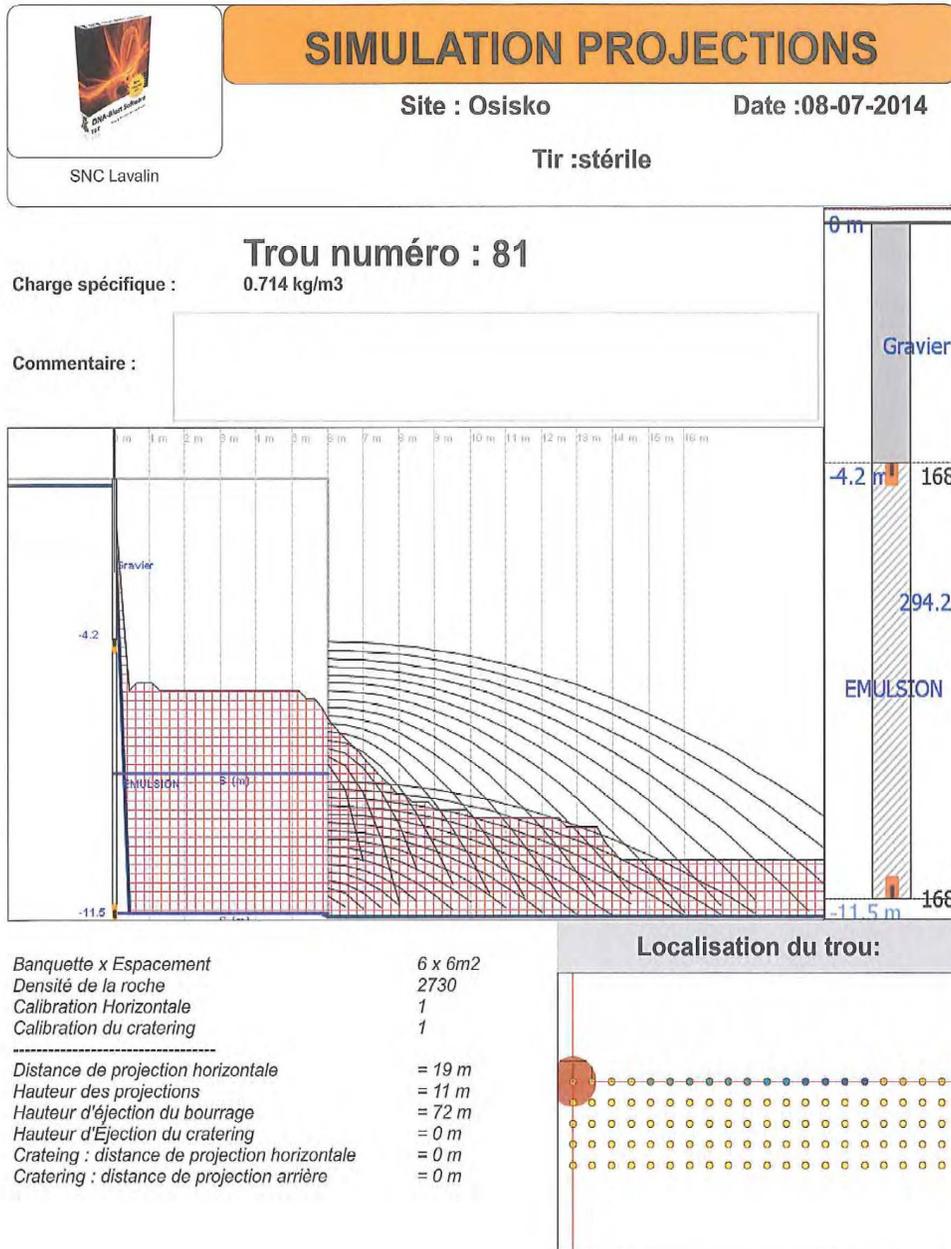
ANNEXE C



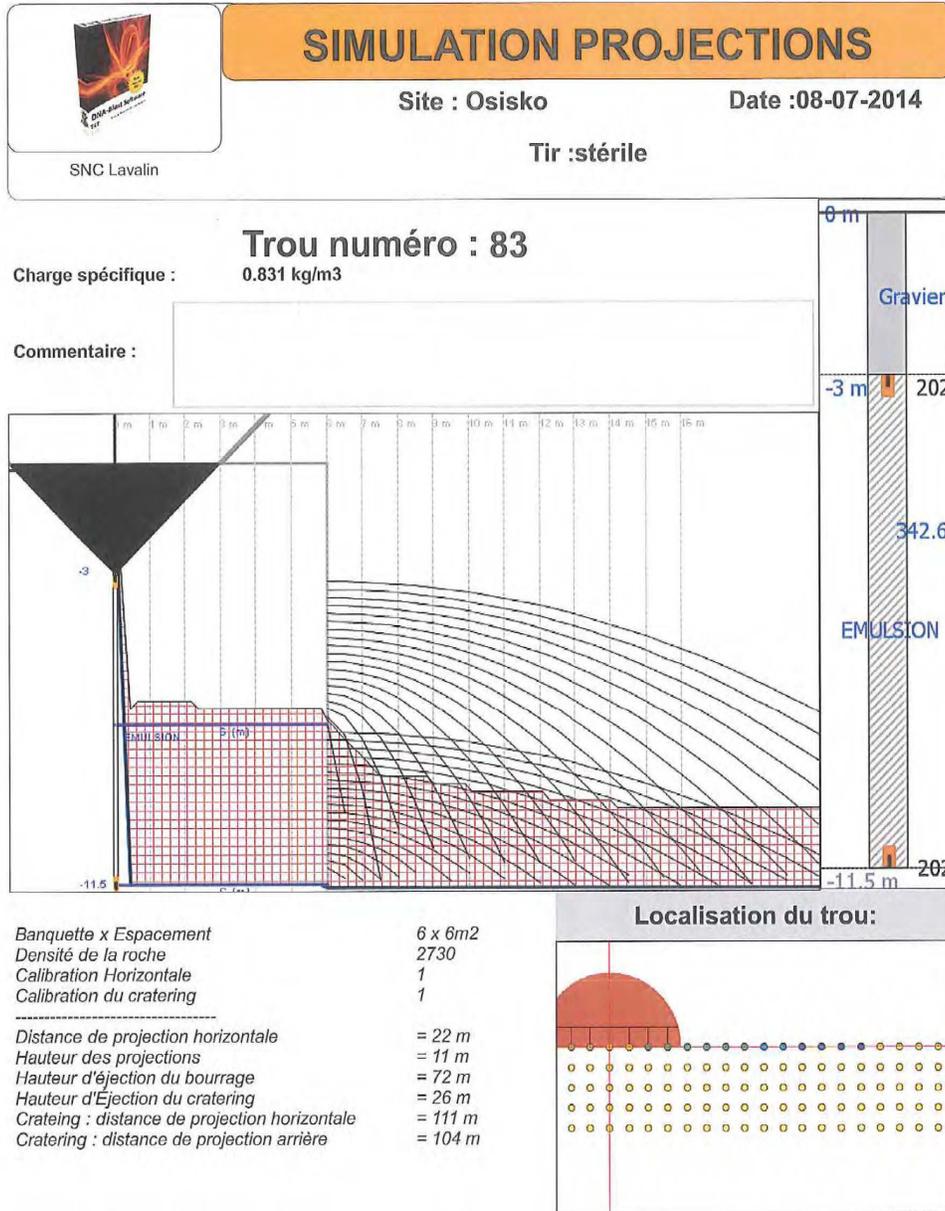
ANNEXE C



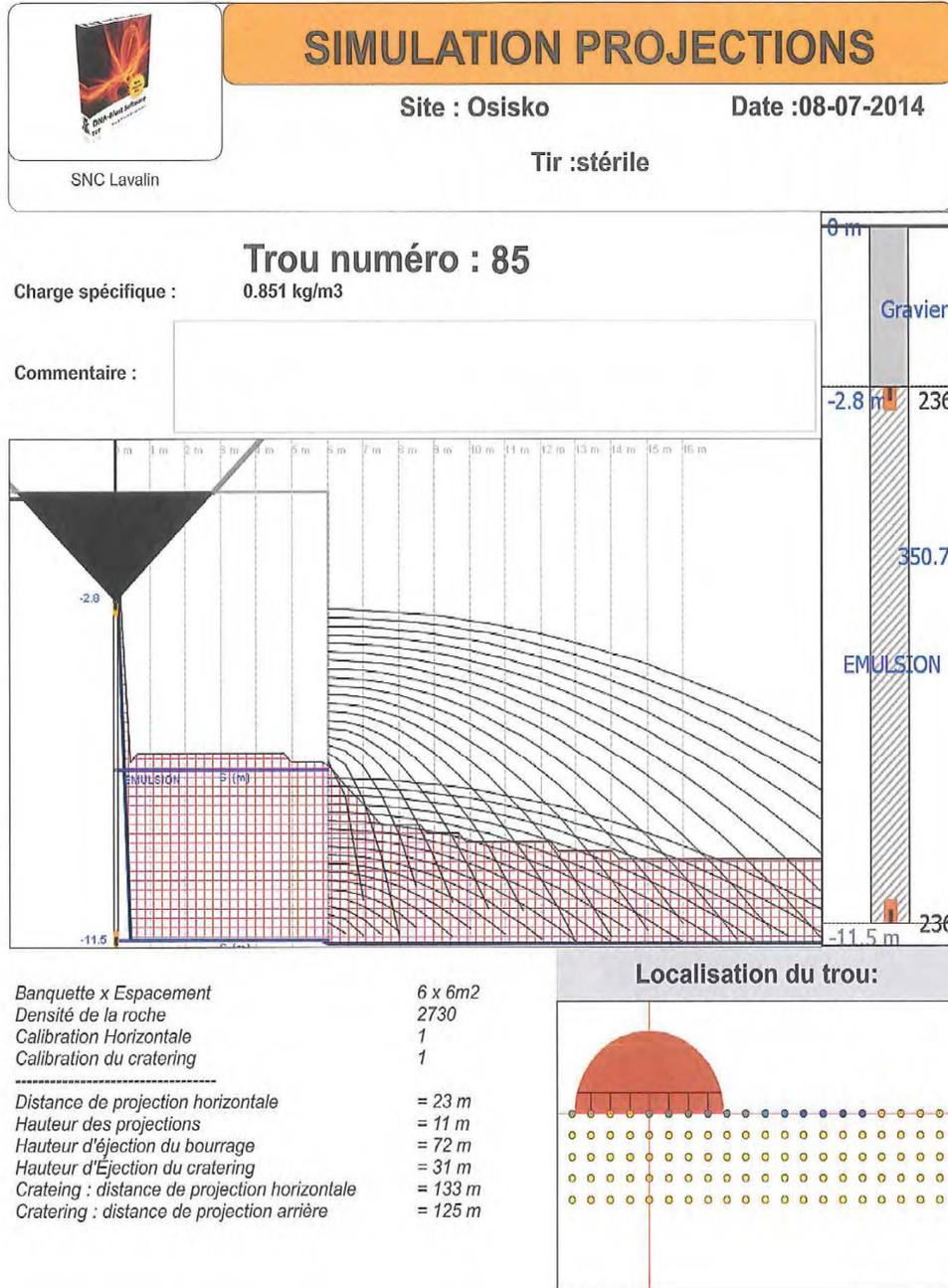
ANNEXE C



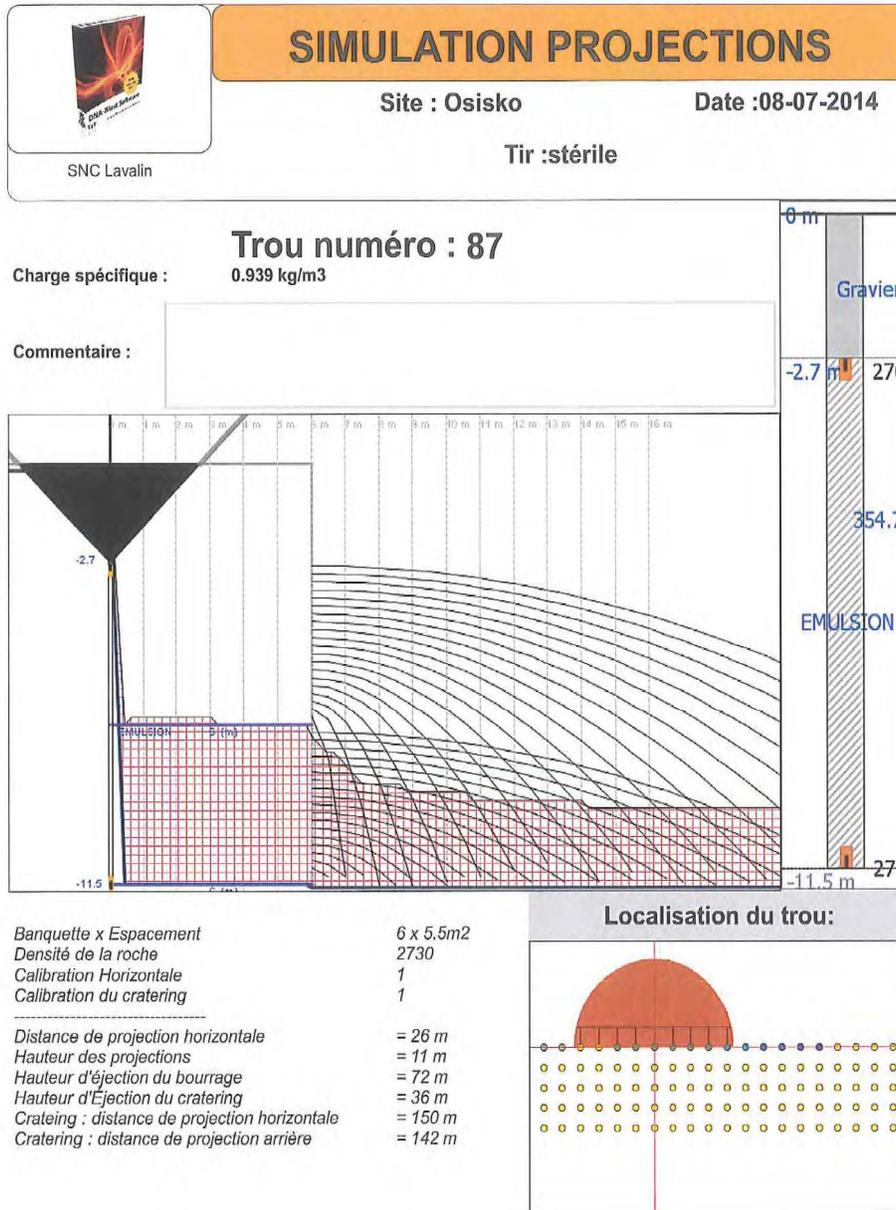
ANNEXE C



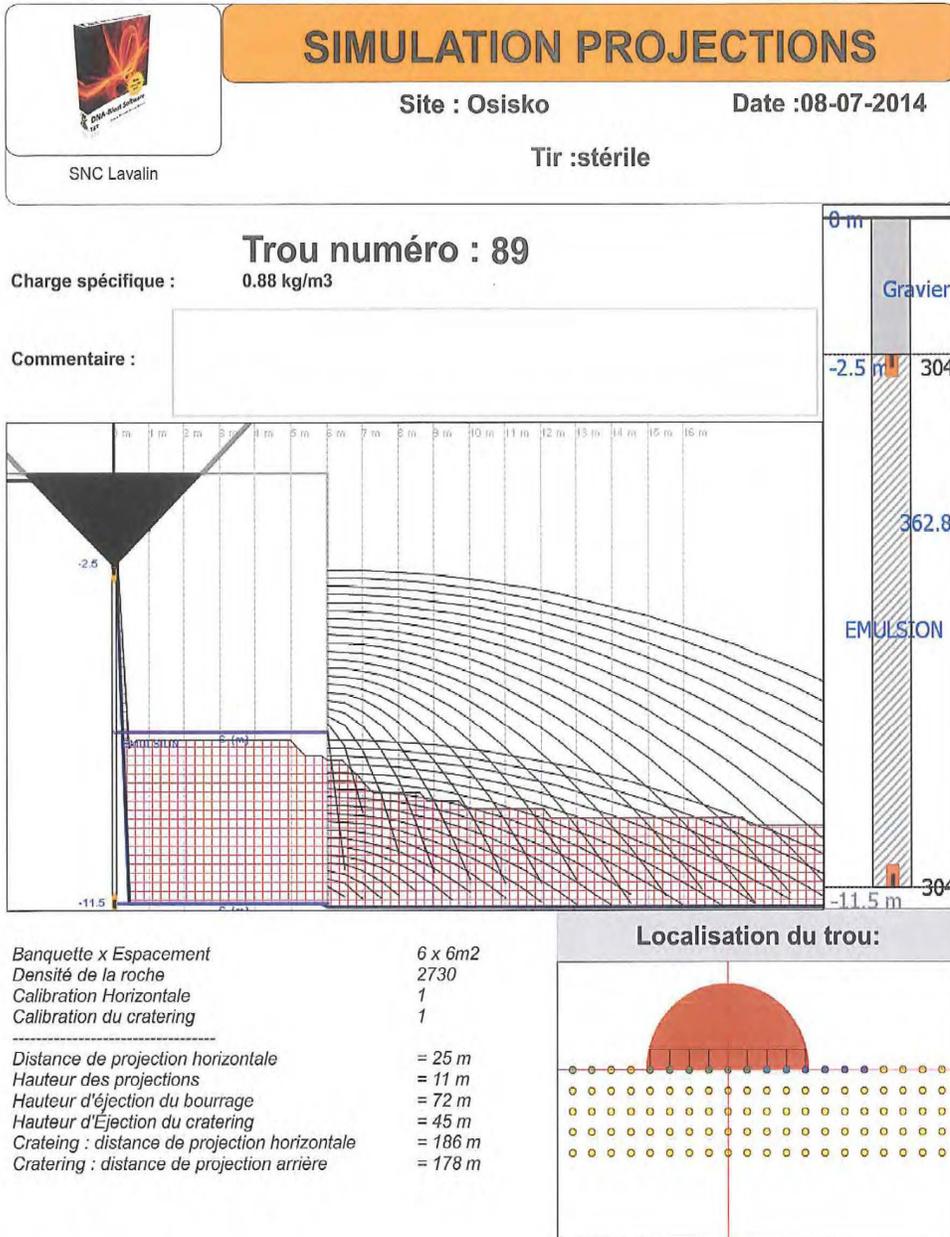
ANNEXE C



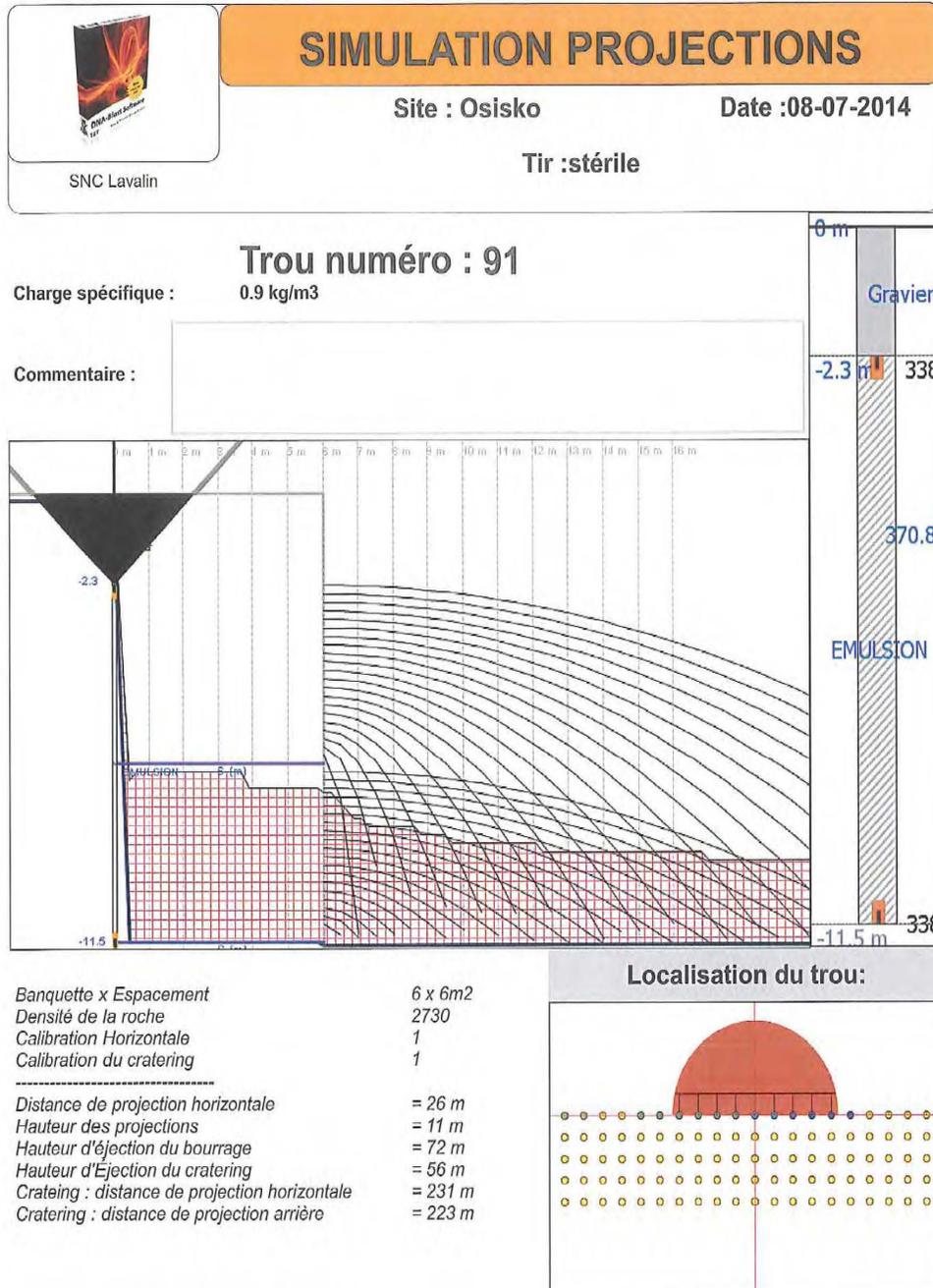
ANNEXE C



ANNEXE C



ANNEXE C



ANNEXE C



SIMULATION PROJECTIONS

Site : Osisko Date :08-07-2014

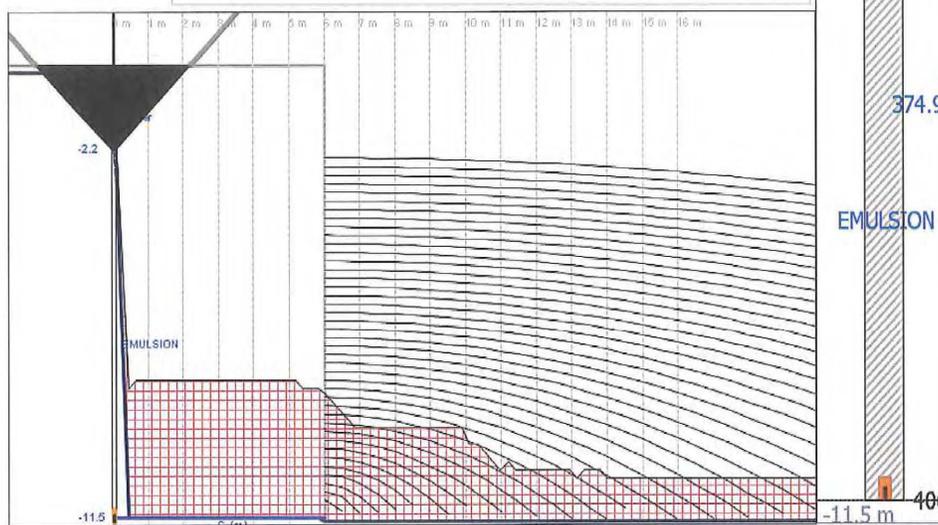
Tir :stérile

SNC Lavalin

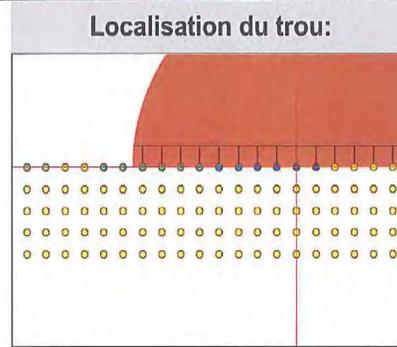
Trou numéro : 95

Charge spécifique : 0.91 kg/m³

Commentaire :

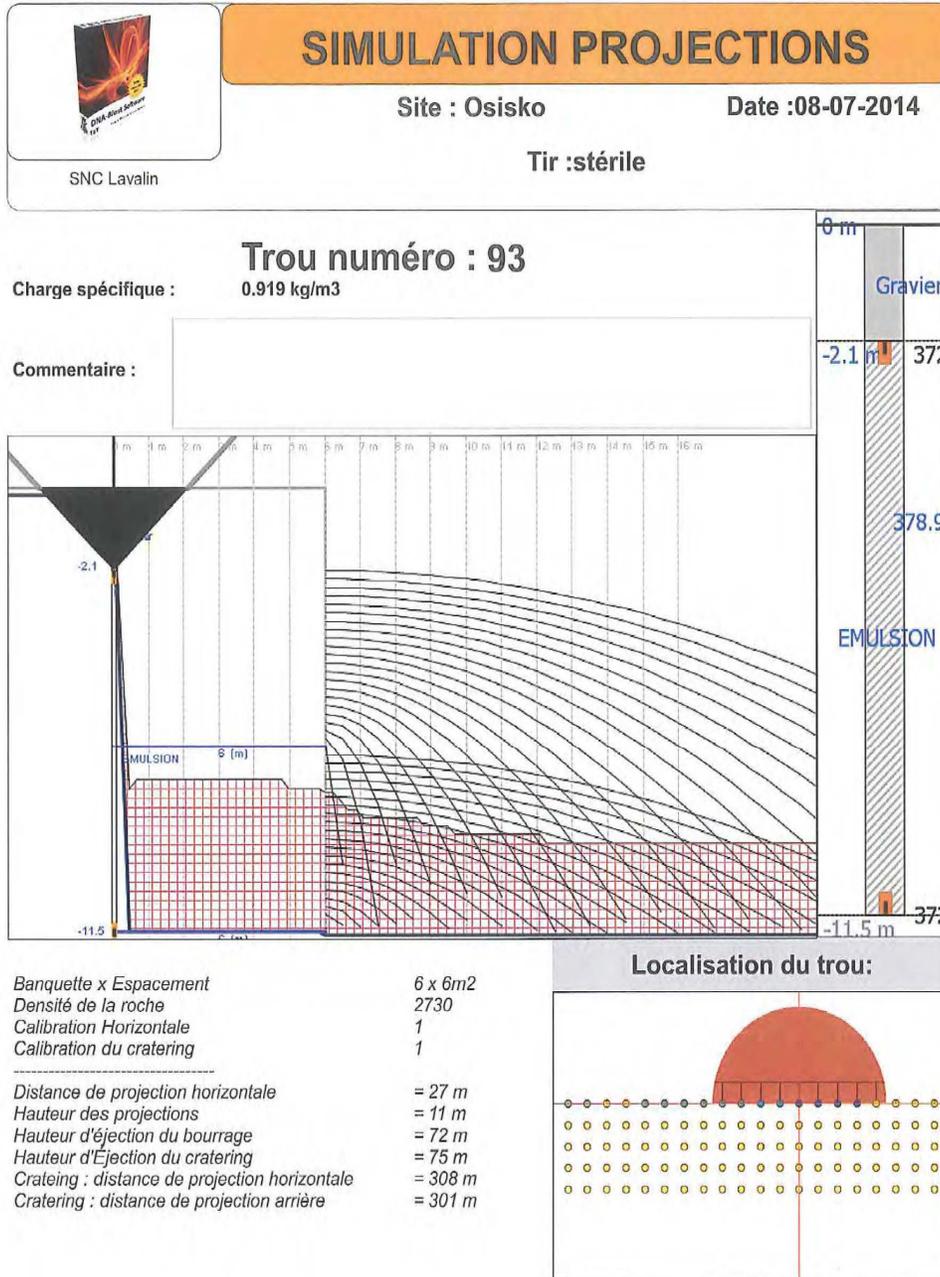


- | | |
|--|---------------------|
| Banquette x Espacement | 6 x 6m ² |
| Densité de la roche | 2730 |
| Calibration Horizontale | 1 |
| Calibration du cratering | 1 |
| <hr/> | |
| Distance de projection horizontale | = 51 m |
| Hauteur des projections | = 11 m |
| Hauteur d'éjection du bourrage | = 72 m |
| Hauteur d'Éjection du cratering | = 64 m |
| Cratering : distance de projection horizontale | = 264 m |
| Cratering : distance de projection arrière | = 257 m |

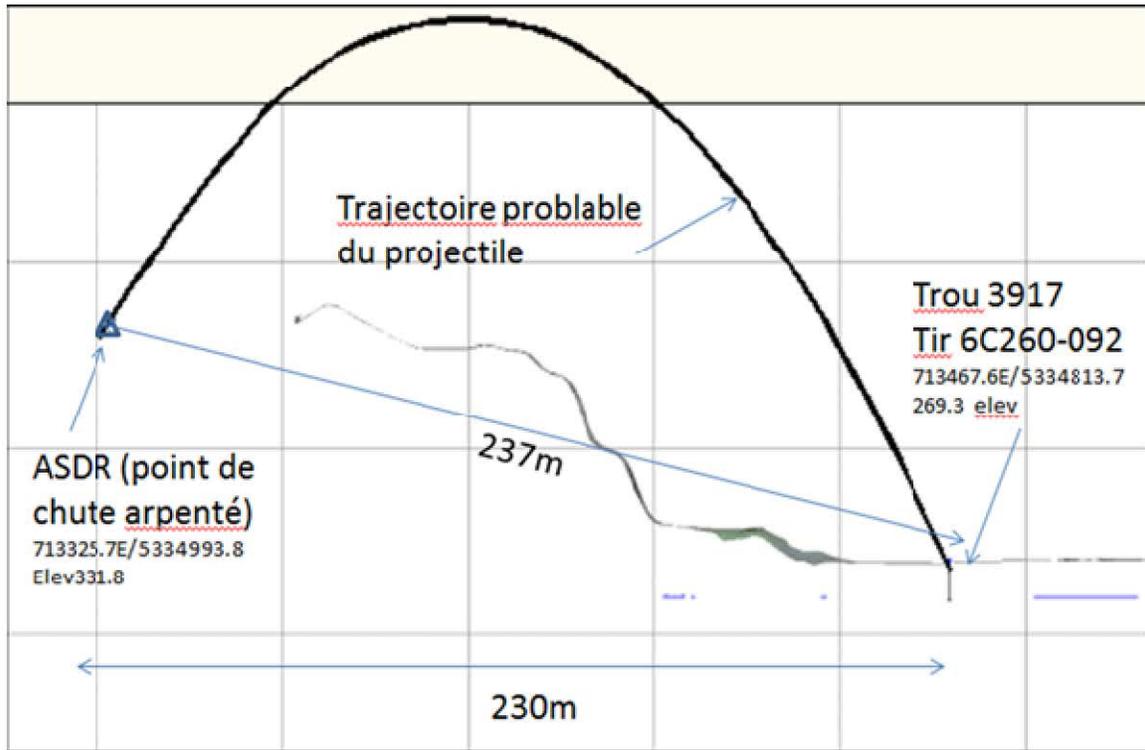


Contrôle des projections de roc lors de sautages sans matelas pare-éclats		Original - V.00
2015/05/26	611912-O039-40ER-0001	Rapport technique

ANNEXE C



ANNEXE D





SNC • LAVALIN

5500, boulevard des Galeries, bureau 200
Québec (Québec) G2K 2E2
418-621-5500 - 418-621-8887

