

ANNEXE QC-5

**Perception des sautages
(2014 et 2015)**



Perception des tirs

L'objectif du projet est de prendre des données sur la perception des citoyens de Malartic lors des sautages pour faire des corrélations avec les caractéristiques des tirs.

Résumé

Le projet de perception des tirs a pour but d'identifier les caractéristiques des tirs qui augmenteraient la perception des citoyens de la ville de Malartic. La prise de données s'est déroulée sur une période de 14 semaines du 5 mai au 8 août 2014. Un observateur devait se rendre chez certains citoyens lors des sautages pour prendre des données de perception et des résultats de vibration et de bruit avec un sismographe. La prise de données et l'analyse des résultats sont expliquées dans le présent rapport. La majorité des sautages ont été classifiés comme étant perceptible mais sans dérangement autant par les citoyens que par les employés de la mine présents lors des sautages. Aucune corrélation forte n'a été obtenue entre la perception et les caractéristiques des tirs. De plus, les vibrations et le bruit enregistrés par les sismographes n'expliquent pas la perceptibilité des sautages par les citoyens. Des fortes valeurs de vibration et de bruit ont été enregistrées lorsque la perception des tirs était faible.

Table des matières

Méthodologie	4
Traitement des données	7
Discussion	8
Analyse des données de perception	10
Résultats des sismographes	12
Corrélation avec les facteurs d'influence potentiels.....	13
Conclusion	16

Méthodologie

Cinq maisons dans la ville de Malartic ont été sélectionnées pour le projet. L'emplacement de ces maisons apparaît à la figure 1.



Figure 1- Emplacement des maisons pour le projet de perception des tirs

Lors des sautages, un observateur se rend dans l'une des 5 maisons. À chaque visite, un sismographe est installé devant la maison et on le rapporte après le sautage. Le géophone est placé sur le sol, de préférence sur le gazon pour qu'il puisse bien tenir. Un sac de sable de 5 kilos est placé sur le géophone.

Une feuille de perception des tirs est ensuite distribuée aux personnes présentes dans la maison. Cette feuille est présentée à la figure 2. À la suite du sautage, la partie inférieure de la feuille est remplie par l'observateur et les personnes présentes. Il faut alors indiquer dans quelle pièce est situé l'observateur, quels outils sont utilisés, le nombre de personnes présentes lors du

sautage et les sensations ressenties. La caractérisation des sensations est séparée en 4 catégories. Il y a le bruit dans la maison, le bruit émis par le sautage, la réaction des gens et le mouvement des objets dans la maison.

PERCEPTION DES TIRS												
Sautage												
				Date		Heure						
				Tir :		Tir :		Tir :				Tir :
Coordonnées X												
Coordonnées Y												
Coordonnées Z												
Distance du point d'observation					m		m		m			m
Zone												
Secteur												
Tonnage sauté					Tonnes		Tonnes		Tonnes			Tonnes
Facteur poudre					Kg/t		Kg/t		Kg/t			Kg/t
Facteur tonne					tonnes/trou		tonnes/trou		tonnes/trou			tonnes/trou
Nombre de trou sauté												
Diamètre des trous					Po		Po		Po			Po
Charge maximale					kg		kg		kg			kg
Type d'explosif												
Durée					ms		ms		ms			ms
Direction de détonation												
Enveloppe temporelle					ms		ms		ms			ms
PPV (Résultante)												mm/s
Recouvert		oui	non		oui	non		oui	non		oui	non
Charges étagées		oui	non		oui	non		oui	non		oui	non
Lithologie												
Ouvertures souterraines		oui	non		oui	non		oui	non		oui	non
Météo												
Vents		Direction			Vitesse	km/h		Température				
OBSERVATIONS DANS LA RÉSIDENCE												
Adresse												
Nom de L'observateur												
Pièce où se situe l'observateur		Cuisine			Salon			Chambre			Autre	
Outils		Sismographe			Caméra			Fissuromètre			Autre	
Nombre de personne présente												
Caractérisation des sensations	Décrire de façon générale comment le sautage a été perçu et les événements observés lors du sautage.											
					Bruits dans la maison	Bruit émis par le sautage	Réactions des gens	Mouvement d'objets			Position	
					Très fort						Assis	
					Fort						Debout	
					Modéré						Coucher	
					Faible							
					Imperceptible							
Légende :	Très fort	Difficile à endurer			Commentaires :							
	Fort	On ressent un inconfort important										
	Modéré	On ressent un faible inconfort										
	Faible	Perceptible mais sans dérangement										
	Imperceptible	Ils ont procédé?										
					Signature :						Date :	

Figure 2 -Feuille de perception des tirs à remplir par les observateurs présents pendant le sautage

Chaque catégorie doit être identifiée par les observateurs comme étant très fort, fort, modéré, faible ou imperceptible. Une légende expliquant les différents niveaux de sensation est présentée sous forme de tableau dans la partie inférieure de la feuille de perception des tirs.

L'information recueillie avec le sismographe lors des observations de sautages est enregistré sur le réseau avec le logiciel SuperGraphics. Un exemple de résultat obtenu avec un sismographe est présenté à la figure 3.

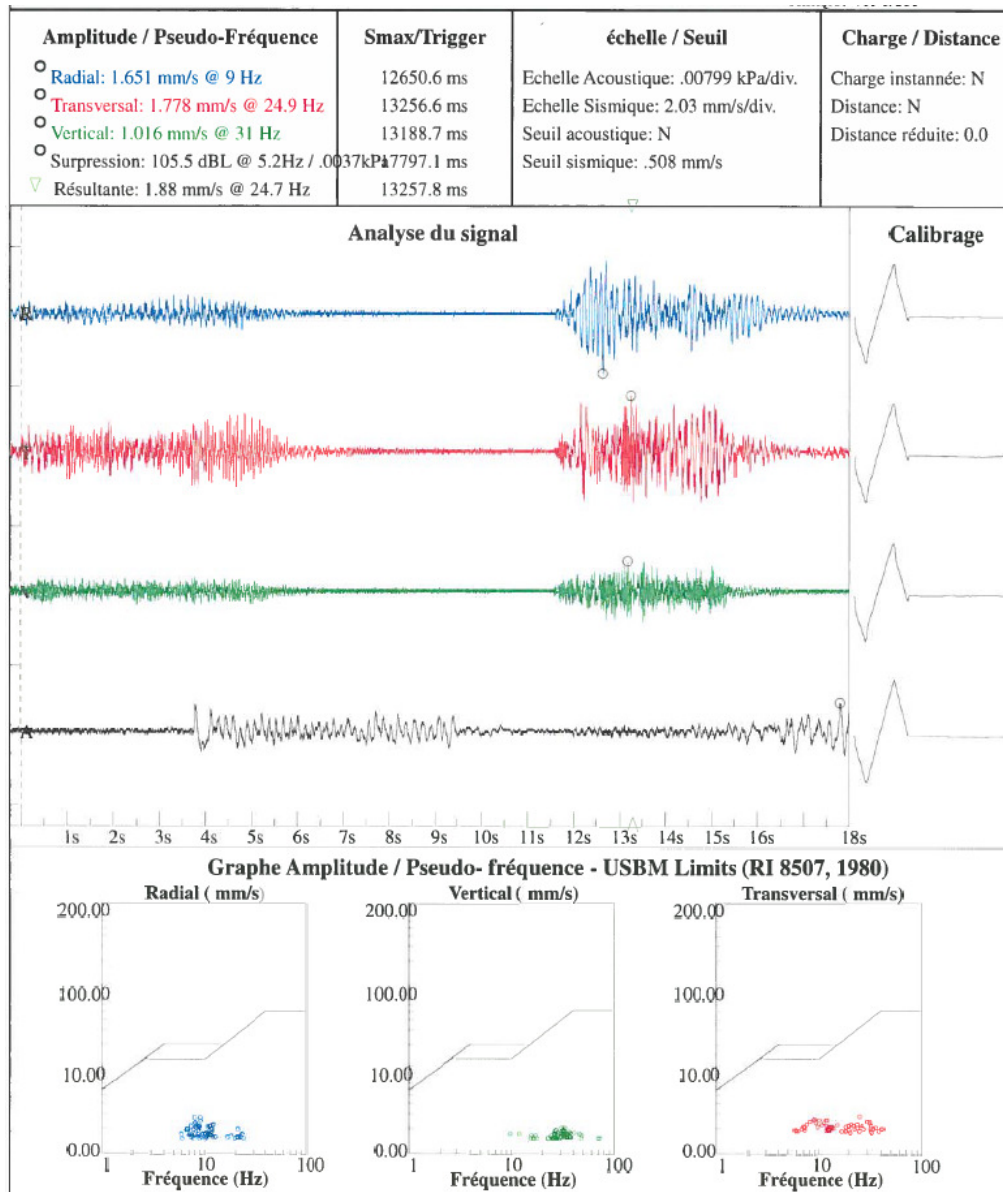


Figure 3 – Exemple de résultats obtenus avec un sismographe lors d'un sautage

La vibration (mm/s), le bruit (dBL) et les fréquences (Hz) enregistrés par le sismographe sont utilisés lors de l'analyse des résultats. Ces éléments sont compilés dans un chiffrier Excel avec toutes les caractéristiques des tirs et les résultats de la feuille de caractérisation des sensations.

Traitement des données

Avant de débuter l'étude statistique, tous les facteurs susceptibles d'influencer la perception des tirs ont été identifiés. Ils sont présentés à la figure 4 sous forme de diagramme de causes et effets. Les éléments en rouge ne seront pas analysés à cause du manque d'information.

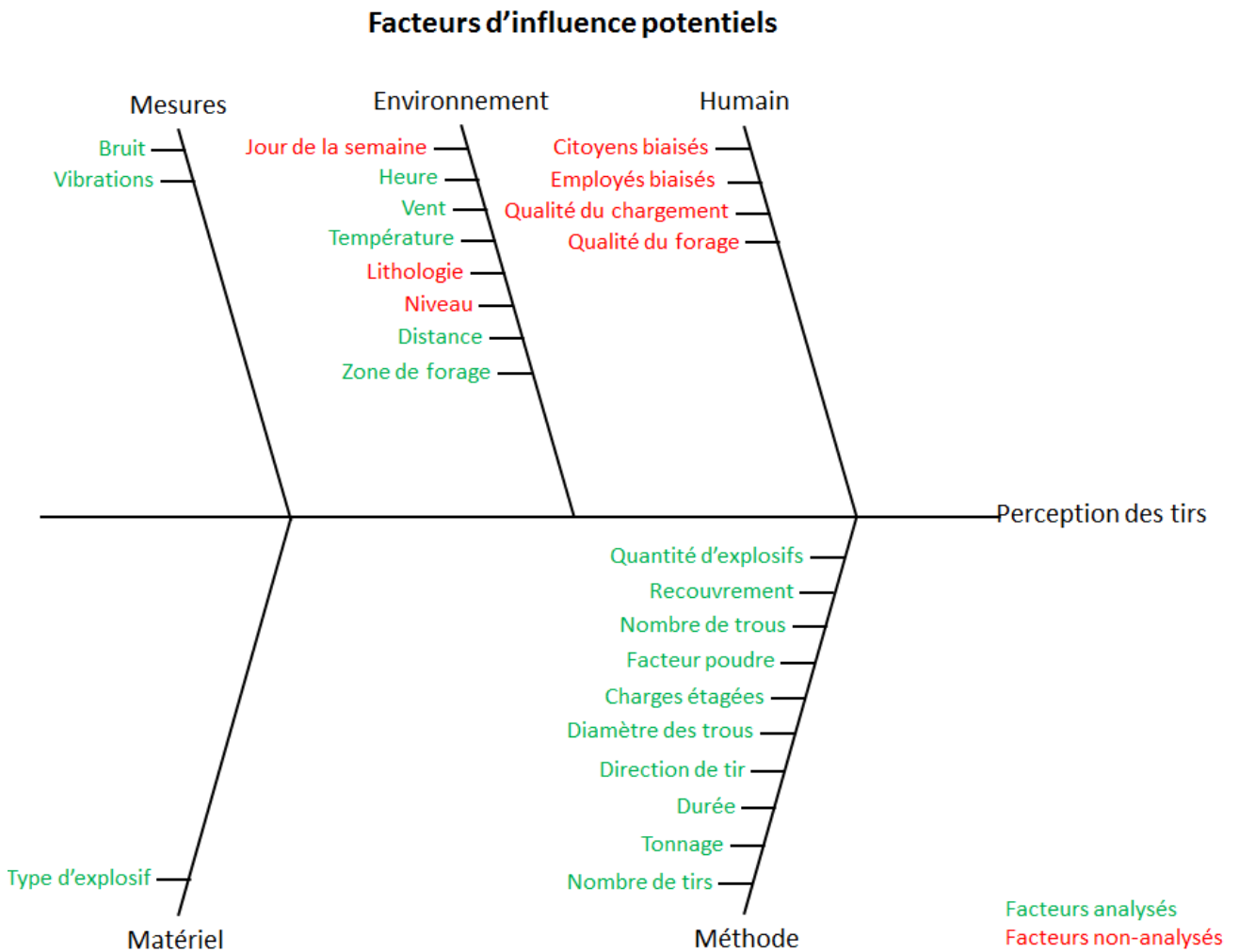


Figure 4 – Facteurs d'influence potentiels présentés sous forme de diagramme de causes et effets

Pour pouvoir traiter les résultats des caractérisations des sensations, l'échelle allant d'imperceptible à très fort est cotée de 1 à 5. On obtient un indice de perception en additionnant la cote du bruit dans la maison, du bruit émis par le sautage, de la réaction des gens et du mouvement d'objets. L'indice de perception varie donc de 4 à 20. Cet indice représente la variable dépendante pour l'étude statistique.

Un modèle de régression linéaire simple a été appliqué aux données pour démontrer s'ils ont un lien linéaire avec les indices de perceptions. L'équation qui définit la relation recherchée est :

$$Y=B_1X_1 +C.$$

Par la suite, une régression à variables multiple a été employée pour tenter de trouver une meilleure corrélation avec les indices de perception. L'équation utilisée est :

$$Y=B_1X_1+B_2X_2+... +B_nX_n+C$$

Les deux types de régressions permettent de trouver un coefficient de détermination pour chaque analyse. Cette valeur indique s'il y a une corrélation entre les paramètres étudiés. Plus le coefficient de détermination se rapproche de 1, plus la corrélation est forte. Les régressions donnent aussi un coefficient(B_n) qui indique l'influence de chaque variable(X_n) sur l'indice de perception(Y). Par exemple, un coefficient de signe négatif réduit l'indice de perception ($Y= -B_1X_1 +C$).

Discussion

Les 14 semaines de prise de données ont permis de faire l'observation de 41 sautages et de remplir 96 feuilles de perception des tirs. Le nombre d'observations de sautages visé pour chaque maison était de 5 à 10 alors l'objectif est maintenant atteint. Le nombre de visite dans chacune des maisons ciblées est de :

- 8 observations au 412 rue Jacques-Cartier
- 8 observations au 575 rue Laurier
- 8 observations au 671 rue Laval
- 9 observations au 561 2e Avenue
- 8 observations au 171 Avenue Abitibi

Sur toute la durée du projet, 108 tirs ont été analysés. Ils sont tous représentés par leur polygone sur la figure 5. L'indice de perception indiqué sur chaque polygone représente la moyenne des indices de toutes les personnes présentes lors du sautage.

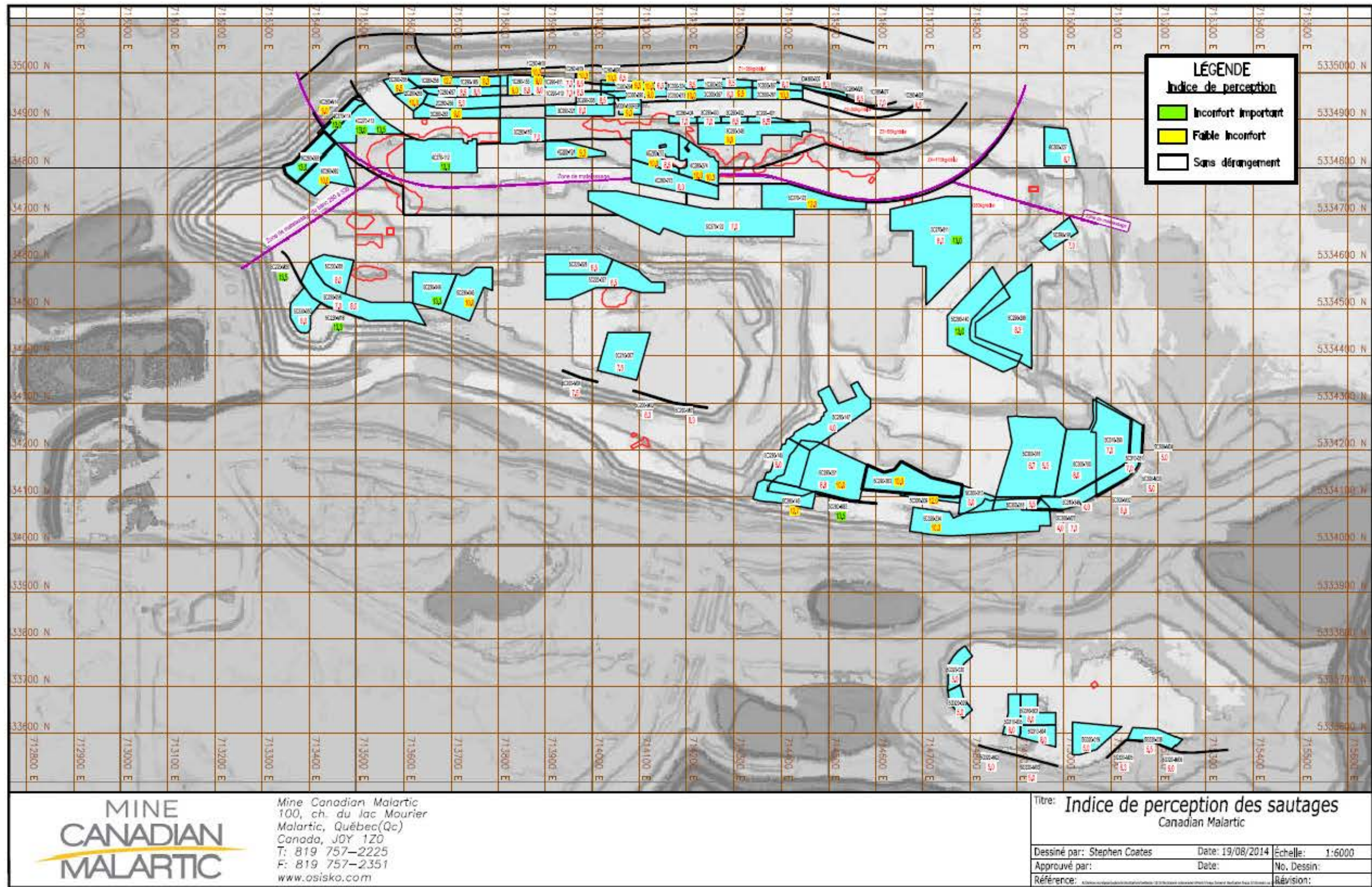


Figure 5 – Polygones de tous les tirs analysés et leur indice de perception

Analyse des données de perception

L'analyse de toutes les données de perception des tirs permet de voir la répartition des valeurs de caractérisation des sensations. L'historgramme de la caractérisation des sensations à la figure 6 montre l'allure générale des résultats inscrits sur la feuille de perception des tirs.

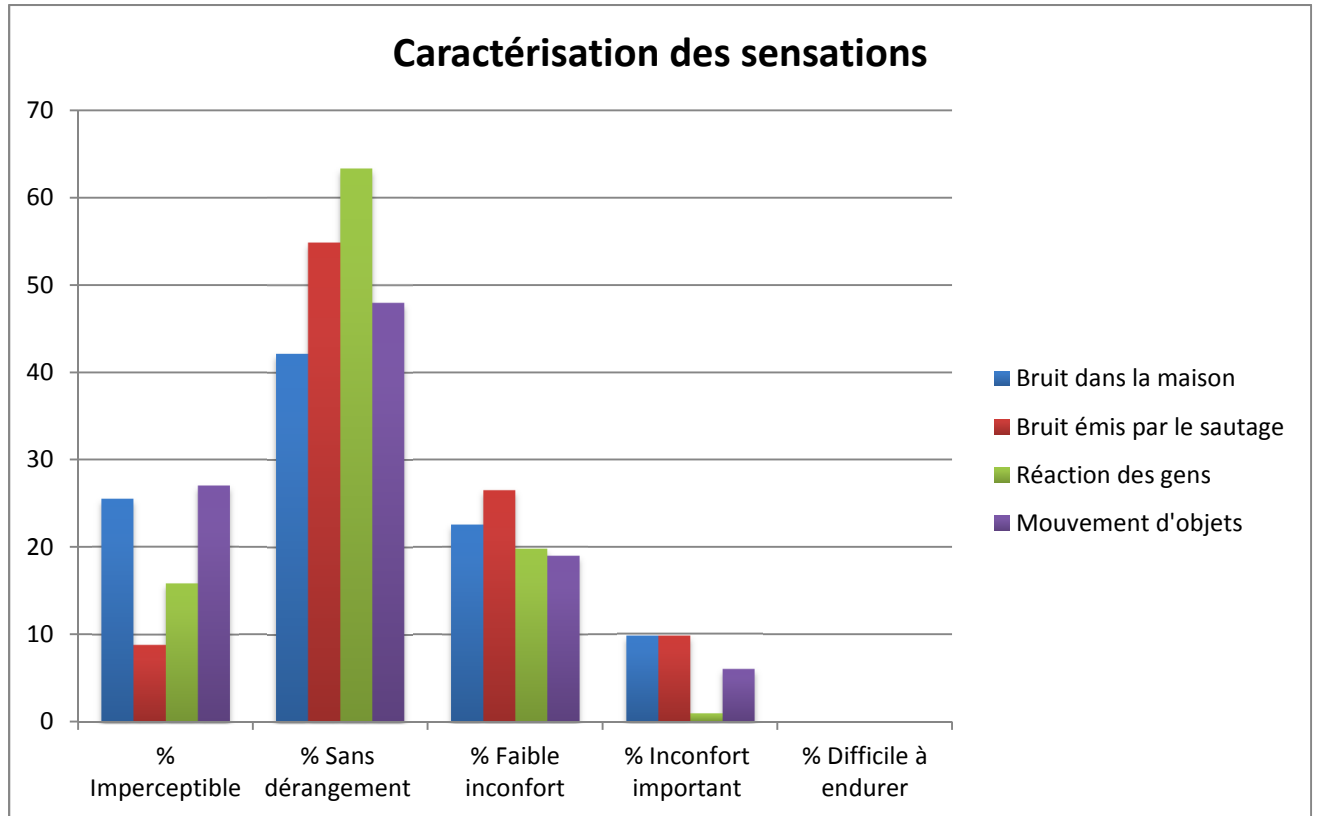


Figure 6 - Histogramme de la caractérisation des sensations

Sur tous les éléments qui caractérisent la perception des tirs, la majorité ont été notés comme étant perceptible mais sans dérangement :

- 42% du bruit dans la maison noté comme étant perceptible mais sans dérangement
- 55% du bruit émis par le sautage noté comme étant perceptible mais sans dérangement
- 63% de la réaction des gens noté comme étant perceptible mais sans dérangement
- 48% du mouvement d'objets noté comme étant perceptible mais sans dérangement

Les figures 7 et 8 démontrent la faible différence entre la caractérisation des sensations par les citoyens et par les employés. Le nombre de sautages perceptibles mais sans dérangement est légèrement plus grand du côté des employés que des citoyens.

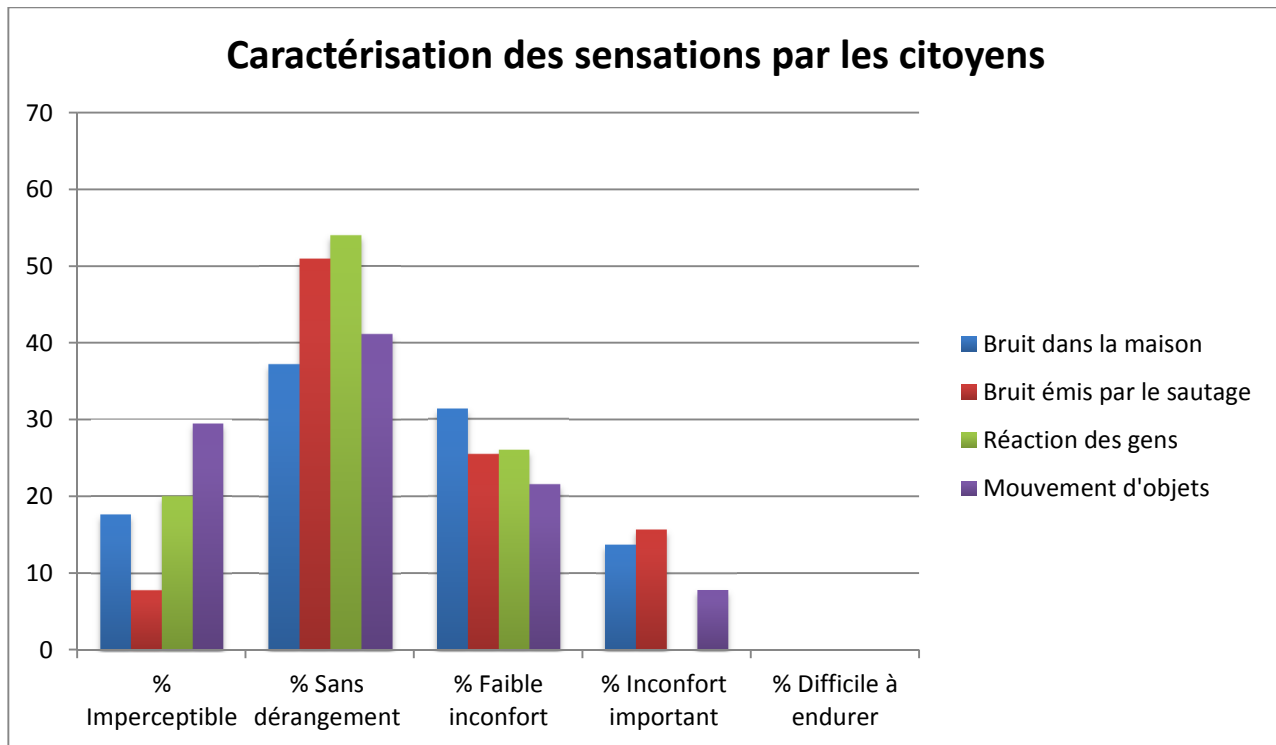


Figure 7 - Histogramme de la caractérisation des sensations par les citoyens

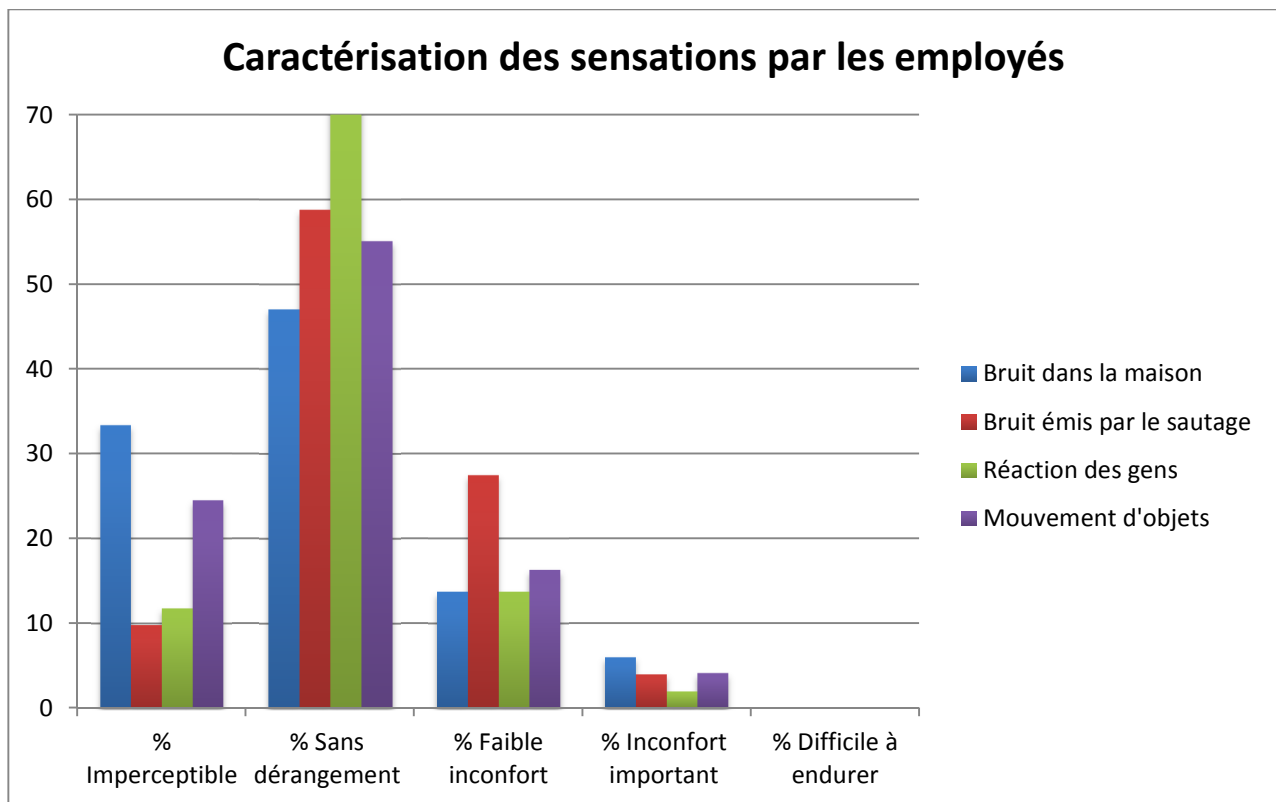


Figure 8 - Histogramme de la caractérisation des sensations par les employés

Résultats des sismographes

Les résultats enregistrés par le sismographe portable utilisé lors du projet sont assez semblables à ceux des sismographes permanents installés en ville. Il faut toutefois tenir compte du type d'installation de chacun. Le géophone du sismographe portable est enfoncé directement sur le sol tandis que celui des sismographes permanents est installé à une profondeur minimum de 13 cm dans le sol. Les données du sismographe portable ont été comparées à celles du sismographe permanent placé le plus près de chacune des 5 maisons. La distance entre la position du sismographe portable et permanent pour chaque maison est de :

- 166 mètres entre le 412 rue Jacques-Cartier et le sismographe sur Jacques-Cartier
- 221 mètres entre le 575 rue Laurier et le sismographe sur Jacques-Cartier
- 146 mètres entre le 671 rue Laval et le sismographe sur Lasalle
- 329 mètres entre le 561 2e Avenue et le sismographe sur Renaud
- 69 mètres entre le 171 Avenue Abitibi et le sismographe sur Avenue Abitibi

La comparaison entre les données des sismographes est présentée à la figure 9 pour les valeurs de vibrations et à la figure 10 pour le bruit. La ligne rouge sur les figures représente la tendance des points dans le cas où les résultats des deux sismographes seraient parfaitement les mêmes.

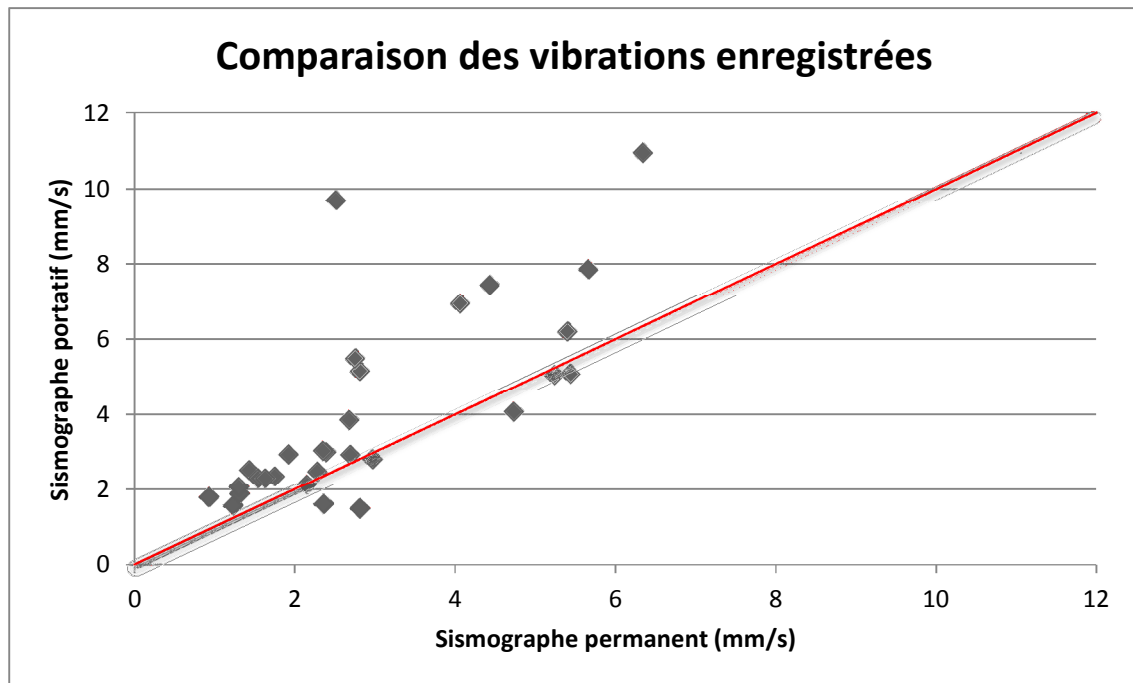


Figure 9 - Comparaison des vibrations enregistrées par le sismographe portable et le sismographe permanent le plus près

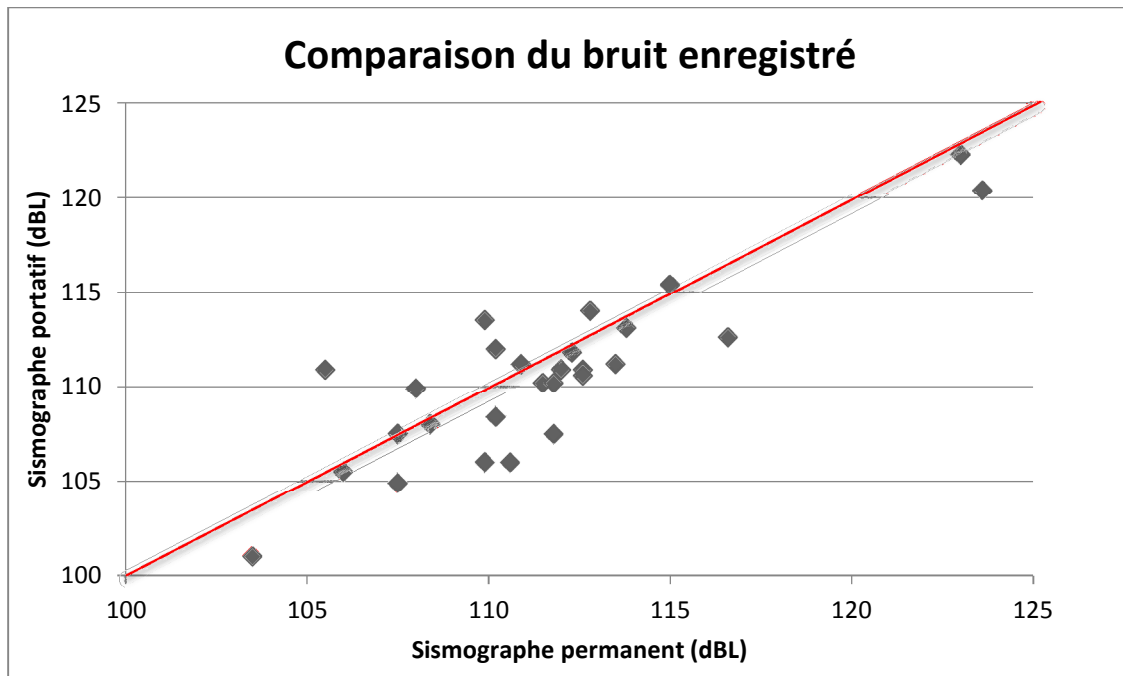


Figure 10 - Comparaison du bruit enregistré par le sismographe portatif et le sismographe permanent le plus près

Les figures 9 et 10 montrent bien la similitude entre les données enregistrées par les différents sismographes. La correspondance de la vibration et du bruit enregistrés par les différents appareils confirme donc la validité des données du sismographe portatif utilisé lors du projet. Il est aussi important de mentionner que le sismographe portatif utilisé n'a enregistré aucune valeur dépassant la limite de vibration de 12,7 mm/s et la limite sonore de 128 dBL.

Corrélation avec les facteurs d'influence potentiels

Les coefficients de détermination (R^2) obtenus par régression linéaire simple et par régression à variables multiple sont montrés au tableau 1. Les coefficients de détermination (R^2) y sont placés en ordre décroissant. Ce tableau indique aussi l'influence du coefficient (B_n) de chaque variable sur l'indice de perception (Y). Par exemple, le coefficient de signe négatif du type d'explosif Fortis 100 montre que lorsqu'il est utilisé, l'indice de perception a tendance à diminuer.

Paramètre(s)	Coefficient de détermination(R ²)	Coefficient(s) (B _n)	Paramètre(s)	Coefficient de détermination(R ²)	Coefficient(s) (B _n)
Zone 4, 4is 100 et tonnage total*	0.477	Positif, Négatif, Positif	Recouvert	0.025	Positif
Vibration (Verticale Z) et bruit*	0.347	Positif, Positif	Diamètre 5.5 po	0.023	Négatif
Vibration (Résultante) et bruit*	0.256	Positif, Positif	Durée totale	0.021	Positif
Couloir B2 C2 et Zone 4	0.191	Positif	Type d'explosif Subtek Charge	0.019	Positif
Zone 4	0.190	Positif	Couloir B3 C3 et Zone 4	0.015	Positif
Vibration	0.169	Positif	Type d'explosif Power Split 40mm	0.011	Négatif
Bruit	0.145	Positif	Diamètre 4.5 po	0.010	Positif
Type d'explosif 4is 100	0.139	Négatif	Non-Recouvert	0.008	Positif
Facteur poudre moyen	0.119	Positif	Durée maximale d'un tir	0.007	Positif
Charges étagées	0.119	Positif	Direction vent 90-180 degrés	0.006	Positif
Distance minimale d'un tir	0.076	Négatif	Zone 1	0.006	Positif
Direction tir sud	0.074	Positif	Charges non-étagées	0.005	Positif
Type d'explosif 4is 70	0.071	Positif	Direction vent 270-360 degrés	0.004	Positif
Diamètre 8.5 po	0.071	Positif	Direction vent 0-90 degrés	0.003	Positif
Moyenne pondérée distance des tirs (Pondérée avec tonnage)	0.063	Négatif	Fréquence de la vibration résultante	0.003	Positif
Facteur poudre maximal d'un tir	0.059	Positif	Nombre de trous	0.002	Positif
Quantité d'explosifs	0.058	Positif	Diamètre 3.5 po	0.002	Positif
Direction tir ouest	0.045	Négatif	Nombre de tirs	0.001	Négatif
Tonnage totale	0.041	Positif	Zone 2	0.001	Positif
Direction vent 180-270 degrés	0.036	Négatif	Zone 3	0.001	Négatif
Direction tir nord	0.030	Négatif	Température	0.0004	Négatif
Tonnage maximal d'un tir	0.027	Positif	Zone 5	0.0002	Positif
Heure	0.025	Positif	Direction tir est	0.0000	Positif

* Régression à variables multiple

Tableau 1 – Coefficients de détermination (R²) obtenus par régression linéaire simple et régression à variables multiple

Le coefficient de détermination (R^2) le plus élevé obtenu parmi les deux types de régressions est celui de la combinaison de la zone 4, du Fortis 100 et du tonnage total. Pour ce qui est de la régression linéaire simple, c'est la zone 4 qui a la valeur la plus élevée. Parmi tous les secteurs analysés à l'intérieur de la zone 4, le secteur Ouest de la fosse, c'est-à-dire le secteur B2 et C2, obtient le coefficient le plus élevé. Sur les 41 sautages observés, 6 sautages ont au moins un tir faisant partie de la zone 4 et du couloir du secteur B2 et C2. Par contre, les valeurs des coefficients de détermination (R^2) présentés dans le tableau 1 ne sont pas assez élevées pour affirmer qu'il y a un lien direct entre l'indice de perception et les paramètres étudiés. La perception des sautages par les citoyens ne peut donc pas être expliquée par les caractéristiques des tirs et les facteurs environnementaux selon cette analyse.

De plus, la régression à variables multiple appliquée aux valeurs de vibration et de bruit mesurées avec le sismographe montre une faible corrélation avec l'indice de perception. Par conséquent, les résultats de sautages enregistrés par les sismographes positionnés en ville ne représentent pas une indication significative pour prévoir la perception des citoyens. À plusieurs reprises, des faibles valeurs de vibration et de bruit ont causé des fortes valeurs de perception. À l'inverse, le 14 août 2014, une valeur de 9,5 mm/s a été mesurée par le sismographe portatif lors de 3 tirs de prédécoupage. Le sismographe permanent installé au musée a indiqué des vibrations de 16,97 mm/s. Les 3 personnes présentes lors du sautage au 412 Jacques-Cartier ont classé tous les éléments comme étant perceptible mais sans dérangement ou comme étant imperceptible.

Conclusion

Les vibrations et le bruit enregistrés par les sismographes n'expliquent pas la perceptibilité des sautages par les citoyens. Une régression linéaire à variables multiples n'a démontré aucune corrélation forte entre ces deux mesures et l'indice de perception.

Aucun facteur d'influence potentiel analysé par rapport à la perceptibilité des sautages n'est ressorti avec une corrélation forte. La méthodologie utilisée dans la conception des sautages, les lieux des tirs et les explosifs utilisés ne démontrent pas de corrélation forte indiquant un lien avec la perception des sautages. Suite à la présente étude, il est impossible de conclure que les actions suivantes diminueraient la perception des sautages par les citoyens :

- le changement des zones de forage
- le changement des diamètres forés
- favoriser une direction de tir
- l'optimisation de la durée des tirs
- le changement de la quantité d'explosifs
- le changement de la taille des tirs (tonnage ou nombre de trous)
- favoriser l'utilisation d'un type d'explosif
- le recouvrement des tirs
- l'utilisation de charges étagées

La majorité des sautages ont été classifiés comme étant perceptible mais sans dérangement autant par les citoyens que par les employés de la mine présents lors des sautages.

Quelques éléments pourraient être modifiés si la poursuite du projet est envisagée. En ciblant l'étude sur les séquences ayant des tirs uniques, l'étude serait plus précise et les coefficients de détermination pourraient être augmentés. À chaque sautage, la caractérisation des sensations pourrait être faite dans plusieurs maisons à la fois. De plus, certaines variables pourraient être isolées en sélectionnant des tirs ayant des caractéristiques précises. L'installation de sismographes directement sur les maisons pourrait amener de nouveaux résultats en faisant une régression avec les perceptions des tirs et les valeurs enregistrées dans la maison.

Stephen Coates, ing. jr. et Laurie Grenier

Août 2014



Département Ingénierie Groupe Projets

Perceptions des sautages

Ce rapport se divise principalement en 2 sujets. Le premier, les résultats du programme de perceptions des sautages et le second, tenter d'établir les paramètres qui influencent le plus les vibrations et le bruit et par conséquent les perceptions des gens lors des tirs effectués à la Mine Canadian Malartic.

Auteure : Josée Couture

Date : Août 2015

Table des matières

Résumé	3
1. Historique du projet de perception des sautages	3
2. Endroits où les employés se déploient pour les perceptions des sautages	4
3. Cueillette de données pour les perceptions.....	5
4. Résultats des données de perceptions recueillies	8
4.1 Données générales	8
4.2 Bruits émis par le sautage	8
4.3 Vibrations dans les murs ou le plancher	9
4.4 Réaction de surprise ou de sursaut des gens	10
4.5 Mouvement des objets.....	11
4.6 Moyenne des perceptions.....	12
4.7 Acceptabilité des sautages	13
4.8 Récapitulatifs des résultats des perceptions.....	14
5. Biais du projet de perceptions des tirs	16
6. Analyse des données recueillies avec les sismographes légaux.....	17
6.1 Les données utilisées pour les analyses	17
6.2 L'analyse des données -généralité-	19
6.2.1 Les principes théoriques derrière les analyses.....	19
6.2.2 Les données disponibles.....	20
6.2.3 Les paramètres choisis pour les analyses.....	20
6.3 Les analyses par rapport aux vibrations	21
6.4 Les analyses par rapport au bruit.....	25
7. Jumelage des résultats de perceptions et des enregistrements des sismographes légaux..	28
Conclusion	31

Résumé

Ce rapport se divise principalement en 2 sujets. Le premier, les résultats du programme de perceptions des sautages et le second, tenter d'établir les paramètres qui influencent le plus les vibrations et le bruit et par conséquent les perceptions des gens lors des tirs effectués à la Mine Canadian Malartic.

Un programme de perception des tirs a été mis en place pour évaluer ce que ressent la population de la ville de Malartic lors des sautages. Les 2 paramètres les plus dérangeants pour les gens sont les vibrations et le bruit. Les résultats de ces nombreuses visites sont détaillés dans les pages qui suivent.

Dans un deuxième temps, un exercice statistique a été réalisé pour faire ressortir les paramètres des sautages qui ont le plus d'impact sur les lectures de vibrations et de bruit enregistré par les 7 sismographes légaux installés dans la ville. Ces paramètres sont :

- La distance entre le bloc sauté et le sismographe
- La durée du sautage
- Le tonnage du bloc sauté
- La charge maximale par délai

Ces éléments, mis tous ensemble, ont particulièrement d'importance pour le niveau de vibrations. Cependant, le facteur ayant le plus d'impact est la distance. Ce paramètre ne peut être modifié. En modifiant la valeur des autres paramètres, lorsque c'est possible, les vibrations théoriques varient faiblement.

1. Historique du projet de perception des sautages

Le but de la Phase I du projet de perception de sautages qui s'est déroulée à l'été 2014 était de voir si certaines caractéristiques des sautages augmentaient la perception des résidents de la ville de Malartic. À ce moment, un employé de la Mine Canadian Malartic devait se rendre chez un citoyen pour prendre des données de perceptions. Le sismographe était installé à l'extérieur de la résidence pour la durée du sautage seulement. Ce projet n'a pas permis d'établir un ou plusieurs facteurs ayant un impact sur la perception des gens.

La Phase II du projet a le même but, établir si certaines caractéristiques des sautages augmentaient la perception des résidents de la ville de Malartic. La durée de cette deuxième

phase est plus importante que la première. Elle s'étend de novembre 2014 à juin 2015. Quelques améliorations ont été apportées pour la seconde phase du projet :

- Les mesures sont prises à l'intérieur des maisons et commerces afin d'être représentatives de ce que les gens ressentent lors des sautages.
- Plusieurs citoyens et commerces ont été ajoutés à la liste de participants.
- Jusqu'à 5 employés se déploient lors des sautages pour la collecte de données, permettant ainsi de recueillir un plus grand nombre d'informations.



Figure 1: Emplacement des résidences et des commerces participant au projet

2. Endroits où les employés se déploient pour les perceptions des sautages

Lors des sautages, il est important de choisir un périmètre de déploiement en ville selon les participants les plus susceptibles de percevoir le sautage. Par exemple :

- Lorsque plusieurs tirs sont effectués à proximité du mur nord, prioriser les maisons et commerces les plus près.
- Lorsque deux tirs et plus sont effectués dans une même séquence, ils forment une direction préférentielle. Il faut prioriser un déploiement linéaire suivant cette direction.
- Lors des sautages uniques, effectuer un déploiement linéaire ou à proximité du mur nord, en priorisant des participants plus éloignés.

Cependant, certaines autres règles s'appliquent également :

- S'assurer d'aller dans toutes les résidences et dans tous les commerces à peu près le même nombre de fois, en fonction de la disponibilité des gens.
- Parfois, un endroit est ciblé en particulier pour un laps de temps déterminé. Donc, s'assurer de répondre à cette requête.

3. Cueillette de données pour les perceptions

Le sismographe utilisé pour les perceptions de tir est toujours installé sur une surface dure et plane. Le résident va habituellement indiquer l'endroit où il ressent le plus les vibrations pour effectuer la prise de mesure.

Les perceptions reliées aux sautages sont divisées selon 4 critères :

- le bruit émis par le sautage
- les vibrations dans les murs ou le plancher
- la réaction de surprise ou de sursaut des gens
- le mouvement des objets.

Ces critères sont notés selon une échelle de 1 à 5. Voir le tableau 1 plus bas pour les détails. Les personnes qui participent à l'étude jugent également si le sautage qui vient d'avoir lieu est acceptable ou non. Il est important que les gens répondent au questionnaire en fonction du sautage qui vient d'être effectué et non des sautages passés. Aller à la figure 2 qui suit pour voir le questionnaire utilisé pour les perceptions de sautages. Toutes les données recueillies sont compilées afin d'effectuer un suivi des perceptions et de faire l'analyse.

Lorsque les gens remplissent le formulaire de perceptions des sautages, ils le font selon leur ressenti au moment du tir. Chaque personne est différente et pour un même sautage, les informations recueillies peuvent donc être différentes. Tous les points de vue sont respectés et les employés de la mine ne font aucune pression sur les gens qui remplissent le formulaire pour influencer leur choix.

De plus, l'employé présent lors du sautage offre à toutes les personnes présentes de remplir le questionnaire. Au minimum, il y a 2 documents de remplis à chaque endroit, un par le résident et un par l'employé de la Mine Canadian Malartic. Parfois, dans un même endroit, il peut y avoir jusqu'à 5 personnes qui remplissent le formulaire.

Les sorties dans la ville de Malartic se font tant pour les tirs de 11 h que pour ceux de 15 h. Tous les sautages exécutés par la mine ne font pas l'objet d'une sortie en ville, à moins d'exception pour des périodes déterminées. Le choix de sortir ou non n'est jamais fait en fonction de la grosseur des sautages ou d'autres raisons de ce genre, mais bien pour des raisons de main-d'œuvre disponible à la mine. Par exemple, il n'y a pas de sortie perceptions la fin de semaine, car les gens qui s'en occupent ont un horaire de travail du lundi au vendredi.

Il y a une exception à ce dernier énoncé. Du 19 juin 2015 au 19 juillet 2015, tous les sautages effectués à la mine ont fait l'objet d'une cueillette de données perceptions. Certains citoyens ont émis le commentaire que les plus gros sautages sont justement gardés pour les fins de semaine, lorsqu'il n'y a pas de sortie d'organiser. Le but de cet échantillonnage particulier est de montrer aux citoyens de Malartic que les sautages de fin de semaine ne sont ni plus gros ni plus petits que pour le reste de la semaine. L'endroit ciblé pour cette campagne est la SAQ, puisqu'il est ouvert 7 jours par semaine. Ce projet fera l'objet de son propre rapport.

L'échelle des perceptions des tirs a été établie selon une gradation numérique allant de 1 à 5. Voici donc l'échelle des perceptions utilisée :

Cotes	Qualificatifs	Commentaires
5	Très fort	Difficile à endurer
4	Fort	On ressent un incofort important
3	Modéré	On ressent un faible inconfort
2	Faible	Perceptible mais sans dérangement
1	Imperceptible	Ils ont procédé?

Tableau 1 : Échelle utilisée pour les perceptions des sautages

PERCEPTION DES TIRS

Sautages : _____

Adresse : _____

du sismo : _____

Date : _____

Nom de l'observateur : _____

Heure : _____

Nombre de personnes présentes : _____

Observations dans la résidence ou le commerce

Pièce où se situe l'observateur :

Cuisine : _____

Salon : _____

Salle à dîner : _____

Autre : _____

Caractérisation des sensations : Décrire de façon générale comment le sautage a été perçu et les événements observés lors du sautage.

LÉGENDE :

Très fort	Difficile à endurer
Fort	On ressent un inconfort important
Modéré	On ressent un faible inconfort
Faible	Perceptible, mais sans dérangement
Imperceptible	Ils ont procédé?

Ce sautage était-il acceptable pour vous?

Oui : _____

Non : _____

	Bruits émis par le sautage	Vibrations dans les murs ou plancher	Réaction de surprise ou sursaut	Mouvement des objets
Très fort				
Fort				
Modéré				
Faible				
Imperceptible				

Commentaires : _____

Signature : _____

Figure 2 : Questionnaire utilisé pour les perceptions des sautages

4. Résultats des données de perceptions recueillies

Les sections qui suivent présentent les résultats de la cueillette de données des perceptions. Ce bilan couvrira la période du 14 novembre 2014 au 11 juin 2015.

4.1 Données générales

Les graphiques 1 à 6 qui suivent contiennent des données recueillies du 14 novembre 2014 au 11 juin 2015.

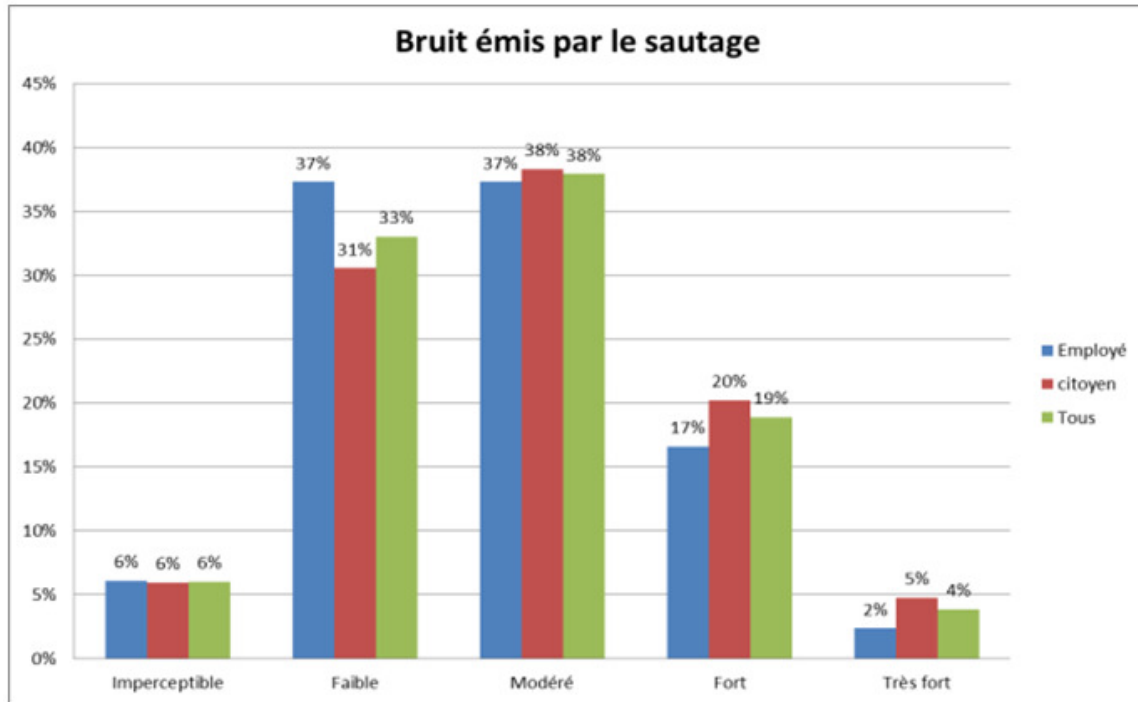
- Nombre de sorties pour les perceptions : 95 sorties
- Nombre de personnes sondées : 799 participants (employés et citoyens)
- Nombre d'employés sondés : 295 employés
- Nombre de citoyens sondés : 504 citoyens
- Nombre de sautages : 178 sautages (sautages uniques et multiples)
- Nombre de sautages uniques : 51 sautages uniques
- Nombre de sautages uniques qui ont fait l'objet d'une sortie perceptions : 20 sautages
- Nombre de résidences faisant partie du projet : 8
- Nombre de commerces faisant partie du projet : 11 (dont un commerce maintenant fermé)

4.2 Bruits émis par le sautage

En moyenne, 77 % des participants ont qualifié les bruits émis par le sautage d'imperceptibles à modérés. Les perceptions des salariés de la mine et des résidents sont similaires à ± 6 % d'écart.

La proportion des bruits émis par le sautage qualifiés de fort et très forts est de 23 %. Les perceptions des employés et des citoyens sont similaires à ± 3 % d'écart.

Note : parfois, pour une même valeur, les colonnes du graphique à barres ne sont pas exactement à la même hauteur. Cela est dû aux décimales, par exemple 6.0 vs 6.4.

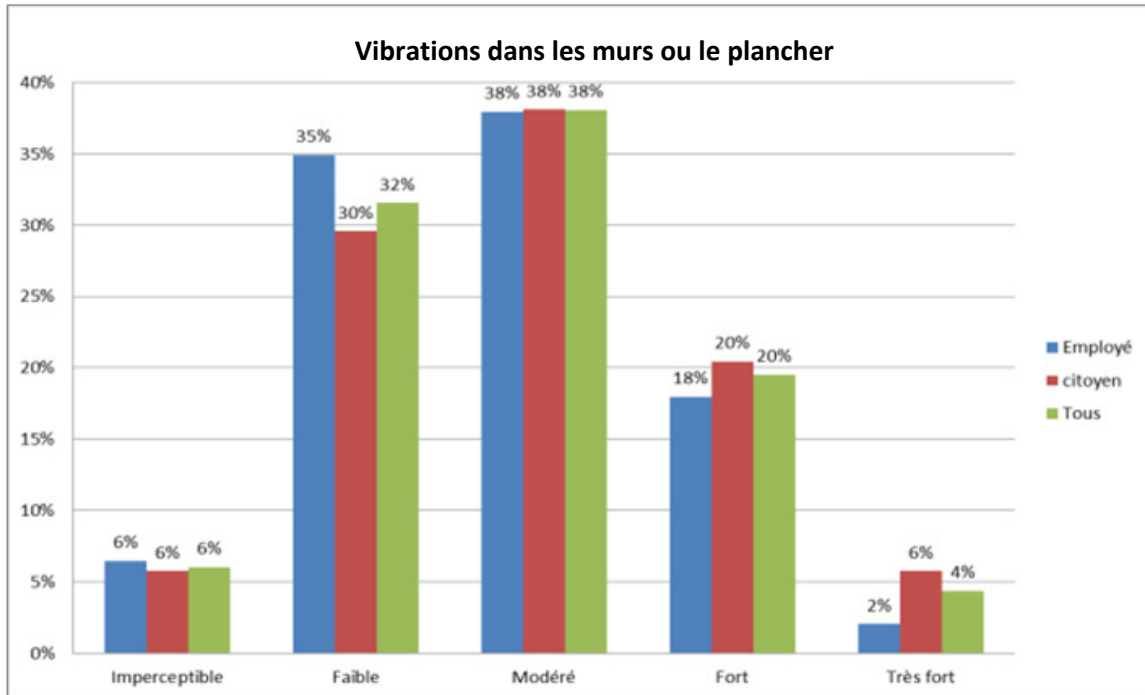


Graphique 1 : Bruit émis par le sautage

4.3 Vibrations dans les murs ou le plancher

Les participants ont qualifié 76 % des vibrations dans les murs et le plancher d'imperceptibles à modérés. Les impressions des employés et des habitants de Malartic sont similaires à ± 5 % d'écart.

Les vibrations dans les murs et le plancher constituent 24 % des réponses pour ce qui est quantifié de forts à très forts. Les perceptions des travailleurs et des résidents sont similaires à ± 4 % d'écart.

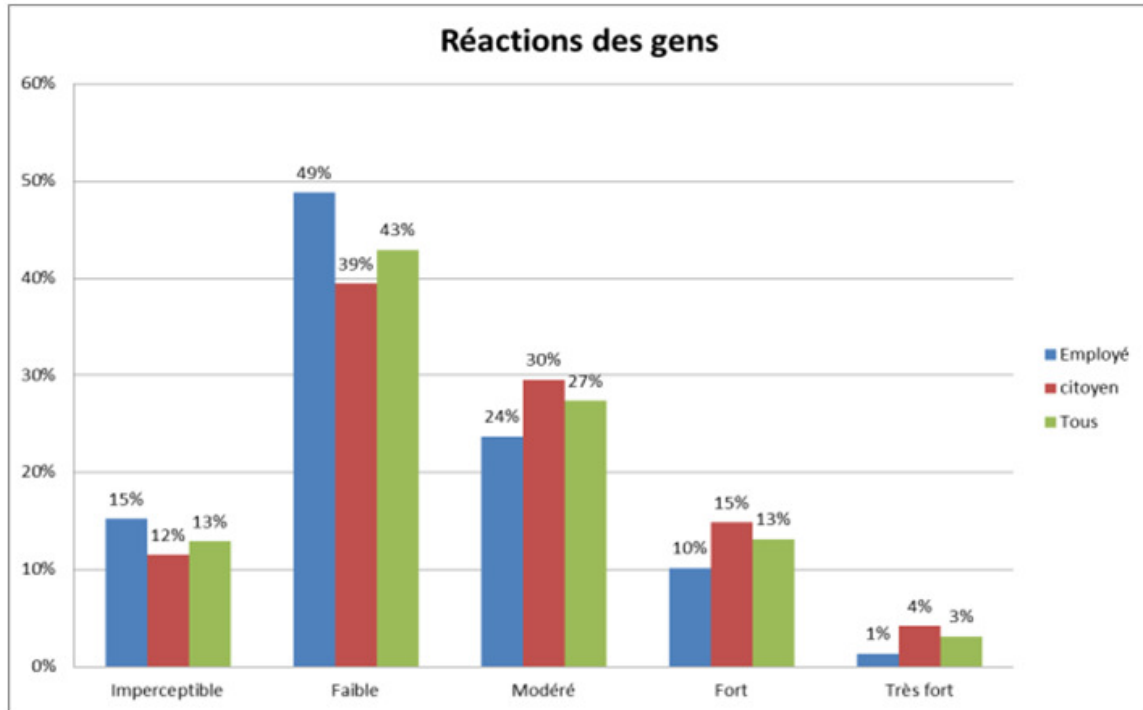


Graphique 2 : Vibrations dans les murs et le plancher

4.4 Réaction de surprise ou de sursaut des gens

En moyenne, 83 % des participants ont qualifié leur réaction durant le sautage d'imperceptible à modérée. Les perceptions des employés et des résidents sont similaires à $\pm 10\%$ d'écart.

Les réactions sont qualifiées de fortes à très fortes dans une proportion de 17 %. Les arrondis font que sur le graphique 3 la somme est de 16 %. Les impressions des salariés de la mine et des citoyens sont similaires à $\pm 5\%$ d'écart.

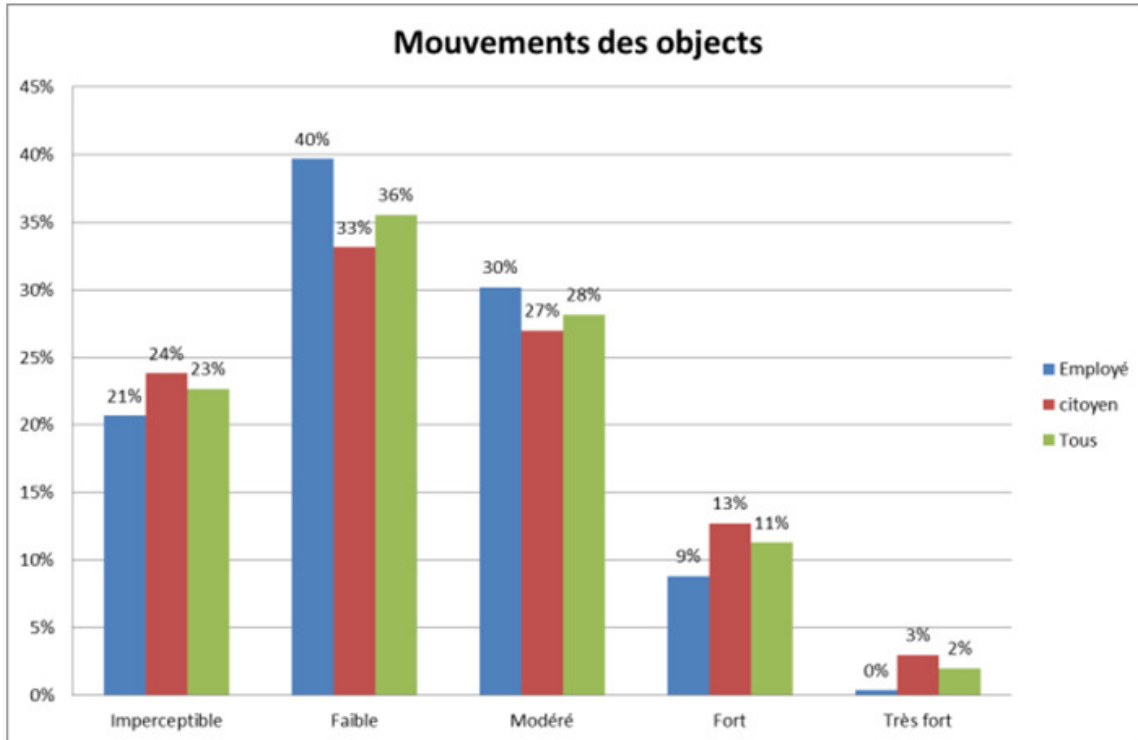


Graphique 3 : Réaction de surprise ou de sursaut

4.5 Mouvement des objets

En moyenne, 87 % des participants ont qualifié le mouvement des objets lors du sautage d'imperceptible à modéré. Les perceptions des travailleurs et des habitants de Malartic sont similaires à ± 7 % d'écart.

La proportion des mouvements des objets qui sont qualifiés de forts à très forts est de 13 %. Les impressions des employés et des résidents sont similaires à ± 4 % d'écart.

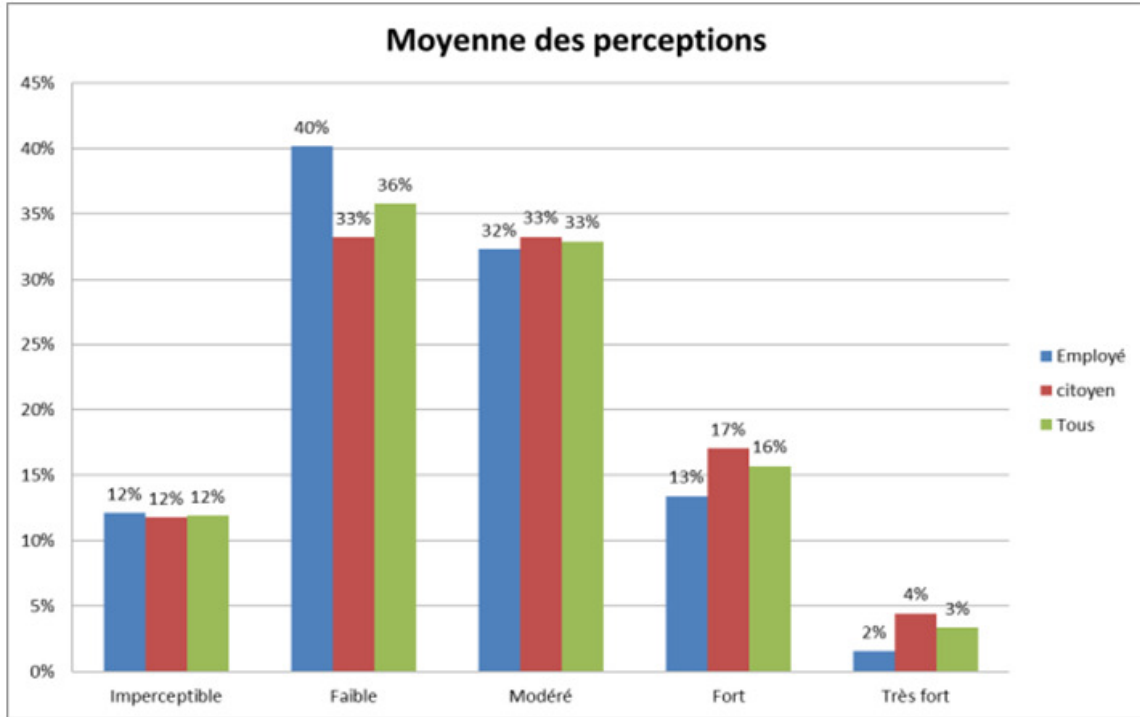


Graphique 4 : Mouvement des objets

4.6 Moyenne des perceptions

En moyenne, 81 % des participants ont qualifié leurs perceptions des sautages d'imperceptibles à modérées. Les impressions des salariés de la mine et des citoyens sont similaires à $\pm 7\%$ d'écart.

La moyenne des perceptions constitue 19 % des réponses pour ce qui est quantifié de forts à très forts. Les perceptions des employés et des résidents sont similaires à $\pm 4\%$ d'écart.



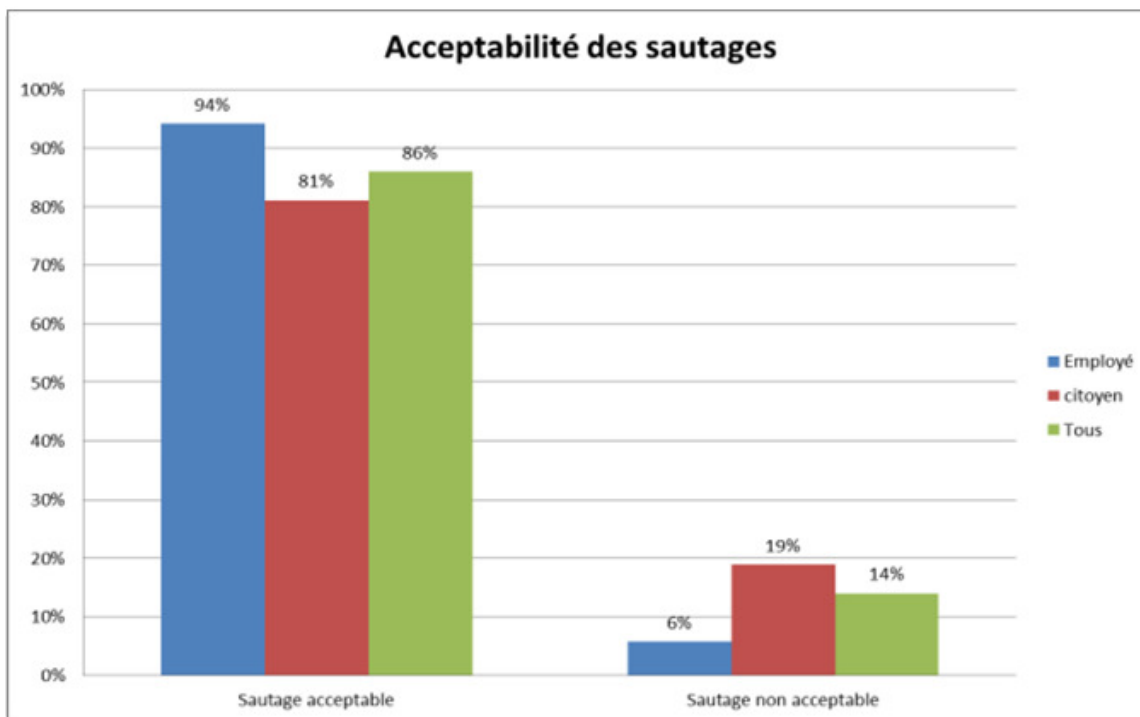
Graphique 5 : Moyenne des perceptions

4.7 Acceptabilité des sautages

Les personnes qui remplissent le sondage doivent spécifier si pour eux, le sautage qui vient d'être effectué, est acceptable ou non.

En moyenne, 86 % des participants ont qualifié les sautages d'acceptables. Les impressions des travailleurs et des habitants de Malartic démontrent un écart de 13 %.

Les sautages sont qualifiés de non acceptables dans une proportion de 14 %. Les perceptions des employés et des citoyens démontrent un écart de 13 %.



Graphique 6 : Acceptabilité des sautages

4.8 Récapitulations des résultats des perceptions

La partie qui suit synthétise l'information présentée dans les graphiques 1 à 6 vus plus haut.

Le tableau 2 montre les résultats de manière distincte entre les réponses des employés et des citoyens de Malartic. La moyenne est une moyenne pondérée entre le nombre de répondants qui sont des travailleurs ou des habitants de la ville. La moyenne inscrite au tableau ne correspond donc pas toujours à la moyenne des colonnes employés/citoyens. Pour l'étude, 295 sondages remplis par des travailleurs et 504 par des citoyens ont été recueillis. De plus, la somme des moyennes ne donne pas 100 % dans tous les cas, pour une raison d'arrondi de décimale.

Les paramètres les plus dérangeants pour les gens de Malartic sont le bruit émis par le sautage et les vibrations dans les murs et le plancher.

Paramètres étudiés	Réponses d'imperceptible à modéré (%)			Réponses de fort à très fort (%)		
	Employés	Citoyens	Moyenne	Employés	Citoyens	Moyenne
Bruit émis par le sautage	79	74	76	20	26	24
Vibrations dans les murs ou le plancher	80	75	77	19	25	23
Réaction de surprise ou de sursaut	88	81	83	11	19	16
Mouvement des objets	91	84	87	9	16	13
Moyenne des perceptions	84	78	81	15	21	19

Tableau 2 : Résultats des perceptions des sautages

Au tableau 2, on remarque que les employés considèrent qu'un plus grand nombre de sautages se classifient d'imperceptible à modéré que les citoyens.

Le tableau 3 montre les résultats d'acceptabilité des sautages. Les employés considèrent davantage les sautages acceptables que les citoyens.

Paramètre étudié	Sautages acceptables (%)			Sautages non acceptables (%)		
	Employés	Citoyens	Moyenne	Employés	Citoyens	Moyenne
Acceptabilité des sautages	94	81	86	6	19	14

Tableau 3 : Résultats de l'acceptabilité des sautages

Les écarts entre les réponses des employés et des citoyens peuvent être vus dans le tableau 4. Un écart positif signifie que les employés ont répondu dans une plus grande proportion que les citoyens pour un paramètre donné. Inversement, un écart négatif démontre que ce sont les citoyens qui ont répondu plus massivement à un élément donné.

Paramètres étudiés	Écart entre employés et citoyens (%)				
	Imperceptible	Faible	Modéré	Fort	Très fort
Bruit émis par le sautage	0	5	0	-2	-4
Vibrations dans les murs ou le plancher	0	6	-1	-3	-3
Réaction de surprise ou de sursaut	3	10	-6	-5	-3
Mouvement des objets	-3	7	3	-4	-3
Moyenne des perceptions	0	7	-1	-4	-2

Tableau 4 : Écart entre les réponses des employés et des citoyens pour chaque paramètre étudié

L'écart le plus important se situe pour tous les paramètres à l'intensité faible. On remarque également que pour les qualificatifs fort et très fort, les citoyens cotent davantage ces catégories que les travailleurs. Concernant l'acceptabilité des sautages, l'écart citoyens/travailleurs est de 13 %.

Paramètre étudié	Écart entre employés et citoyens (%)	
	Acceptable	Non acceptable
Acceptabilité des sautages	13	-13

Tableau 5 : Écart entre les réponses des employés et des citoyens concernant l'acceptabilité des sautages

5. Biais du projet de perceptions des tirs

Depuis novembre 2014, quelques observations ont été faites concernant les sources de biais affectant les données d'analyse.

- Les gens dans les commerces ont tendance à accepter plus souvent les tirs que les résidents.

Ceci est probablement dû au fait que les clients et travailleurs ne sont pas propriétaires et ne ressentent pas la crainte que les sautages affectent la qualité des murs et réduisent la valeur de leur propriété par exemple.

- Des participants qui ont tendance à juger les sautages inacceptables.

Certains observateurs jugent pratiquement tous les sautages inacceptables, peu importe les conditions réelles du moment. Dans ces cas, ce n'est que sur une base exceptionnelle qu'un sautage est qualifié d'acceptable.

- Des participants qui ont tendance à accepter tous les sautages.

D'un autre côté, certaines personnes sont extrêmement tolérantes et acceptent pratiquement tous les sautages.

- Les employés de la mine ont tendance à accepter plus souvent les tirs que les citoyens.

Probablement parce que les employés ne vivent pas jour après jour les effets des sautages. Les résidents qui habitent non loin du mur vert sont près des sautages. Ils ressentent physiquement les sautages et peuvent s'inquiéter pour leur résidence. De plus, les employés sont plus aux faits des résultats de tous les sautages effectués donc, cela peut entraîner une certaine tolérance dans l'acceptation des sautages. Cela peut expliquer les écarts entre les perceptions des employés et des résidents mentionnés dans la section 4.8 du rapport.

- Avec le temps, le seuil de tolérance aux sautages augmente

Les gens ayant vécu plusieurs sautages développent une certaine tolérance. L'expérience de nombreux sautages tend à réduire l'inquiétude et permet de développer sa propre échelle de cotation.

6. Analyse des données recueillies avec les sismographes légaux

6.1 Les données utilisées pour les analyses

Lors des sorties perceptions, un sismographe est installé à l'intérieur, près des gens qui remplissent le formulaire de perceptions. Dans de précédentes analyses, ce sont ces données qui étaient utilisées. Tel que spécifié précédemment, les résultats qui utilisent ces données n'ont pas été concluants.

Pour la présente étude, une première tentative d'analyse a été faite avec les données de perceptions de tous les sautages recueillis et les résultats officiels des sismographes légaux. Les résultats n'ont pas été concluants. Aucune corrélation forte n'a permis de cibler un ou plusieurs facteurs ayant une influence sur les vibrations ou le bruit. Les données des sismographes légaux que transmet le groupe environnement sont la résultante, c'est-à-dire les données maximums de vibrations et de bruit.

Une autre analyse a été réalisée avec les données de perceptions de tous les sautages recueillis et les données décortiquées des sismographes légaux. Les données décortiquées sont les données des sismographes légaux pour chacun des blocs sautés. Cette nouvelle étude non plus n'a pas permis de cibler un ou des paramètres influençant les vibrations et le bruit produits lors des sautages. Ceci est probablement dû aux ondes résiduelles des sautages qui peuvent s'additionner.

Finalement, l'approche qui a permis d'isoler des résultats probants est d'utiliser les sautages uniques. Un sautage unique est défini par le fait qu'un seul bloc est tiré dans la séquence, soit à 11 h soit à 15 h.

Dans le but d'obtenir plus de données à analyser, une tentative d'utiliser les sautages tirés dans la même séquence et dans le même secteur de la fosse a été faite. Les secteurs de la fosse ont été définis selon une grille de repérage déjà existante, référée sous l'appellation grille « bingo ». Les 15 cas de sautages regroupés dans le même espace de la grille bingo ont été utilisés. Les régressions qui en découlent donnent des coefficients de corrélation jugés trop bas comparativement aux sautages uniques seulement. Les données n'ont donc pas été retenues. La

figure 5 montre la fosse et la grille. Les meilleurs résultats sont donc ceux qui utilisent des données des sautages uniques seulement.

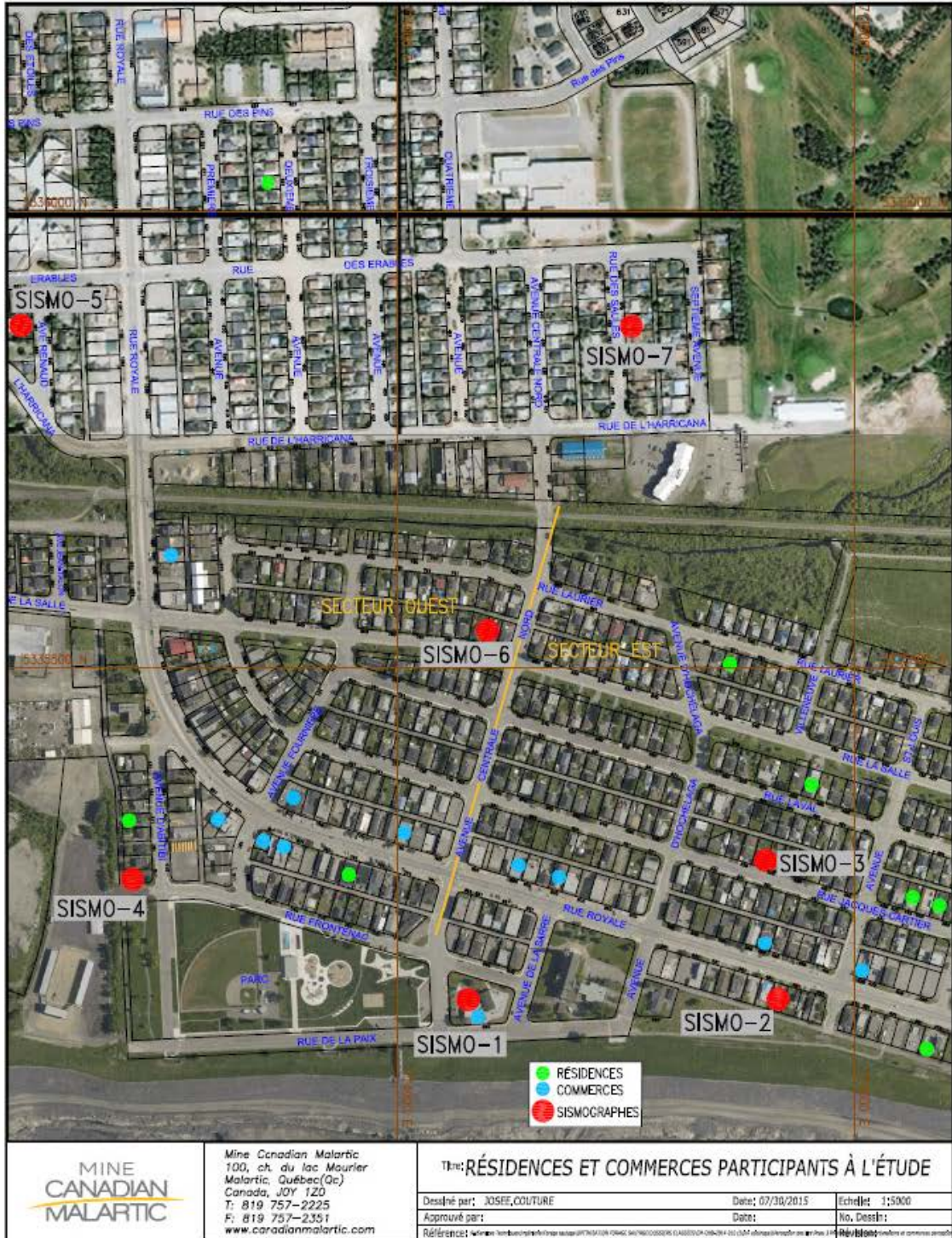


Figure 3 : Positions des sismographes légaux et des lieux de perceptions de sautages

6.2 L'analyse des données -généralité-

6.2.1 Les principes théoriques derrière les analyses

Plusieurs analyses de type régression linéaire ont été réalisées. Le principe d'une régression linéaire est de faire passer une ligne (droite ou courbe) parmi un ensemble de points. Cette ligne doit être le plus centrée possible par rapport à l'ensemble des données.

Dans le cas du présent rapport, il y a les vibrations et le bruit comme résultats mesurés des sautages. Le but est de savoir si un facteur par exemple la distance ou le tonnage peut être révélateur des vibrations perçues. Avec un tonnage X, les vibrations devraient être de Y.

De plus, il peut y avoir des corrélations simples ou multiples. Les corrélations simples sont la liaison entre 2 paramètres alors que les corrélations multiples sont la liaison de 3 paramètres et plus. Il est impossible de faire une représentation graphique d'une régression multiple.

Les coefficients de corrélation varient entre -1 et 1. Un coefficient de corrélation de 1 indique que les paramètres X et Y croissent. Un coefficient de corrélation de -1 signifie que le paramètre X croit et que le Y décroît. La figure 4 montre une représentation graphique des coefficients de corrélation.

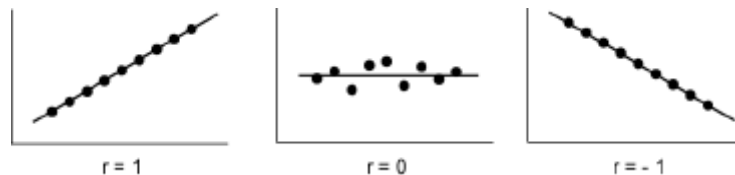


Figure 4 : Représentation graphique des coefficients de corrélation

Plus le coefficient de corrélation est proche de 1 ou -1, plus la corrélation entre les variables est forte. Un coefficient de corrélation de 0 signifie qu'il n'y a pas de corrélation. Une forte corrélation se chiffre entre 0.5 à 1 ou entre -0.5 à -1.

Corrélation	Valeur	
Faible	de 0 à 0.5	de 0 à -0.5
Forte	de 0.5 à 1	de -0.5 à -1

Tableau 6 : Valeur de la corrélation

6.2.2 Les données disponibles

Durant la période du 14 novembre 2014 au 11 juin 2015, il y a eu 178 sautages dont 20 sautages uniques pour lesquels il y a eu une prise de données perceptions. Les sautages uniques sont moins fréquents puisque d'un point de vue opérationnel, pour la mine Canadian Malartic, il est plus avantageux de faire le sautage de plus d'un bloc à la fois. En effet, pour chaque sautage, la fosse doit être évacuée en tout ou en partie.

Les sismographes légaux, au nombre de 7, ont permis d'obtenir 140 données relatives aux vibrations et au bruit. Parmi celles-ci, il y en a 69 qui ne peuvent être utilisées puisqu'elles sont sous le seuil de détection de l'appareil. Elles apparaissent avec la mention « LD » qui veut dire « Low Detection ». Le seuil des sismographes est à 1.016 mm/s pour les vibrations. Les données de vibrations non utilisées peuvent donc varier de 0 mm/s à 1.015 mm/s.

Il reste donc 71 données qui peuvent être utilisées dans le cadre de cette étude. Également, tel que mentionné plus haut, les données des sismographes de perceptions ne seront pas considérées.

6.2.3 Les paramètres choisis pour les analyses

Lors d'un sautage, plusieurs paramètres entrent en jeu. Ceux choisis pour cette étude sont les suivants :

- Facteur poudre : la masse d'explosif par rapport au tonnage qui sera détonnée.
- Diamètre des trous : le diamètre des trous est variable en fonction de la position du bloc de sautage dans la fosse.
- Tonnage : la masse du bloc de sautage.
- Durée : la durée du sautage.
- Distance : la distance entre le bloc de sautage et le sismographe légal.
- Grille : position du bloc de sautage par rapport à une grille interne appelée la « grille bingo ». Voir la figure 5.
- Charge maximum par délai : c'est la masse d'explosif maximum permise pour un même délai.

Des filtres ont également été utilisés pour traiter les données des sismographes. Les filtres sont :

- Secteur Est et Ouest : la limite est l'Avenue Centrale de la ville de Malartic. Voir la figure 3 plus haut qui montre la ligne de séparation des 2 secteurs.

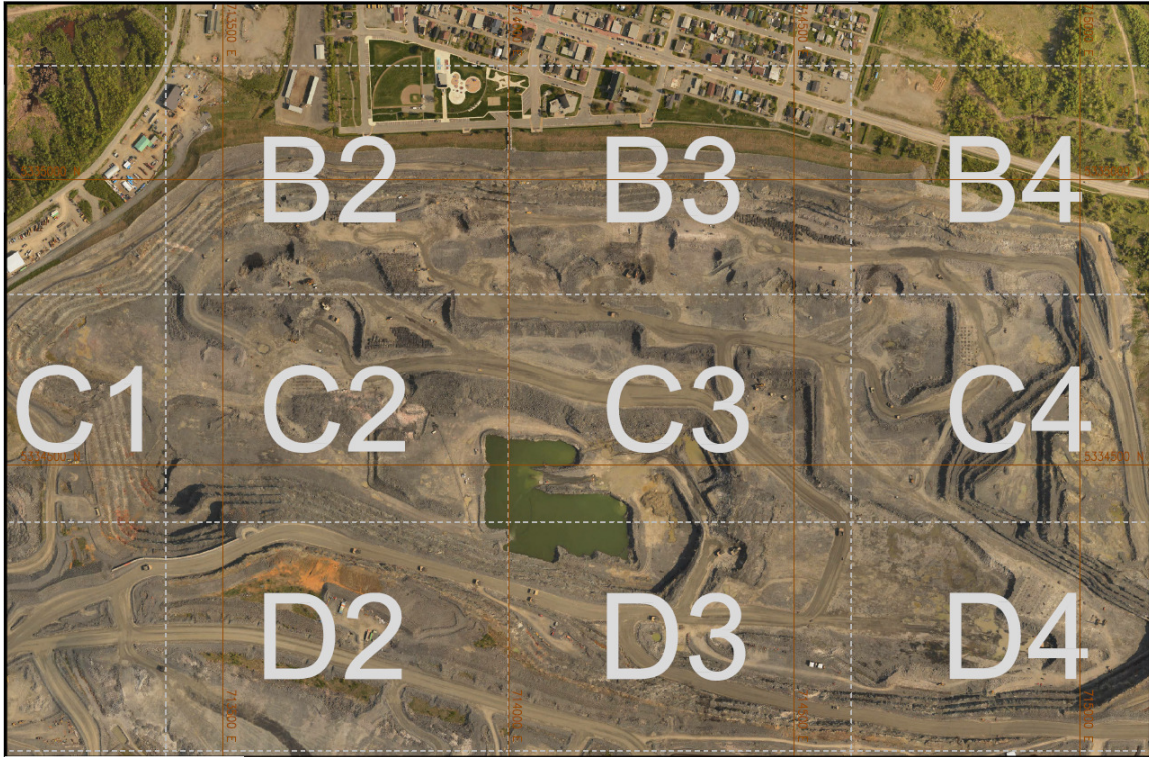


Figure 5 : Vue de la fosse et de la grille « bingo »

6.3 Les analyses par rapport aux vibrations

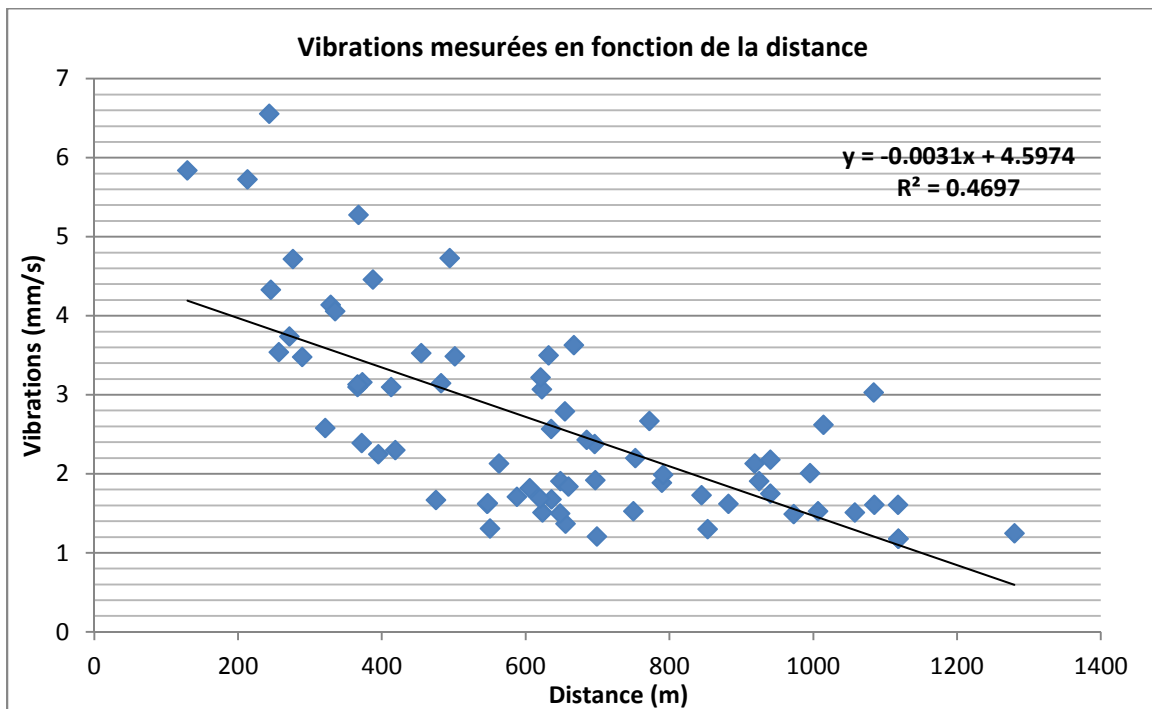
Lorsque chaque paramètre est comparé individuellement aux vibrations, les résultats du coefficient de corrélation (r^2) sont les suivants :

Paramètre	Coefficient de corrélation (r^2)	
	Régression linéaire	Régression logarithmique
Distance	0.470	0.581
Durée	0.002	0.008
Tonnage	0.033	0.018
Diamètre	0.051	0.051
Grille	0.062	0.057
Facteur Poudre	0.003	0.010
Charge maximale par délai	0.070	0.062

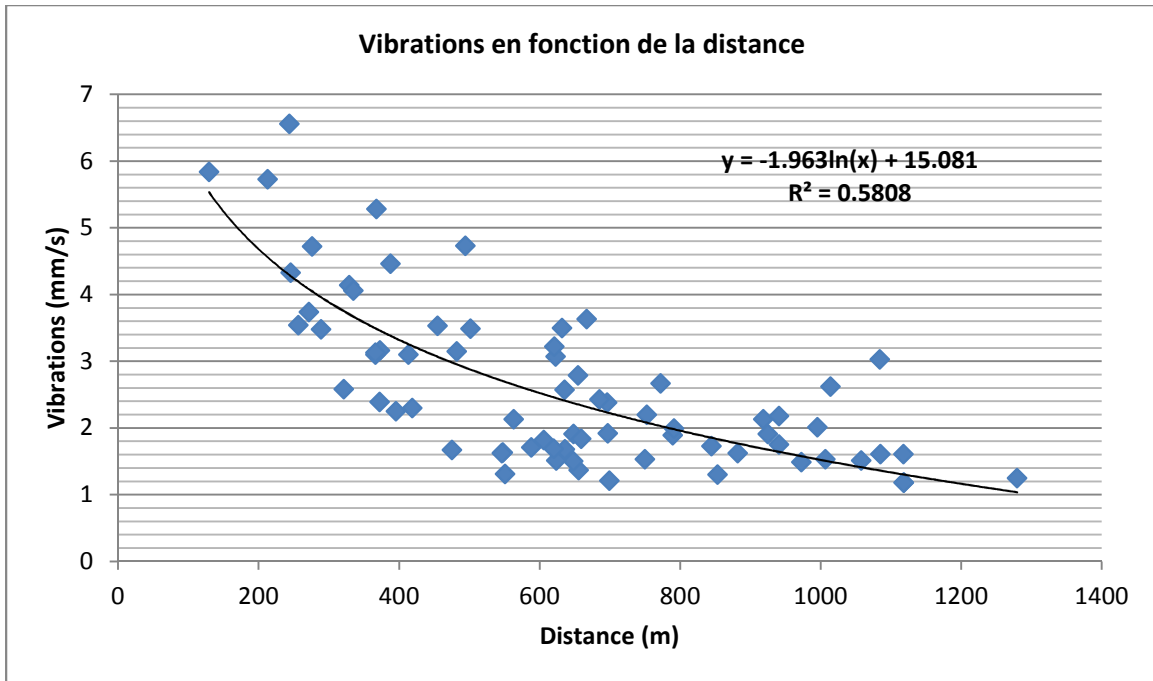
Tableau 7 : Coefficient de corrélation pour chaque paramètre de sautage en fonction des vibrations

Les 2 types de régressions donnent pour chacun des paramètres des coefficients de corrélations du même ordre de grandeur. Seule la distance peut être qualifiée de corrélation forte avec la régression logarithmique, car elle est supérieure à 0.5, tel qu'expliqué à la section 6.2.1.

Voici en exemple 2 graphiques. Le premier montre la régression linéaire pour la distance et le second la régression logarithmique pour le même paramètre.



Graphique 7 : Coefficient de corrélation pour la distance avec une régression linéaire



Graphique 8 : Coefficient de corrélation pour la distance avec une régression logarithmique

Selon les principes théoriques, le coefficient de corrélation devrait être négatif dans les 2 cas. Le logiciel Excel de Microsoft le traite tout simplement en valeur absolue.

Les données utilisées dans les 2 graphiques sont identiques. Il faut remarquer que plus la distance est grande entre le bloc de sautage et le sismographe légal, moins les vibrations enregistrées sont fortes. Cela est logique et respecte la loi d'atténuation des ondes qui dit que plus on est éloigné de la source, moins la vibration mesurée est importante pour une les même conditions de sautage.

Tous les graphiques ne seront pas présentés, car les corrélations sont faibles.

Plusieurs régressions ont été réalisées pour tenter de déterminer les paramètres les plus significatifs sur les vibrations. Le tableau 8 présente les résultats des régressions. Dans ce tableau, les données **en gras et en rouges** sont les 3 meilleurs résultats.

Des paramètres sont utilisés ou non pour réaliser les régressions. Des filtres ont également été appliqués dans certains cas. C'est-à-dire que des données ont été utilisées et d'autres non. Donc certaines régressions utilisent seulement les données des sismographes des secteurs Est ou Ouest. Voir la figure 3 plus haut pour voir la position des sismographes et les secteurs Est et Ouest.

Nombre de régression	Paramètres							Filtres		Coefficient de corrélation (r^2)	
	Distance	Durée	Tonnage	Diamètre	Grille	Facteur poudre	Charge maximale par délai	Secteur Est	Secteur Ouest	Régression linéaire	Régression logarithmique
1	x	x	x	x	x	x				0.621	0.719
2	x	x	x		x					0.619	0.719
3	x	x	x							0.580	0.647
4	x		x		x					0.582	0.718
5	x		x	x	x					0.618	0.718
6	x						x			0.627	0.724
7	x	x	x	x			x			0.647	0.730
8	x	x	x				x			0.639	0.727
9	x	x	x				x	x		0.676	0.744
10	x	x	x				x		x	0.578	0.576

Tableau 8 : Régressions linéaires et logarithmiques multiples en fonction des vibrations

Les meilleurs résultats des coefficients de corrélation pour les vibrations mettent en évidence que les paramètres ayant le plus d'impact sont :

- La distance entre le bloc sauté et le sismographe
- La durée du sautage
- Le tonnage du bloc sauté
- La charge maximale par délai

Le diamètre des trous est un paramètre qui semble avoir une influence moindre. Lorsqu'il ne fait plus partie des facteurs considérés, les corrélations sont quasi égales pour les mêmes paramètres. Voir les lignes 7 et 8 du tableau 8 plus haut.

Si le secteur est ajouté aux régressions, l'ordre de grandeur est semblable pour les régressions linéaires avec les secteurs Est et Ouest. Ceci est légèrement différent pour les régressions logarithmiques. Le coefficient de corrélation est similaire à l'Est et diminue à l'Ouest. (Comparer la ligne 7 avec les lignes 9 et 10 du tableau 8 plus haut.) Pour tous ces résultats, un critère important est le nombre d'observations. Le nombre d'observations total est de 71. Pour le secteur Est, il y en a 50 et pour le secteur Ouest, 21. Tous les coefficients de corrélation obtenus avec les régressions qui utilisent le filtre du secteur Ouest sont donc à employer avec prudence vu le nombre d'éléments moins important. Cela représente 30 % des données d'observations.

Les résultats qui peuvent être ressortis sont donc par rapport aux paramètres ayant le plus d'importance : la distance, la durée, le tonnage et la charge maximale par délai. La corrélation est de 0.727 avec une régression logarithmique. Puisque cette donnée est supérieure à 0.5, la corrélation est considérée forte.

La distance est le paramètre le plus important pour la réduction des vibrations. Les 3 autres paramètres ont une influence beaucoup plus faible. Cela signifie que le fait de faire varier ces facteurs, lorsque c'est possible, pourrait avoir peu d'effet sur les vibrations enregistrées en ville et par le fait même sur les perceptions des citoyens.

6.4 Les analyses par rapport au bruit

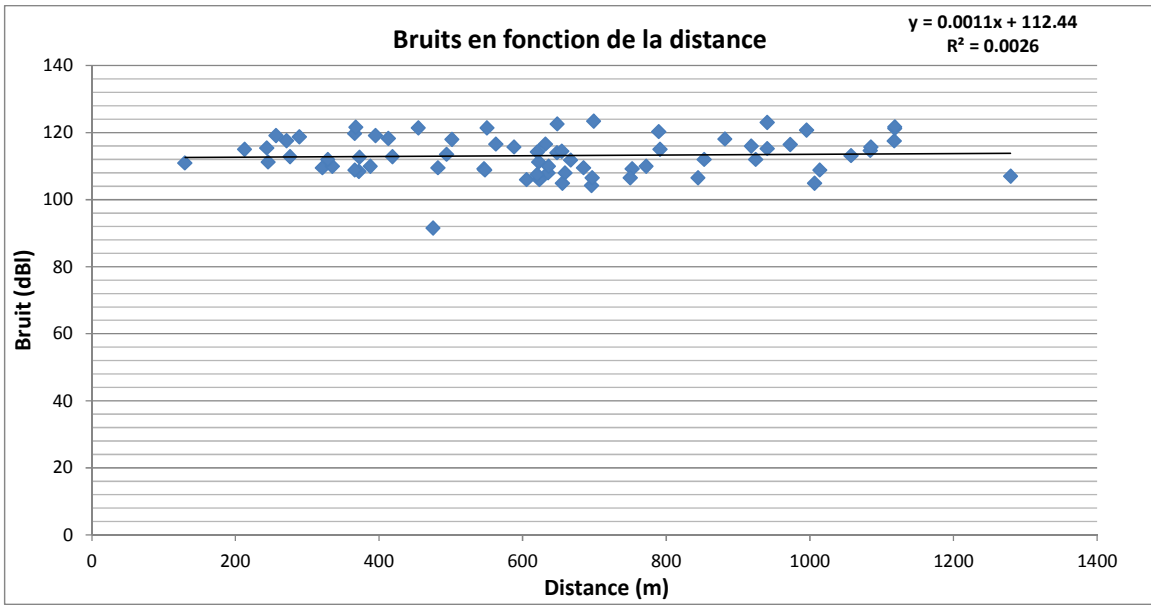
Les mêmes paramètres décrits à la section 6.2.3 sont utilisés pour les analyses de bruit. Lorsque chacun de ces paramètres est comparé individuellement au bruit, les résultats du coefficient de corrélation (r^2) sont les suivants :

Paramètre	Coefficient de corrélation (r^2)	
	Régression linéaire	Régression logarithmique
Distance	0.003	0.0001
Durée	0.152	0.166
Tonnage	0.265	0.136
Diamètre	0.228	0.226
Grille	0.190	0.193
Facteur Poudre	0.028	0.060
Charge maximale par délai	0.133	0.186

Tableau 9 : Coefficient de corrélation pour chaque paramètre de sautage en fonction du bruit

Aucun des 2 types de régressions ne permet d'obtenir une corrélation forte pour l'un ou l'autre des paramètres. De plus, les coefficients de corrélation sont dans le même ordre de grandeur dans les 2 cas.

À titre comparatif, la meilleure corrélation pour les vibrations était avec la distance.



Graphique 9 : Coefficient de corrélation pour la distance avec une régression linéaire

Nombre de régression	Paramètres							Filtres		Coefficient de corrélation (r ²)	
	Distance	Durée	Tonnage	Diamètre	Grille	Facteur poudre	Charge maximale par délai	Secteur Est	Secteur Ouest	Régression linéaire	Régression logarithmique
1	x	x	x	x	x	x				0.465	0.447
2	x	x	x		x					0.433	0.403
3		x	x	x	x					0.269	0.252
4			x	x	x					0.250	0.250
5	x						x			0.255	0.341
6	x	x	x	x			x			0.423	0.388
7	x	x	x				x			0.420	0.353
8	x	x	x				x	x		0.362	0.357
9	x	x	x				x		x	0.649	0.404

Tableau 10 : Régressions linéaires et logarithmiques multiples en fonction du bruit

Le tableau 10 présente les résultats des régressions pour le bruit. Dans ce tableau, les données **en gras et en rouges** sont les 3 meilleurs résultats.

Les meilleurs résultats des coefficients de corrélation pour le bruit indiquent que les paramètres ayant le plus d'impact sont :

- La distance entre le bloc sauté et le sismographe
- La durée du sautage
- Le tonnage du bloc sauté
- La charge maximale par délai

Le diamètre des trous est un paramètre qui semble avoir une influence moindre. Lorsqu'il ne fait plus partie des facteurs considérés, les corrélations sont quasi égales pour les mêmes paramètres et filtres. Pour un exemple, voir les lignes 6 et 7 du tableau 10 plus haut.

Si le secteur est ajouté aux régressions, l'ordre de grandeur est semblable pour les régressions logarithmiques avec les secteurs Est et Ouest. La différence est beaucoup plus marquée pour les régressions linéaires. Les coefficients de corrélation sont similaires à l'Est et augmente à l'Ouest. (Comparer la ligne 6 avec les lignes 8 et 9 du tableau 10 plus haut.)

Le filtre avec le secteur Ouest donne le plus haut coefficient de corrélation pour le bruit avec une régression linéaire. Possiblement à cause de la répartition des sismographes légaux dans la ville. Les sismographes 1, 2 et 3 du côté Est sont relativement proches les uns des autres et de la mine alors que les sismographes 4, 5 et 6 du côté Ouest sont plus éloignés les uns des autres et s'éloignent graduellement de la mine. Le fait que les sismographes du côté Ouest soient répartis en s'éloignant de la mine permet au bruit de s'atténuer et donc de montrer une meilleure corrélation.

Pour tous ces résultats, un critère important est le nombre d'observations. Le nombre d'observations total est de 71. Pour le secteur Est, il y en a 50 et pour le secteur Ouest, 21. Tous les coefficients de corrélation obtenus avec les régressions qui utilisent le filtre du secteur Ouest sont donc à employer avec prudence puisque le nombre d'éléments est peu important. Cela représente 30 % des données d'observations.

Les résultats qui peuvent être ressortis sont donc par rapport aux paramètres ayant le plus d'importance : la distance, la durée, le tonnage et la charge maximale par délai. La corrélation est de 0.420 avec une régression linéaire. Puisque cette valeur est sous la barre du 0.5, la corrélation est considérée faible.

Le meilleur coefficient de corrélation, est de 0.649 avec une régression linéaire qui utilise les 4 paramètres prépondérants et le filtre du secteur Ouest. Cette valeur est de loin la meilleure obtenue. Cependant, le nombre de données étant peu important, il faut être prudent avant d'avancer des conclusions.

7. Jumelage des résultats de perceptions et des enregistrements des sismographes légaux

Les sismographes légaux sont installés selon les règles de l'art et respectent la façon de faire réglementée par le ministère. Ils sont enterrés dans le sol. Les sismographes utilisés pour les perceptions sont installés de manière temporaire dans le bâtiment, près des gens qui participent à l'exercice de perceptions des sautages.

En comparant les moyennes des vibrations des sismographes perceptions et légaux, pour les sautages uniques, on remarque que dans la majorité du temps, la valeur de la moyenne est

supérieure pour les sismographes légaux que pour les sismographes perceptions. Voir le tableau 11.

Sautage	Moyenne des vibrations (mm/s)		Moyenne du bruit (dB)	
	Sismos perceptions	Sismos légaux	Sismos perceptions	Sismos légaux
1	2.52	2.59	100.3	112.5
2	2.04	2.46	98.0	112.1
3	2.60	3.18	106.8	118.3
4	1.74	2.29	113.2	116.9
5	3.57	3.06	101.1	107.5
6	1.19	1.81	101.4	118.2
7	1.02	1.75	98.0	115.5
8	2.34	2.25	103.7	108.0
9	2.62	3.69	102.2	114.3
10	1.24	2.01	109.5	118.7
11	1.51	LD	95.7	LD
12	2.65	3.50	105.3	114.2
13	LD	1.47	98.0	122.4
14	2.03	2.88	101.3	109.7
15	2.31	2.74	103.8	111.4
16	1.07	2.13	102.8	117.0
17	2.35	2.35	106.8	113.1
18	3.08	2.49	102.8	108.9
19	2.86	3.08	108.2	107.7
20	2.59	2.78	113.2	124.0

Tableau 11 : Moyennes des enregistrements des sismographes

Les résultats **en gras et en rouges** sont les valeurs supérieures entre les deux moyennes.

Le tableau 12 qui suit montre la valeur maximum enregistrée par un sismographe perception lors d'un sautage donné. Cette donnée est comparée à la lecture enregistrée par le sismographe légal le plus près. Les résultats **en gras et en rouges** présentent la valeur supérieure entre la lecture du sismographe perception et celle du sismographe légal.

Sautage	Sismos perceptions		Sismos légaux	
	Vibrations maximales (mm/s)	Endroit	Vibrations maximales (mm/s)	Endroit
1	3.30	171 Abitibi	4.14	Abitibi
2	2.35	490 Royale	2.79	Royale
3	3.26	171 Abitibi	1.91	Abitibi
4	2.19	980 Royale	LD	Lasalle
5	7.98	375 Royale	3.10	Royale
6	1.51	650 de la paix	1.61	Musée
7	1.43	171 Abitibi	LD	Abitibi
8	3.43	171 Abitibi	2.58	Abitibi
9	4.41	375 Royale	5.73	Royale
10	1.25	835 Royale	2.13	Abitibi
11	2.37	490 Royale	LD	Royale
12	3.79	490 Royale	6.56	Royale
13	LD	821 Royale	LD	Abitibi
14	3.42	412 Jacques Cartier	3.07	Jacques-Cartier
15	2.52	650 de la paix	4.72	Musée
16	1.19	412 Jacques Cartier	3.03	Jacques-Cartier
17	2.67	650 de la paix	3.50	Musée
18	3.82	171 Abitibi	3.16	Abitibi
19	3.43	821 Royale	4.46	Abitibi
20	2.88	561 2ème Avenue	LD	Renaud

Tableau 12 : Résultats des valeurs maximums de vibrations lors des sautages uniques

Le tableau 13 expose les résultats des sismographes et les cotes des perceptions pour des sautages uniques considérés inacceptables. Un endroit est représenté dans tous ces 5 sautages inacceptables. Même des sautages décrits par le citoyen comme faible à modéré pour les 4 catégories sont jugés inacceptables. Voir la section 3 du présent rapport pour le descriptif des catégories. De plus, les résultats des sismographes légaux et perceptions sont assez faibles. Tous les résultats de vibrations sont sous la barre du 5 mm/s. Rappelons que la norme pour les vibrations est de 12.7 mm/s.

Sismographe légal		Sismographe perception		Commentaires
Vibration (mm/s)	Bruit (dB)	Vibration (mm/s)	Bruit (dB)	
1.91	122.6	3.26	104.2	Une personne cote 2 catégories Fort et 2 Modéré et le sautage inacceptable Même endroit
2.58	109.5	3.43	104.9	Une personne cote 2 catégories Fort et 2 Faible et le sautage inacceptable
1.016	98.0	1.74	101.0	Une personne cote les 4 catégories Faible et le sautage inacceptable
3.16	112.6	3.82	94.0	Une personne cote les 4 catégories Modéré et le sautage inacceptable Même endroit
4.46	109.9	2.20	106.5	Une personne cote les 4 catégories Fort et le sautage inacceptable
4.06	109.9	3.41	109.9	Une personne cote 3 catégories Fort et une Modéré et le sautage inacceptable Même sautage, 2 endroits

Tableau 13 : Sautages jugés inacceptables

Conclusion

Les résultats de ce rapport se détaillent principalement en 3 volets : le résultat des perceptions des gens, les paramètres qui influencent le plus les mesures de vibrations et de bruit et par extension, les perceptions des gens ainsi que la comparaison entre les perceptions et l'intensité réelle des sautages.

Le résultat des perceptions

Les résultats des perceptions font suite à une phase de cueillette de données qui s'est étendue du 14 novembre 2014 au 11 juin 2015.

- Nombre de sorties pour les perceptions : 95 sorties
- Nombre de personnes sondées : 799 participants (employés et citoyens)
- Nombre d'employés sondés : 295 employés
- Nombre de citoyens sondés : 504 citoyens
- Nombre de sautages : 178 sautages (sautages uniques et multiples)
- Nombre de sautages uniques : 51 sautages uniques
- Nombre de sautages uniques qui ont fait l'objet d'une sortie perceptions : 20 sautages
- Nombre de résidences faisant partie du projet : 8
- Nombre de commerces faisant partie du projet : 11 (dont un commerce maintenant fermé)

Le tableau 14 qui suit résume les résultats pour les paramètres à l'étude.

Paramètres étudiés	Imperceptible à modéré	Fort à très fort
	Moyenne (%)	Moyenne (%)
Bruit émis par le sautage	76	24
Vibrations dans les murs ou le plancher	77	23
Réaction de surprise ou de sursaut	83	16
Mouvement des objets	87	13
Moyenne des perceptions	81	19

Tableau 14 : Résumé des résultats de perception des sautages

Le bruit et les vibrations semblent être ce qui gênent le plus les participants de l'étude. Le mouvement des objets est quant à lui, l'élément le moins dérangeant.

Paramètres étudiés	Sautages acceptables	Sautages non acceptables
	Moyenne (%)	Moyenne (%)
Acceptabilité des sautages	86	14

Tableau 15 : Résumé de l'acceptabilité des sautages

Il est intéressant de noter que 86 % des sautages à l'étude sont considérés comme acceptables.

Les perceptions sont propres à chaque personne. Pour un même sautage, des personnes dans un même endroit peuvent ressentir des choses différentes. Au-delà de la différence entre employés et citoyens, il y a toujours ce fait à garder en tête. De plus, tout individu qui remplit le formulaire de perceptions des sautages le fait sans aucune contrainte ou jugement du travailleur présent pour l'observation.

Les paramètres qui influencent le plus les vibrations et le bruit

La distance est le paramètre le plus important pour la réduction des vibrations. Le coefficient de corrélation pour la distance obtenu avec une régression logarithmique est de 0.581. Puisque cette valeur se situe entre 0.5 et 1, elle est considérée comme fortement corrélée.

Lorsque la distance, la durée, le tonnage et la charge maximale par délai sont considérés tous ensemble, ils donnent une corrélation intéressante de 0.727. Cette valeur est obtenue avec une régression logarithmique multiple. Ce sont donc ces 4 paramètres parmi ceux étudiés qui ont le plus d'impact sur les vibrations.

Cependant, les 3 paramètres, outre la distance, ont une influence plus faible sur les vibrations. Cela signifie que le fait de faire varier ces facteurs, lorsque c'est possible, pourrait avoir peu d'effet sur les vibrations enregistrées en ville et par le fait même sur les perceptions des citoyens.

Aucun paramètre unique ne semble avoir plus d'effet qu'un autre pour le bruit. En considérant les paramètres ayant le plus d'influence sur les vibrations : la distance, la durée, le tonnage et la charge maximale par délai, on obtient pour le bruit, une corrélation de 0.42. Cette valeur est obtenue avec une régression linéaire multiple.

La poursuite d'acquisition de données concernant les perceptions est toujours en cours et ce continu pour une période indéterminée. Cela permet de maintenir le contact avec les citoyens et de valider l'acceptabilité des sautages pour le plus grand nombre de personne possible.

La comparaison entre les perceptions et l'intensité des sautages mesurée par les sismographes légaux

En moyenne, les enregistrements des sismographes légaux sont plus élevés que ceux des sismographes perceptions. Les données maximales enregistrées sont quant à elles, assez bien réparties entre les lectures des sismographes perceptions et légaux. Dans tous les cas, les résultats enregistrés sont nettement sous les normes pour le bruit et les vibrations.

Malgré cela, la perception de certains sautages est qu'ils sont inacceptables. Parmi les 20 sautages uniques qui ont fait l'objet d'un sondage des perceptions, 5 sautages ont été catégorisés comme étant inacceptables. Pour ces 5 tirs, la vibration la plus élevée enregistrée par le sismographe légal le plus près est de 4.46 mm/s. Rappelons que la norme pour les vibrations est de 12.7 mm/s.

Toujours selon les perceptions, même des sautages décrits par les citoyens comme faibles à modérés pour les 4 catégories sont jugés inacceptables. Voir la section 3 du présent rapport pour le descriptif des catégories. Rappelons qu'une cote faible signifie : « Perceptible mais sans dérangement » et une cote modérée : « On ressent un faible inconfort ».

Donc, les perceptions des gens peuvent parfois ne pas correspondre à l'intensité réelle des sautages.



Auteure : Josée Couture, ing

