



AGNICO EAGLE
GOLDEX



BILAN FINAL

PROJET MAISON TÉMOIN

AGNICO EAGLE GOLDEX

JANVIER 2019 - JANVIER 2020

LE PROJET DE MAISON TÉMOIN – Qu'est-ce que c'est ?

Agnico Eagle mine Goldex a mandaté BBA inc. pour réaliser un projet de maison-témoin. Le principal objectif de ce projet était de permettre l'acquisition de connaissances communes sur les effets cumulés des vibrations de sautage en instrumentant une maison située dans le voisinage des ses opérations afin d'étudier l'impact des tirs de mine sur les désordres structuraux du bâtiment.

Des données en continu ont été enregistrées sur une période de un an, soit de janvier 2019 à janvier 2020, puis analysées.

Le projet fut réalisé par la firme de génie-conseil BBA possédant une solide expertise liée aux sautages ainsi qu'aux impacts des vibrations découlant des activités industrielles (construction de métro, carrières, mines, etc.). La maison témoin fut sélectionnée par BBA parmi celles de voisins de Goldex s'étant portés volontaires pour le projet selon des critères particuliers.

Dans l'optique de partager l'information recueillie par BBA, Goldex s'est engagée à communiquer des résultats tout au long du projet, sous forme de fiches-bilans, en plus d'un rapport final.

L'engagement de la mine Goldex dans le projet représente certes un investissement important, mais témoigne surtout d'une volonté d'agir en considération des préoccupations des résidents du secteur et de collaborer à l'identification d'opportunités d'amélioration.

Bonne lecture !



BBA

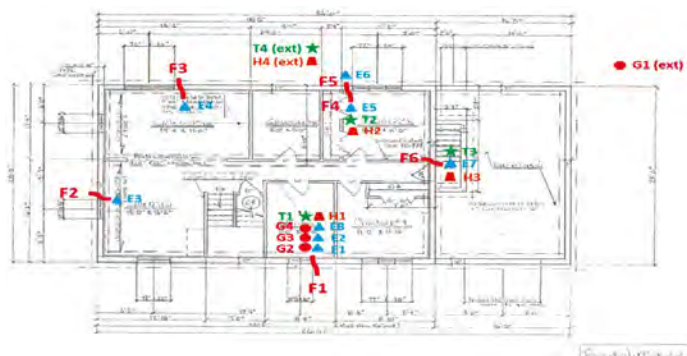
PRÉSENTATION DE L'EXPERT ET CHARGÉ DU PROJET

JEAN-SÉBASTIEN LAMBERT,
Ingénieur senior, directeur de projet
Forage et dynamitage - Mines pour la Firme BBA

Possédant 13 ans d'expérience en ingénierie civile et minière, plus spécifiquement en tant que superviseur et gestionnaire de projets techniques comportant de multiples contraintes et risques élevés associés au contrôle des méthodes de forage et de tirs à l'explosif pour divers types de projets de construction et d'opérations minières de surface ou souterraines.

UNE INSTRUMENTATION D'ENVERGURE ET DES ÉQUIPEMENTS À LA FINE POINTE

La maison témoin a été instrumentée de 20 capteurs au total. Ces capteurs occupent différentes fonctions bien spécifiques afin de collecter des données sur le comportement de la résidence. Ce sont donc : 4 géophones (G), 8 extensomètres (E), 4 sondes de température (T) et 4 sondes d'humidité (H) qui composent l'instrumentation de la maison. Le tout relié à un système de collecte de données qui permet l'analyse de toutes les données recueillies sur une même échelle de temps.



Géophones (G)

Un géophone est un capteur (et un transducteur) permettant la mesure et l'enregistrement des vitesses des vibrations.



Extensomètres (E)

Il s'agit de capteurs fixés de part et d'autre des fissures qui communiquent le mouvement des fissures à une centrale d'enregistrement.



Sondes de températures et d'humidité intérieure et extérieure (T) et (H).



Système de collecte de données et d'enregistrement des données.

GLOSSAIRE DES TERMES UTILISÉS

Mode statique

Le système surveille les vibrations et les ouvertures de fissures en continu (24 heures sur 24) et enregistre les valeurs maximales lues à toutes les 32 secondes.

Mode dynamique

Lorsque le système détecte une vibration supérieure à 1 mm/s au géophone installé à l'extérieur, il entre en mode dynamique et enregistre les valeurs de vibration et d'ouverture de fissures 2048 fois par seconde durant 32 secondes.

SÉLECTION DE LA MAISON TÉMOIN

Des critères de sélection ont été déterminés afin d'élaborer une grille de sélection contenant la pondération qui devait être utilisée pour sélectionner la maison-témoin. Les critères de sélection étaient : épaisseur d'argile, nombre d'étages, distance de la maison – dynamitage, distance de la maison – piézomètre, âge de la maison, accessibilité, représentativité.

Huit propriétaires de maison se sont portés volontaire afin de rendre leur maison disponible pour la réalisation du projet de maison-témoin.

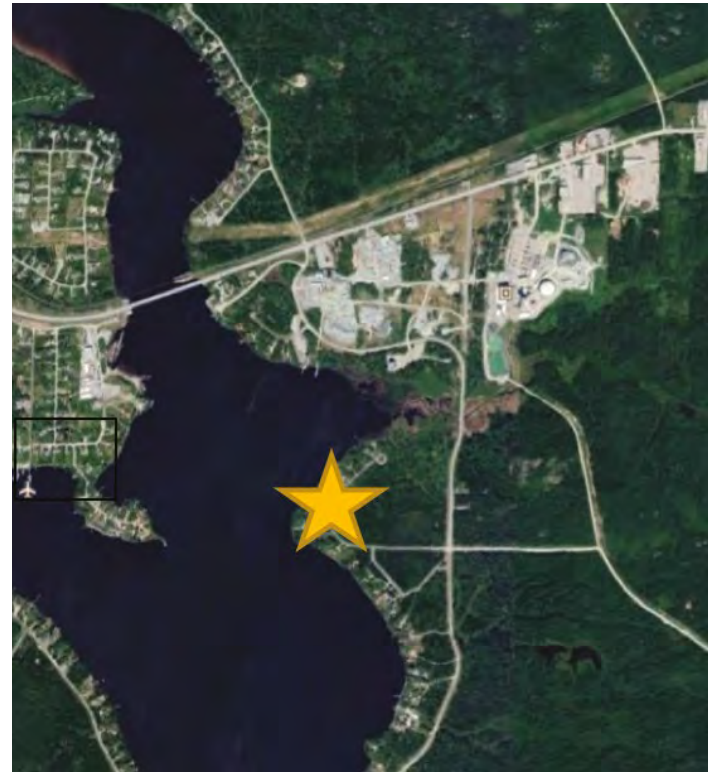
La maison du chemin de l'Horizon a obtenu le plus haut pointage selon les critères établis, c'est donc cette résidence qui a servi de maison-témoin pour le projet.

PARAMÈTRES D'ENREGISTREMENT UTILISÉS

DESCRIPTION	MODE STATIQUE	MODE DYNAMIQUE
Seuil de déclenchement	Toujours en fonction	1 mm / s
Durée des enregistrements	24 / 24	32 s
Fréquence d'échantillonnage	Valeurs maximales enregistrées à toutes les 32 s	2 048 points par seconde
Nombre de points enregistrés par enregistrement	2 700 points / 24 h	65 536 points / 32 s

RÉSOLUTION - EXTENSOMÈTRE

UNITÉS		
Résolution du système	1 micron	0.001 millimètre
1 cheveu	40 à 100 microns	0.04 à 0.10 millimètre



CARACTÉRISTIQUES DE LA MAISON TÉMOIN

LOCALISATION :
Secteur chemin de l'Horizon, Val-d'Or

ÉPAISSEUR D'ARGILE ESTIMÉE
SOUS LA MAISON :
12 m

NOMBRE D'ÉTAGES :
1

DISTANCE APPROXIMATIVE DE LA
MAISON AVEC LES DYNAMITAGES :
1 140 m

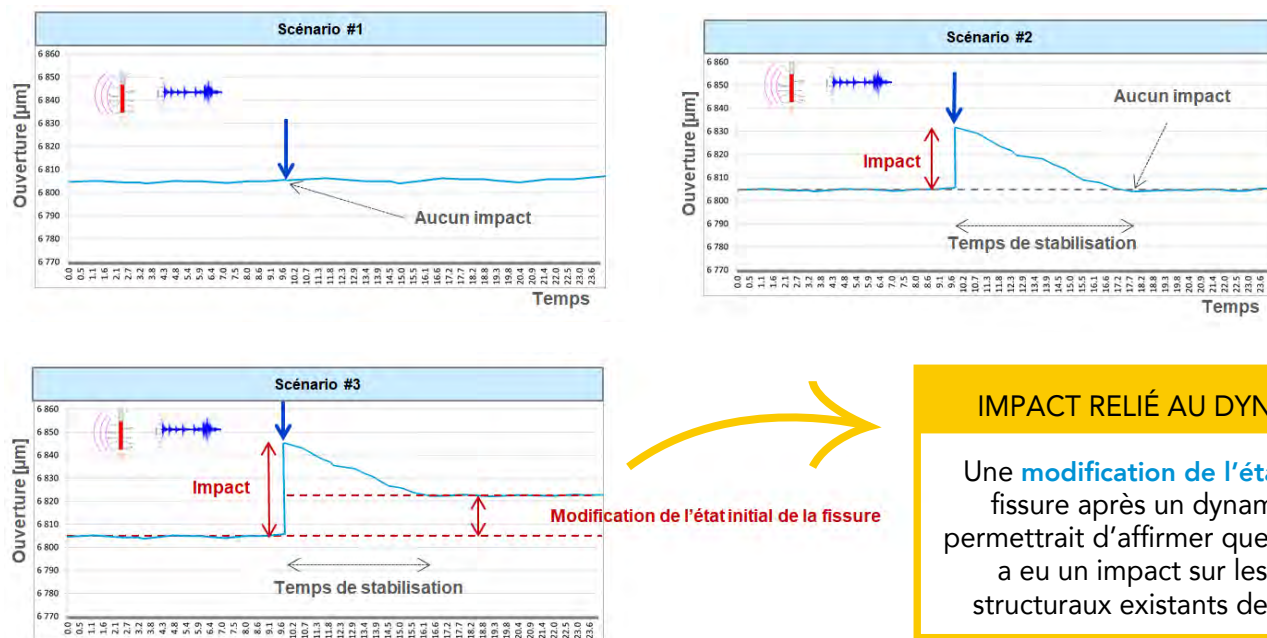
ÂGE APPROXIMATIF DE LA MAISON :
30 ans

REPRÉSENTATIVITÉ DU VOISINAGE :
Haute

L'une des caractéristiques principales du projet consiste à étudier l'impact des tirs de mine sur les désordres structuraux de l'habitation par l'installation d'un système de mesure global permettant l'analyse des enregistrements de tous les capteurs sur une même échelle de temps.

SCÉNARIOS POSSIBLES

Il existe trois scénarios possibles concernant le comportement d'une fissure lors de la réalisation d'un dynamitage :



DONNÉES STATIQUES

Les données statiques traduisent le comportement au cours du temps des fissures existantes dans l'habitation instrumentée. Les données échelonnées sur une année nous ont permis de constater que les ouvertures des fissures évoluent en fonction des saisons. Les valeurs mesurées en janvier 2019 concordent pour la plupart avec les valeurs enregistrées en janvier 2020, ce qui traduit bien le caractère cyclique des fissures soumises aux variations de températures saisonnières.

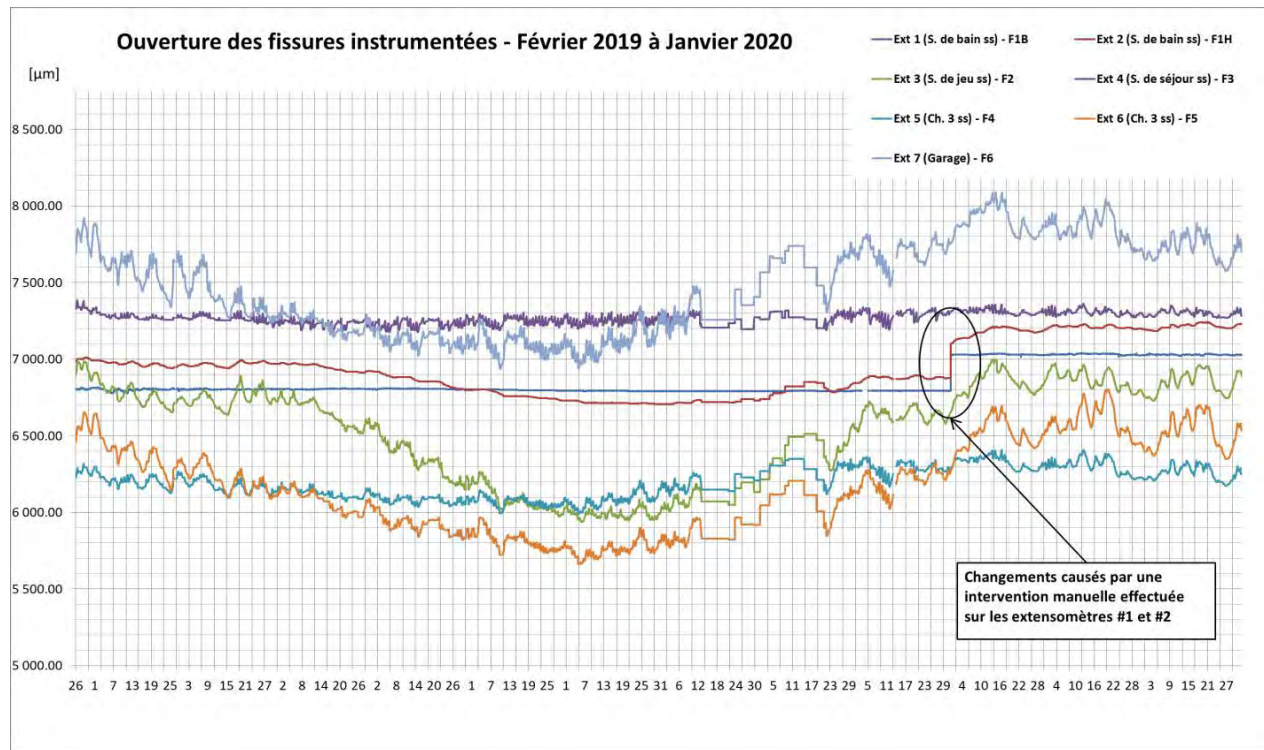
Le tableau ci-dessous donne pour chaque figure instrumentée, la plage de variation maximale au cours des 12 mois de mesure.

Description	unité	Ext 1 (S. de bain ss) - F1B	Ext 2 (S. de bain ss) - F1H	Ext 3 (S. de jeu ss) - F2	Ext 4 (S. de séjour ss) - F3	Ext 5 (Ch. 3 ss) - F4	Ext 6 (Ch. 3 ss) - F5	Ext 7 (Garage) - F6
Variation maximale au cours des 12 mois de mesure	µm	25	312	1 060	208	416	1 143	1 150
	mm	0.025	0.312	1.060	0.208	0.416	1.143	1.150

Le tableau ci-dessous donne pour chaque figure instrumentée, la différence entre la valeur d'ouverture maximale enregistrée le 31 janvier 2019 et celle enregistrée le 31 janvier 2020.

Description	unité	Ext 1 (S. de bain ss) - F1B	Ext 2 (S. de bain ss) - F1H	Ext 3 (S. de jeu ss) - F2	Ext 4 (S. de séjour ss) - F3	Ext 5 (Ch. 3 ss) - F4	Ext 6 (Ch. 3 ss) - F5	Ext 7 (Garage) - F6
Valeur d'ouverture maximale mesurée le 31 janvier 2019	µm	6 814	6 993	6 911	7 333	6 299	6 643	7 888
Valeur d'ouverture maximale mesurée le 31 janvier 2020	µm	6 794	7 010	6 925	7 330	6 290	6 579	7 785
Différences	µm	20	-17	-14	3	9	64	103
	mm	0.020	-0.017	-0.014	0.003	0.009	0.064	0.103

La figure suivante présente l'évolution de toutes les fissures au cours des 12 mois de mesure.



La figure suivante présente un exemple de l'évolution d'une fissure (F3) sur une période de 5 jours. On notera qu'en plus de l'évolution liée aux saisons, il existe également une évolution de l'ouverture de la fissure liée au cycle nuit/jour. Ce type de comportement est visible sur la plupart des extensomètres installés sur des murs exposés au soleil et traduit le comportement de la fissure en fonction des conditions climatiques et, en particulier, de la température.

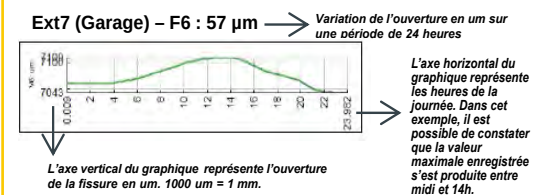


Le tableau suivant présente les variations moyennes et maximales quotidiennes des fissures instrumentées.

Description	unité	Ext 1 (S. de bain ss) - F1B	Ext 2 (S. de bain ss) - F1H	Ext 3 (S. de jeu ss) - F2	Ext 4 (S. de séjour ss) - F3	Ext 5 (Ch. 3 ss) - F4	Ext 6 (Ch. 3 ss) - F5	Ext 7 (Garage) - F6
Variation moyenne quotidienne des fissures instrumentées	µm	4	5	36	37	33	45	71
	mm	0.004	0.005	0.036	0.037	0.033	0.045	0.071
Variation maximale quotidienne des fissures instrumentées	µm	25	20	95	104	94	139	194
	mm	0.025	0.020	0.095	0.104	0.094	0.139	0.194

PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES DONNÉES

COMMENT LIRE LES DONNÉES

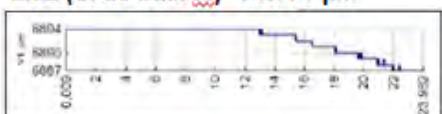


RÉSUMÉ DES DONNÉES – Ce qu'on peut en comprendre

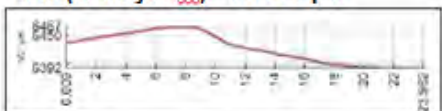
Les graphiques «journée type sans dynamitage» représentent les variations de fissures pour une journée complète lors d'une journée sans dynamitage. Il est possible de constater que l'amplitude des fissures varie en fonction du moment de la journée.

JOURNÉE TYPE SANS DYNAMITAGE - ENREGISTREMENT DU 05/05/19

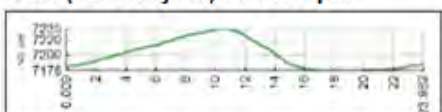
Ext2 (S. de bain ss) - F1H : 7 μm



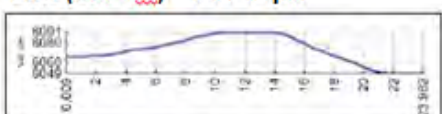
Ext3 (S. de jeu ss) – F2 : 75 μm



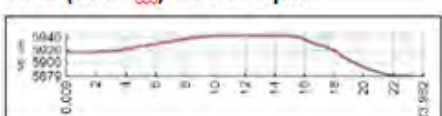
Ext4 (S. de séjour) – F3 : 57 μm



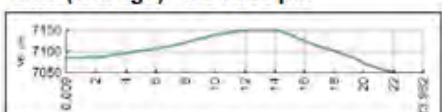
Ext5 (Ch. 3 ss) – F4 : 42 μm



Ext6 (Ch. 3 ss) – F5 : 61 μm



Ext7 (Garage) – F6 : 100 μm



Ext8 (S. de bain) – Témoin : 29 μm



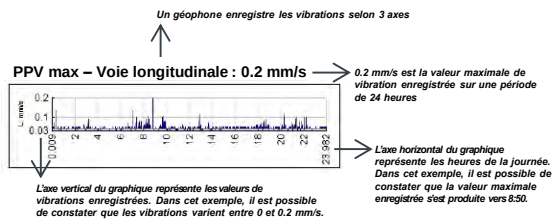
Variations de
0.001 à 0.100 mm
sur 24h

Ext1 (S. de bain ss) – F1B : 1 μm



PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES DONNÉES

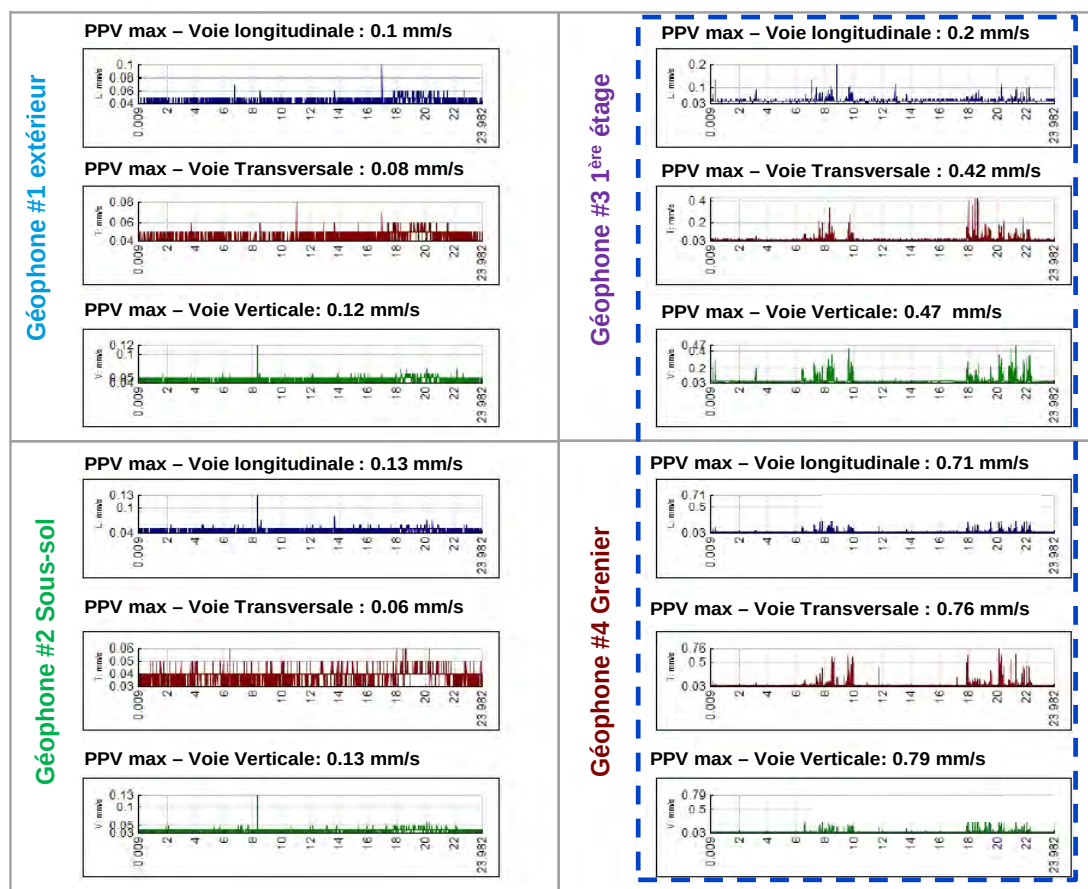
COMMENT LIRE LES DONNÉES



RÉSUMÉ DES DONNÉES – Ce qu'on peut en comprendre

Les graphiques «journée type sans dynamitage» nous permettent d'observer les vibrations captées dans la maison lors de journée sans dynamitage. Il est possible de constater que les vibrations enregistrées augmentent durant certaines périodes de la journée qui correspondent certainement à des activités quotidiennes des occupants.

JOURNÉE TYPE SANS DYNAMITAGE - ENREGISTREMENT DU 05/05/19 - MODE STATIQUE

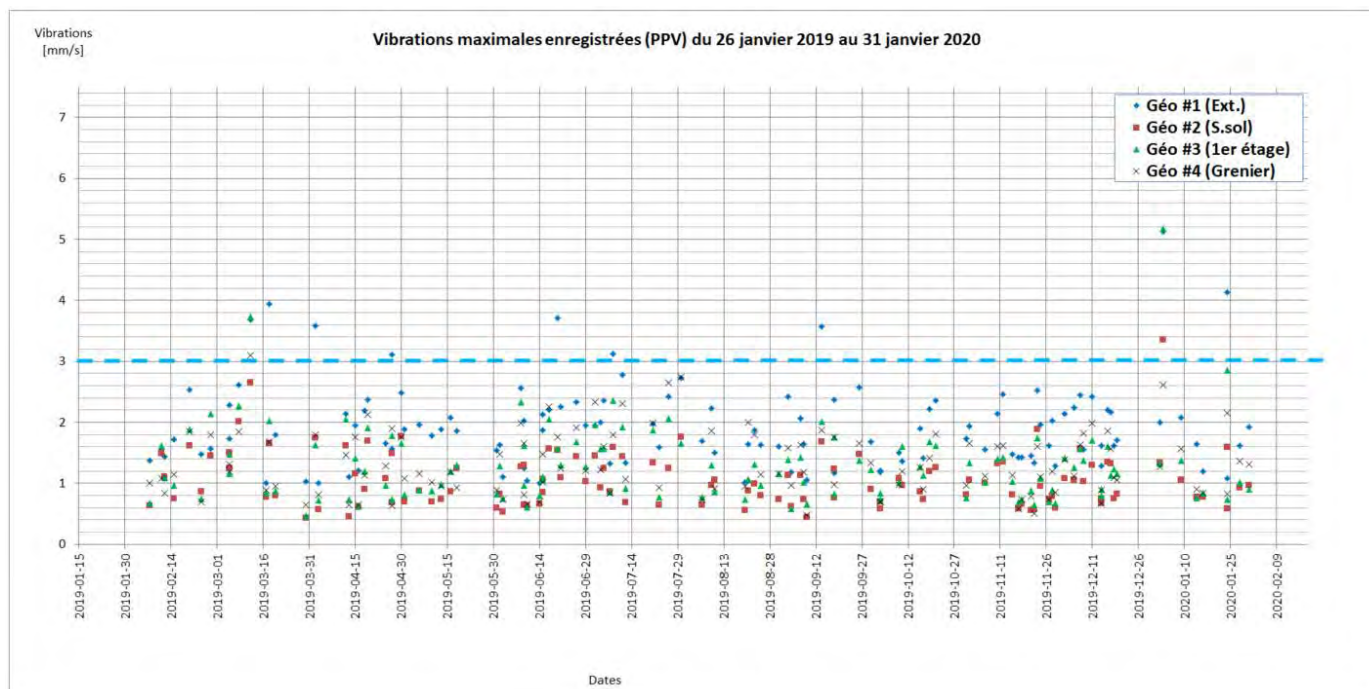


Des vibrations quotidiennes maximales allant jusqu'à 5,13 mm/s ont été enregistrées lors de journées sans dynamitage. Le tableau suivant présente les vibrations maximales quotidiennes enregistrées dans la maison lors de journées sans dynamitage.

Description	unité	Geo 2	Geo 2	Geo 2	Geo 3	Geo 3	Geo 3	Geo 4	Geo 4	Geo 4
		(ss)	(ss)	(ss)	(1er)	(1er)	(1er)	(grenier)	(grenier)	(grenier)
		Voie L	Voie T	Voie V	Voie L	Voie T	Voie V	Voie L	Voie T	Voie V
Vibrations maximales quotidiennes enregistrées dans la maison lors de journées sans dynamitage	mm/s	0.76	0.55	0.96	5.13	4.61	2.66	3.91	2.49	2.78

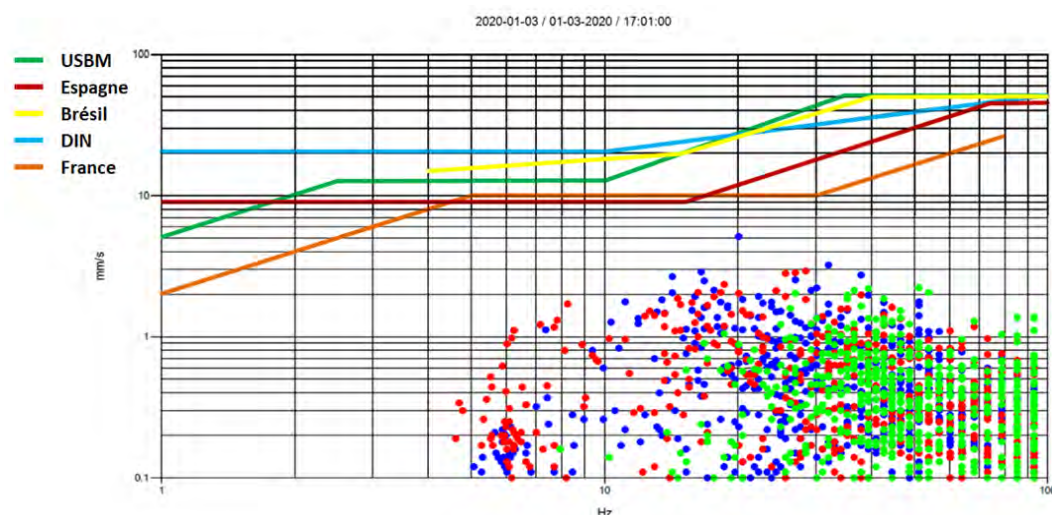
DONNÉES DYNAMIQUES

Un total de 188 dynamitages de production a été réalisé au cours des 12 mois où s'est déroulé le projet. Sur l'ensemble de ces dynamitages, 120 d'entre eux (64 %) ont émis des vibrations supérieures au seuil de déclenchement fixé à 1 mm/s au géophone installé à l'extérieur. La moyenne des vibrations émises aux géophone installé à l'extérieur était de 1,93 mm/s. 93 % des vibrations émises par ces dynamitages étaient inférieures à 3 mm/s. Le tableau suivant présente les vibrations maximales enregistrées (PPV) lors d'un déclenchement sur seuil pour la période de mesure.



JOURNÉE AVEC DYNAMITAGE - ANALYSE DU DYNAMITAGE DU 3 JANVIER 2020

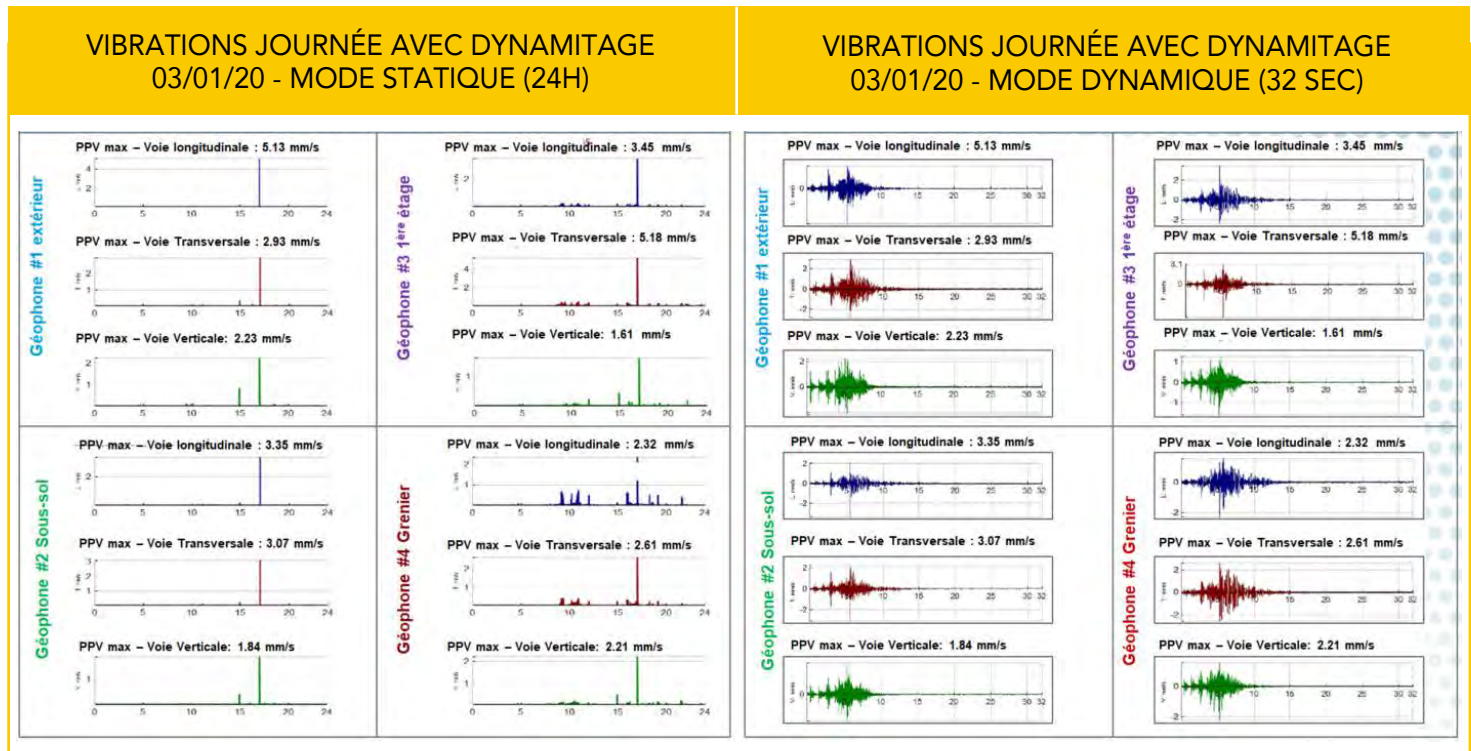
La vibration maximale (PPVmax) enregistrée au géophone installé à l'extérieur au cours de la période visée a été mesurée lors du dynamitage du 3 janvier 2020. Sa valeur était de 5,13 mm/s. Lors de ce dynamitage, des vibrations de 5,18 mm/s ont été enregistrées au géophone installé au 1^{er} étage. Cette valeur est la vibration (PPV) la plus élevée enregistrée à l'intérieur de la maison pour les 12 mois de mesure.



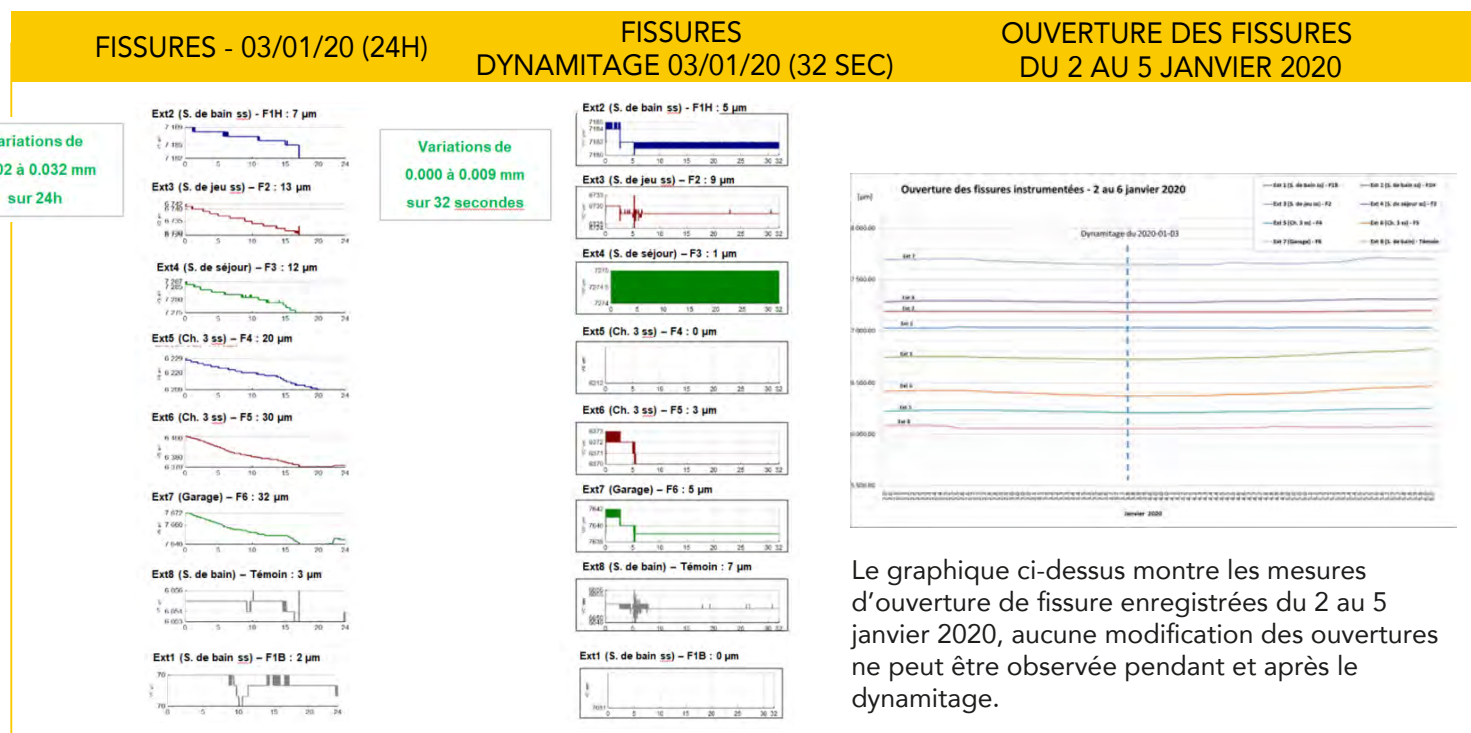
Le graphique de gauche présente l'enregistrement du 3 janvier sur un graphique log-log de la vibration des particules en fonction des fréquences avec le positionnement de différentes normes internationales en vigueur.

ANALYSE DES VIBRATIONS ET FISSURES LE 3 JANVIER 2020

La figure suivante présente les vibrations enregistrées. Sur la figure de gauche, il s'agit des données de la journée complète du 3 janvier alors que sur la figure de droite, il s'agit des données en vue plus précise, soit pendant 32 secondes à partir du moment du dynamitage.



La figure suivante présente l'amplitude des fissures, sur 24 heures dans les graphiques de gauche et sur 32 secondes dans les graphiques de droite. Tout comme lors des journées sans dynamitage, il est possible de constater que l'amplitude des fissures varie en fonction du moment de la journée, mais qu'il n'y a pas eu de changement à l'état initial des fissures suite au dynamitage.



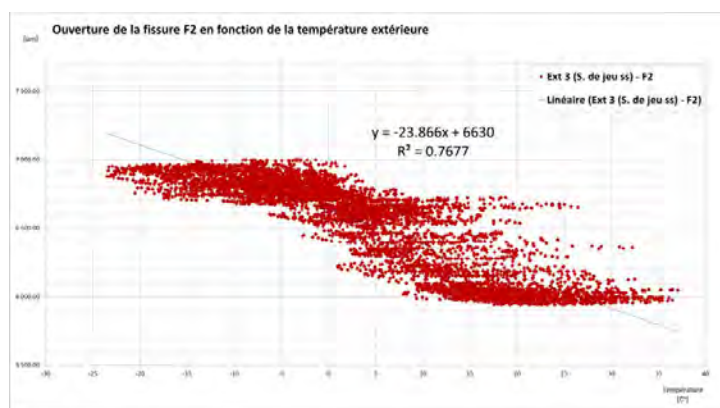
Le graphique ci-dessus montre les mesures d'ouverture de fissure enregistrées du 2 au 5 janvier 2020, aucune modification des ouvertures ne peut être observée pendant et après le dynamitage.

CORRÉLATIONS

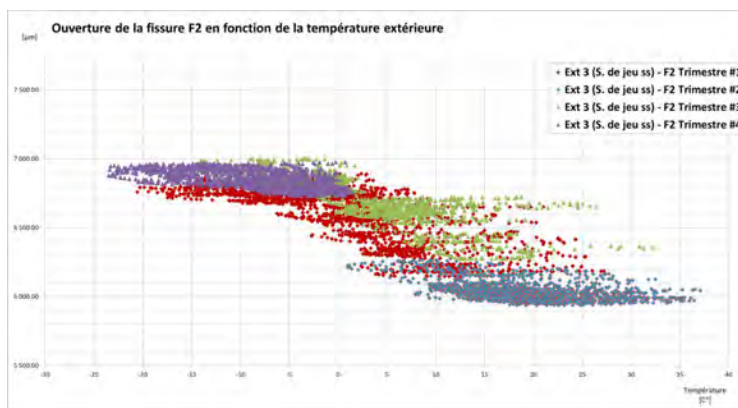
La recherche d'une corrélation consiste à afficher la valeur d'un paramètre en fonction de l'autre pour voir s'il existe une relation entre les deux. On notera que sur la majorité des graphiques, les points sont alignés ce qui signifie qu'il existe une relation linéaire ou quasi linéaire entre les deux paramètres.

Les ouvertures des fissures sont donc directement proportionnelles à la température. Les phénomènes de dispersion horizontale sont généralement liés au cycle jour-nuit. L'inertie thermique du béton joue également un rôle dans le degré de corrélation des courbes de tendance.

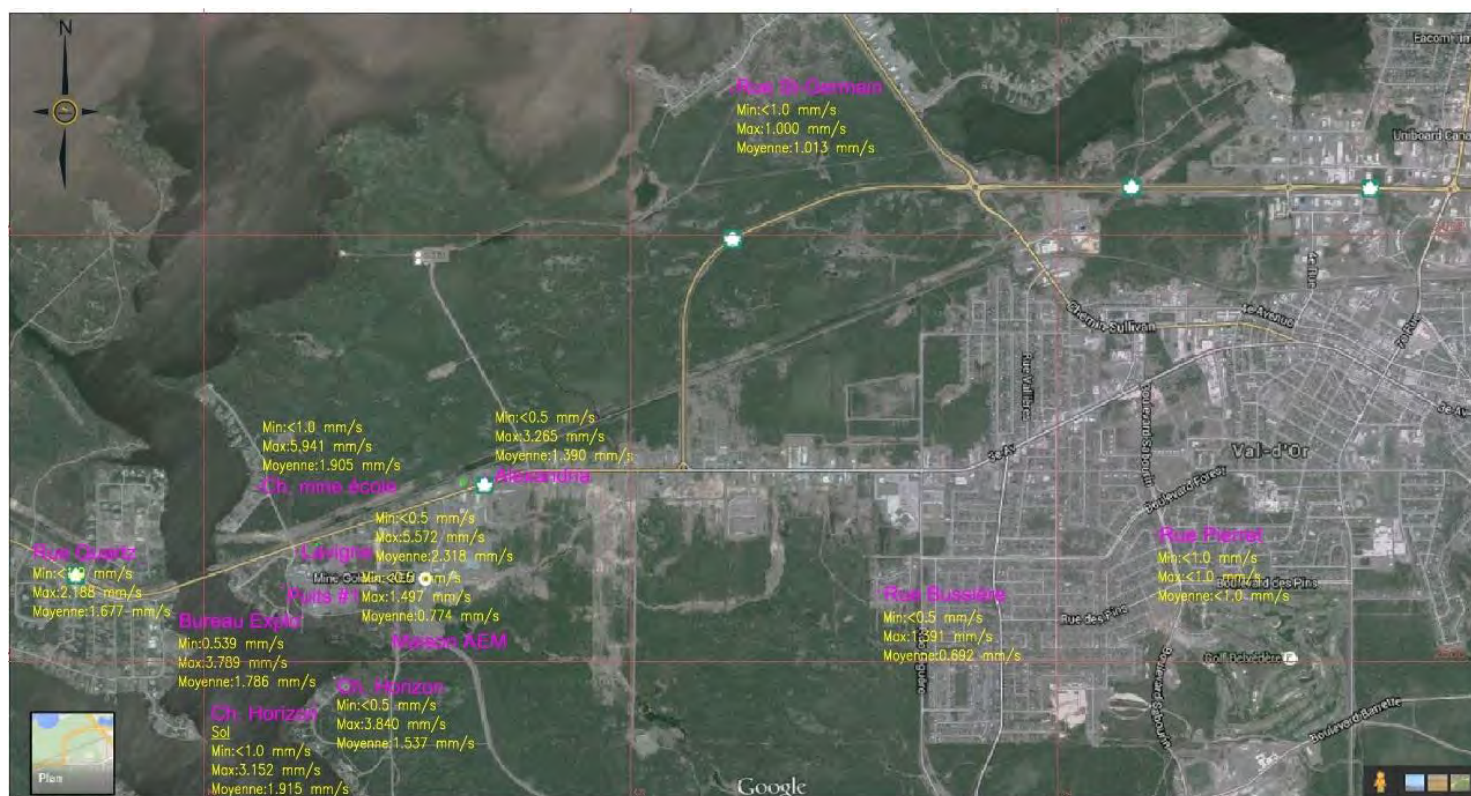
Ouverture de la fissure F2 en fonction de la température extérieure :



Ouverture de la fissure F2 par trimestre en fonction de la température extérieure :



MOYENNE DES NIVEAUX VIBRATOIRES DE LA SAISON PAR SECTEUR



Prendre note qu'il s'agit de données préliminaires.



BILAN FINAL

Lors de la réalisation des dynamitages de la période visée (188 dynamitages de production), BBA a pu constater que :

- 120 dynamitages (64 %) ont émis des vibrations supérieures au seuil de déclenchement fixé à 1,0 mm/s au géophone installé à l'extérieur;
- La moyenne des vibrations émises aux géophone installé à l'extérieur était de 1,93 mm/s;
- 93 % de ces vibrations étaient inférieures à 3 mm/s;
- Une vibration (PPV) maximum de 5,13 mm/s a été enregistrée au géophone installé à l'extérieur lors du sautage du 3 janvier 2020. Lors de ce sautage, des vibrations de 5,18 mm/s ont été enregistrées au géophone installé au 1er étage. Cette valeur est la vibration (PPV) la plus élevée enregistrée à l'intérieur de la maison pour les 12 mois de mesure;
- Les mesures d'ouverture des fissures varient généralement de moins de 0,005 mm (1/200 mm);
- Une variation d'ouverture de fissure maximale de 0,009 mm ($< 1/100$ mm) a été mesurée durant la totalité de la réalisation des dynamitages ayant eu lieu dans la période de mesure;
- Pour tous les dynamitages de la période visée, les mesures des ouvertures de fissures étaient semblables au scénario #1. C'est-à-dire le scénario où aucun impact n'est observé sur l'ouverture de la fissure instrumentée.

Dans les périodes sans dynamitage, BBA a pu constater que :

- La valeur moyenne de variation des amplitudes quotidiennes des ouvertures de fissures reste très faible, 0,033 mm ($< 4/100$ mm) pour la majeure partie des fissures;
- L'amplitude quotidienne maximale a été enregistrée sur la fissure F6 située dans le garage (0,194 millimètres);
- Au cours des 12 mois où s'est déroulé le projet, les ouvertures des fissures instrumentées ont subi des variations allant de 0,025 mm à 1,15 mm sur une durée d'une année;
- Les vibrations quotidiennes maximales (PPV) enregistrées dans la maison durant les périodes où il n'y a pas de dynamitages et générées par les activités des occupants sont généralement inférieures à 1,0 mm/s. Des vibrations quotidiennes maximales allant jusqu'à 5,13 mm/s ont été enregistrées au sismographe installé au 1er étage dans ce mêmes périodes.

Suite à l'analyse de toutes les données statiques enregistrées durant les 12 derniers mois et de toutes les données dynamiques reliées aux dynamitages, BBA est en mesure de conclure que :

- Les variations des ouvertures de fissures observées lors de dynamitages (1/200 mm) sont négligeables et beaucoup plus petites que les variations des ouvertures liées aux cycles climatiques et à la dilatation thermique;
- Les mouvements des fissures mesurés au cours des 12 derniers mois, sont tous directement liés aux cycles climatiques et à la dilation thermique du bâtiment. Les corrélations obtenues vont également dans ce sens;
- Les vibrations enregistrées lors des dynamitages sont bien en-dessous des seuils de tolérance fixés par le USBM (United States Bureau of Mines) concernant les limites à respecter pour éviter des dommages de type cosmétique;
- Les vibrations engendrées par les tirs à l'explosif n'ont eu aucun effet sur les ouvertures des fissures instrumentées lors de la réalisation de chacun des dynamitages de la période visée;
- Considérant tout ce qui précède et dans la mesure où les vibrations émises par les dynamitages restent dans le même ordre de grandeur, aucun impact n'a été observé et n'est envisagé par rapport aux effets cumulés des dynamitages, les variations des ouvertures liées aux cycles climatiques et à la dilatation thermique étant prédominantes.



**VOUS AVEZ DES QUESTIONS OU
COMMENTAIRES CONCERNANT LE
PROJET DE MAISON TÉMOIN OU SUR
LES ACTIVITÉS DE LA MINE GOLDEX?**

Parlez-nous, nous sommes à l'écoute.
relations.goldex@agnicoeagle.com
819 874.7822, poste 4103224
www.abitibi.agnicoeagle.com

SITE WEB

Il est possible de consulter les **données de vibration** de la mine Goldex et de recevoir les avis de sautage par courriel ou par téléphone. Si vous souhaitez les recevoir, veuillez nous en informer en vous inscrivant à la liste de diffusion via le site Internet.

Rendez-vous au www.abitibi.agnicoeagle.com dans la section « Goldex », puis « Inscription aux avis et données de vibration ».



INSCRIPTION AUX AVIS ET DONNÉES DE VIBRATION

DONNÉES DE VIBRATION

POUR S'INSCRIRE AUX AVIS

**NOUVEAU!
DONNÉES DE
VIBRATION**

