



**AGNICO EAGLE**  
COMPLEXE MINIER **LaRONDE**

# EXPLOITATION MINIÈRE, VIBRATIONS ET ACTIVITÉ SISMIQUE

Fiche d'information 2022 - 3e édition



**INFORMER. CONSULTER. S'ADAPTER.**  
Opérer de manière durable.

# TABLE DES MATIÈRES

## SITUATION GÉOGRAPHIQUE

- 4 et 5** ▶ Situation géographique  
**FIGURE 1 : LOCALISATION DES INFRASTRUCTURES, DES ZONES D'ACTIVITÉS MINIÈRES ET DES COMMUNAUTÉS**

## LE COMPLEXE LaRONDE

- 6** ▶ LaRonde et LaRonde Zone 5 (LZ5)  
**FIGURE 2 : VUE LONGITUDINALE DES GISEMENTS DU COMPLEXE LaRONDE**

## LA MÉTHODE DE MINAGE

- 7** ▶ Les types de dynamitage  
▶ La période de dynamitage  
**FIGURE 3 : ILLUSTRATION DE LA MÉTHODE DE MINAGE**

## LES VIBRATIONS

- 8** ▶ Les vibrations générées par le dynamitage  
▶ Les vibrations générées par les événements sismiques
- 9** ▶ Les notions de vibration
- 10** ▶ Les normes de vibrations nord-américaines  
**FIGURE 4 : VITESSES MAXIMALES PERMISES EN FONCTION DES FRÉQUENCES DE VIBRATIONS AU SOL**  
**FIGURE 5 : TABLEAU DES LIMITES DE VARIATIONS SELON LA VITESSE DE VIBRATION [PPV (MM/S)] ET LA FRÉQUENCE [FREQ. (HX)]**
- 11** ▶ La perception des vibrations et du son par l'humain  
▶ Les effets des vibrations sur les infrastructures

## LES ÉVÉNEMENTS SISMIQUES

- 12 et 13** ▶ Les événements sismiques à LaRonde  
**FIGURE 6 : DESCRIPTION DU SYSTÈME DE MESURE DES VIBRATIONS**  
**FIGURE 7 : LOCALISATION DES SISMOGRAPHES ET DES PRINCIPALES INFRASTRUCTURES**
- 14** ▶ Gestion de la sismicité
- 15** ▶ La sécurité des travailleurs  
▶ Lexique minier
- 16** ▶ La communication avec les citoyens

## INTRODUCTION

Dans le cadre de sa démarche d'engagement d'information et de consultation des communautés, le complexe minier LaRonde répond à une demande des parties prenantes concernées par ses opérations minières et produit des documents d'information sur des sujets d'intérêt.

Cette fiche d'information vous permettra de mieux comprendre notre exploitation minière, les notions de vibration et l'activité sismique. Pour ce faire, vous pourrez dans un premier temps vous situer par rapport aux opérations minières, vous informer sur les gisements qui sont exploités au complexe minier LaRonde et la méthode de minage utilisée pour extraire le minerai. Ces informations de base sont essentielles pour comprendre le contexte dans lequel les vibrations et les événements sismiques se produisent.

Par la suite, nous abordons les vibrations dans un contexte d'opération minière, les notions de base ainsi que les normes qui s'appliquent aux activités de LaRonde. Des renseignements quant à la perception des vibrations par les humains et aux effets sur les infrastructures vous sont également présentés.

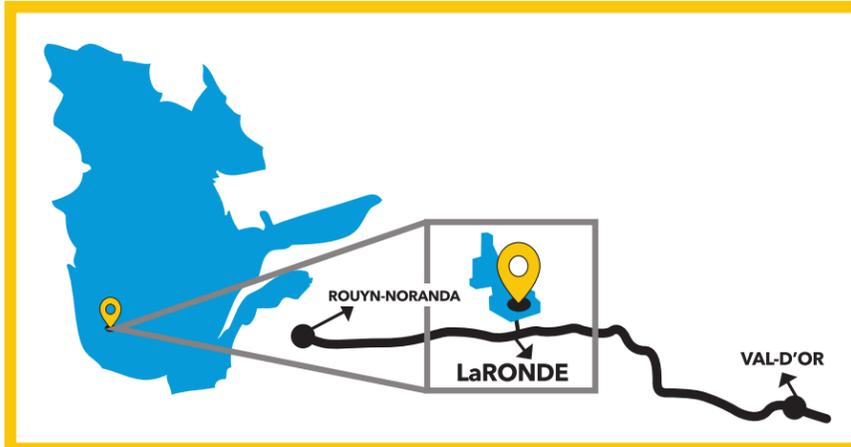
Puis, vous retrouverez des informations sur les événements sismiques pouvant résulter des activités minières. Vous pourrez situer sur une carte le secteur où se sont généralement produits les événements sismiques, ainsi que l'emplacement des sismographes.

Enfin, dans cette fiche vous aurez un aperçu de notre approche pour la gestion de la sismicité et la sécurité de nos travailleurs. Pour en connaître davantage, vous pouvez nous joindre en utilisant les divers moyens de communication que vous trouverez à l'endos de la couverture.

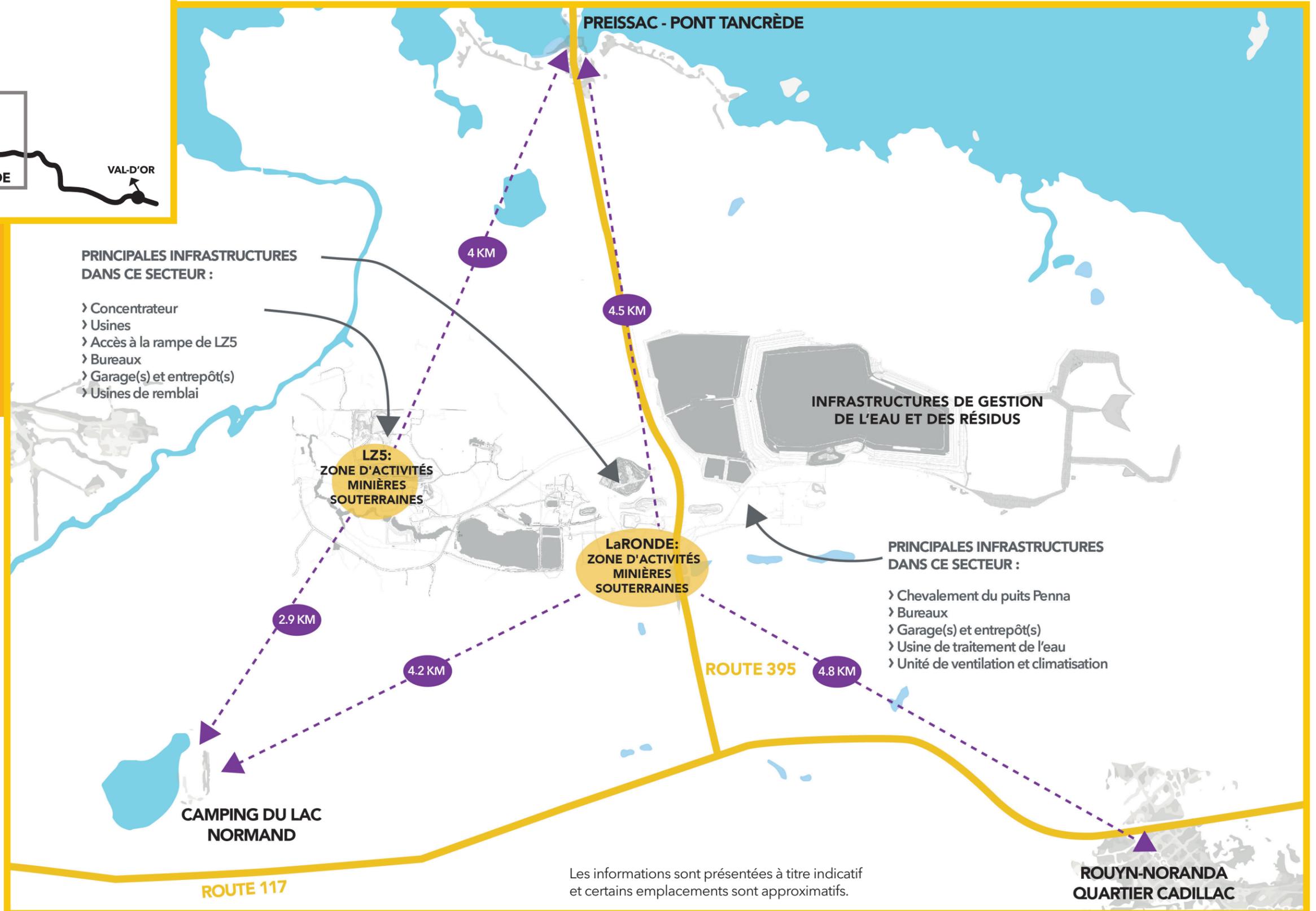


# SITUATION GÉOGRAPHIQUE

**FIGURE 1 :** LOCALISATION DES INFRASTRUCTURES, DES ZONES D'ACTIVITÉS MINIÈRES ET DES COMMUNAUTÉS



La carte qui suit vous permet de voir le positionnement des principales infrastructures du complexe minier LaRonde, l'emplacement des zones d'activités minières et de situer les principales communautés des environs.



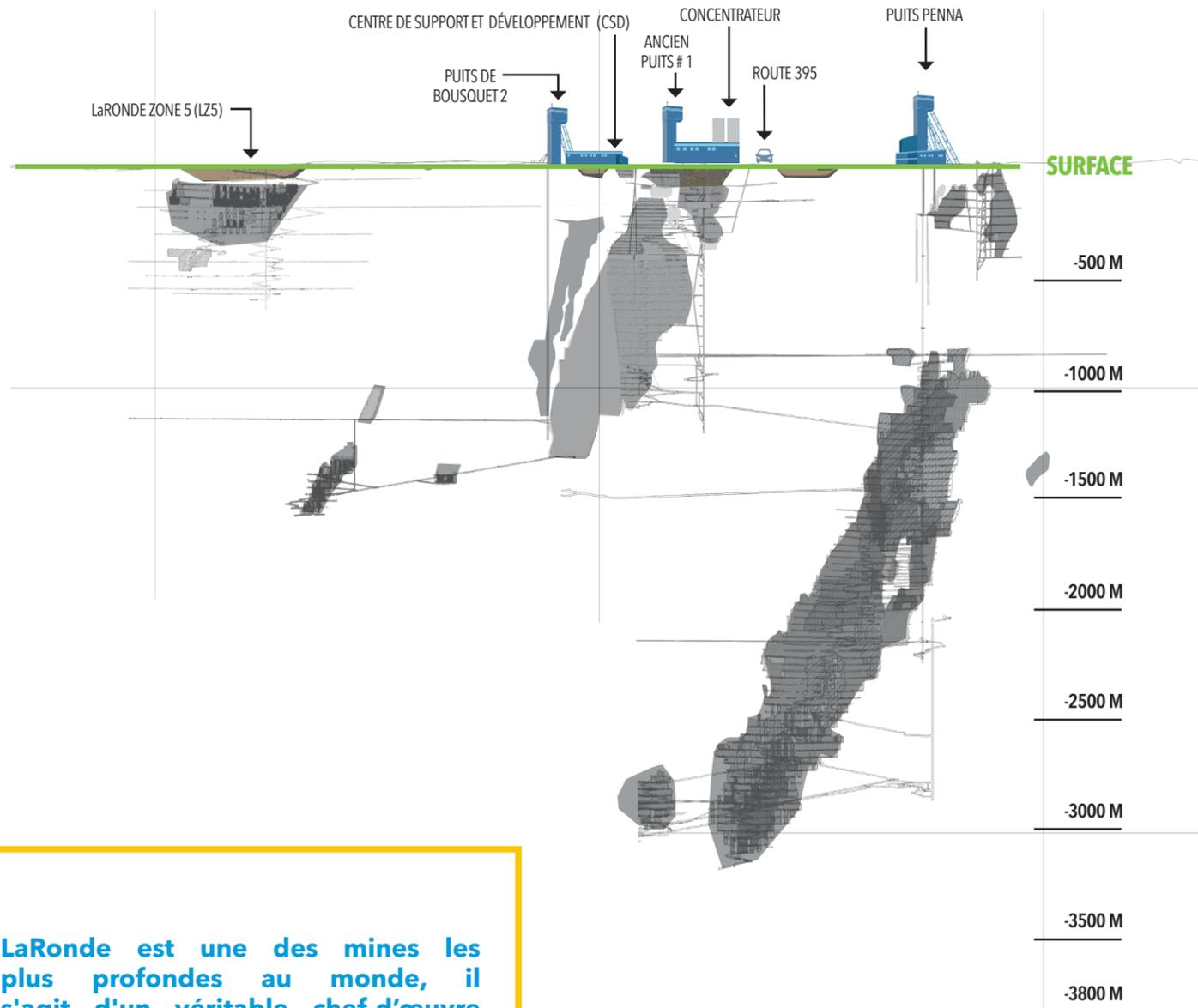
Les informations sont présentées à titre indicatif et certains emplacements sont approximatifs.

# COMPLEXE MINIER LaRONDE

Le complexe minier LaRonde mène ses opérations dans deux secteurs par une méthode d'exploitation souterraine.

## LaRonde et LaRonde Zone 5 (LZ5)

FIGURE 2 : VUE LONGITUDINALE DES GISEMENTS DU COMPLEXE MINIER LaRONDE



LaRonde est une des mines les plus profondes au monde, il s'agit d'un véritable chef-d'œuvre québécois d'ingénierie. C'est une mine polymétallique: on y exploite principalement l'or, mais également l'argent, le cuivre et le zinc.

 Zones minées

# LA MÉTHODE DE MINAGE

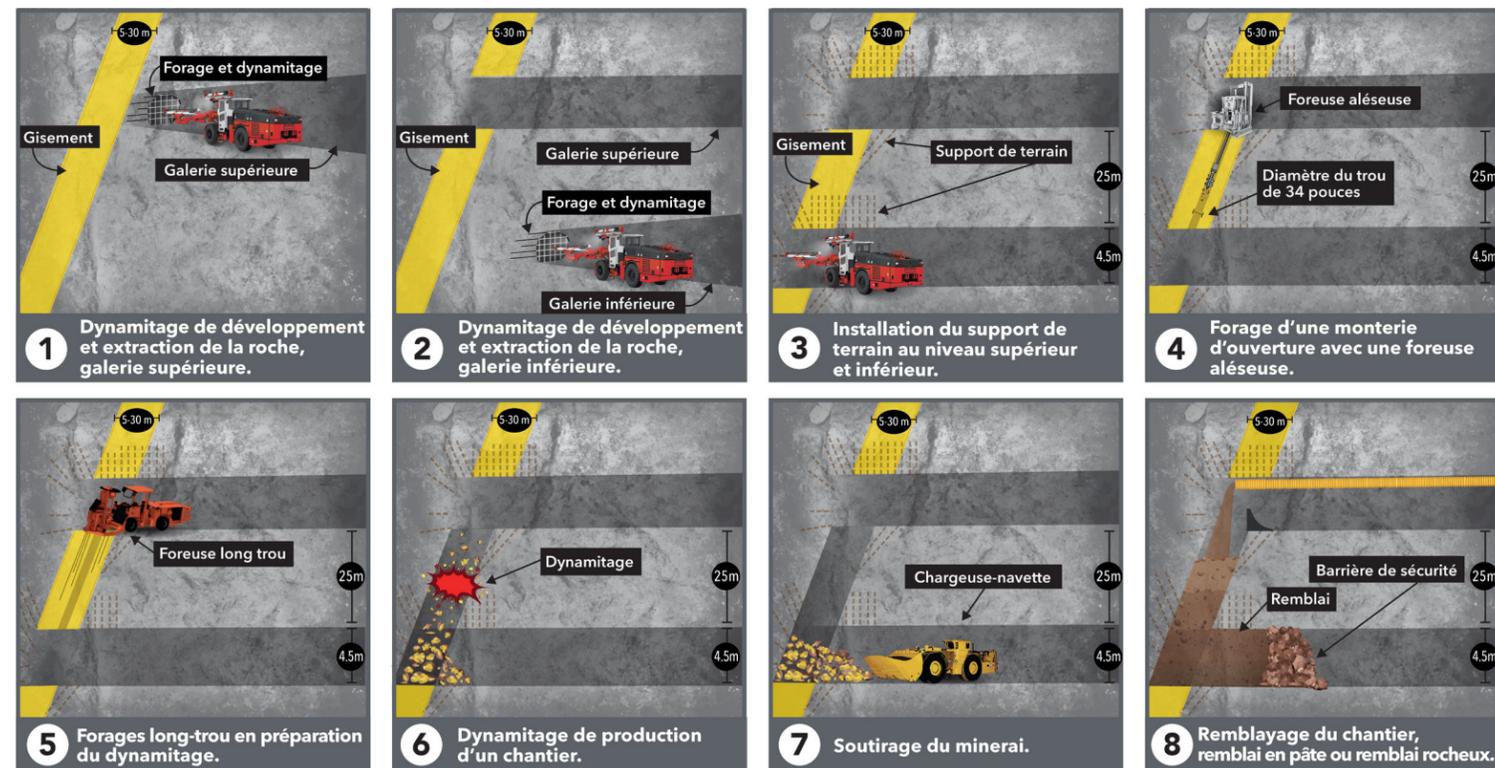
## Les types de dynamitage

Les mines du complexe minier LaRonde sont des mines souterraines; on accède au minerai de LaRonde à l'aide de deux puits ainsi que des galeries excavées dans le roc au moyen de forage et de dynamitage. À la mine LZ5, l'accès au minerai se fait par une rampe.

Ces dynamitages peuvent être définis en deux catégories : le dynamitage de production et le dynamitage de développement. Le dynamitage de développement vise à créer des galeries en vue d'atteindre le gisement là où se trouve le minerai. Une fois le gisement atteint, un dynamitage de production est fait pour créer ce qu'on appelle un chantier, d'où sera extrait le minerai.

La distinction entre le dynamitage de développement et le dynamitage de production est dans leur ampleur. Le premier est de moindre ampleur puisqu'il vise à développer des galeries d'une dimension approximative de 5 mètres sur 5 mètres, alors que le dynamitage de production vise à faire sauter une zone allant jusqu'à 30 mètres de hauteur. La quantité d'explosifs est donc plus importante pour un dynamitage de production.

FIGURE 3 : ILLUSTRATION DE LA MÉTHODE DE MINAGE



Une fois le minerai extrait, nous remblayons l'ensemble du chantier. Ainsi, à l'exception des galeries, aucun vide n'est laissé sous terre.



## Périodes de sautage

DYNAMITAGE DE PRODUCTION	Exceptionnellement entre 5 h et 6 h* Soir: entre 17 h et 18 h
DYNAMITAGE DE DÉVELOPPEMENT	Matin: entre 5 h et 6 h Soir: entre 17 h et 18 h

\* Les dynamitage de production sont planifiés en soirée entre 17h et 18h. Toutefois, il se pourrait qu'exceptionnellement le dynamitage de production se fasse le matin entre 5 h et 6 h. Tous les efforts seront déployés pour éviter cette plage horaire.

# LES VIBRATIONS

Les vibrations issues de l'activité minière peuvent provenir soit du dynamitage ou de l'activité sismique. Cette section du document présente ces deux différentes sources de vibrations, les notions de bases et les normes qui s'appliquent à LaRonde.

## Les vibrations générées par le dynamitage

Les vibrations générées par le dynamitage de production et de développement de LaRonde sont peu ressenties en surface, la profondeur de la mine agissant comme facteur atténuant dans la perception des vibrations. Les mesures de ces vibrations sont d'ailleurs inférieures aux limites autorisées pour ses opérations.

## Les vibrations générées par les événements sismiques

L'activité minière souterraine peut engendrer des événements sismiques. Ce phénomène est causé par le réajustement du massif rocheux qu'engendre l'activité minière souterraine. C'est un phénomène normal et la grande majorité des événements associés à ce réajustement est de faible ou très faible intensité et n'est pas toujours perceptible à la surface. Par contre, il arrive à l'occasion que certains événements de plus grande intensité soient générés.

Les événements sismiques sont généralement mesurés selon l'échelle de magnitude Richter (comme c'est le cas à LaRonde), une mesure qui permet de se comparer à l'échelle mondiale et qui est connue par le public. Séismes Canada, pour sa part, rapporte la mesure des événements sismiques en Nuttli, une mesure particulière à l'est du Canada. La différence de mesure entre le Richter et le Nuttli est minime, mais peut néanmoins amener des écarts.

▶ **Chaque mine souterraine est unique et génère une activité sismique allant d'imperceptible à ressentie en surface ;**

▶ **Les événements sont plus ou moins perceptibles selon la profondeur, la distance, la magnitude et l'endroit où l'on se trouve (sur du roc, sur un sol, dans un bâtiment).**



## Les notions de vibration

La vibration est une onde qui se propage dans le sol ou dans le roc. Cette onde se caractérise selon certains paramètres principaux :

### ▶ VITESSE :

Il s'agit de la vitesse à laquelle le mouvement d'oscillation s'effectue, exprimée en millimètres par seconde (mm/s).

### ▶ FRÉQUENCE :

La fréquence se mesure en hertz (Hz) et se définit par le nombre d'oscillations complètes mesuré en une seconde.

Un équipement, appelé sismographe, recueille les données de vibration. Cet équipement est opéré par une entreprise externe experte en vibrations. Les informations recueillies permettent d'effectuer un suivi et d'améliorer les connaissances sur les événements de sismicité.



## Les normes de vibrations nord-américaines

Plusieurs normes de vibrations existent à travers le monde. En Amérique du Nord, suite à une étude sur plusieurs types de propriétés, l'United States Bureau of Mines (USBM) a mis sur pied un tableau qui contient une courbe dictant les vibrations sécuritaires en fonction de la vitesse et de la fréquence. Les vibrations situées sous cette courbe sont dans la zone sécuritaire pour les immeubles. Les vibrations situées au-dessus de cette courbe pourraient occasionner des bris d'ordre esthétique à un immeuble. Au Québec, la norme de vibration applicable lors d'un dynamitage est la Directive 019 sur l'industrie minière du gouvernement du Québec, largement inspirée de l'étude du USBM. Bien qu'il n'y ait pas de normes applicables aux vibrations générées par les événements sismiques, LaRonde se réfère volontairement à la norme de la directive 019 et à l'étude du USBM à des fins de suivi et de comparaison.

### DIRECTIVE 019

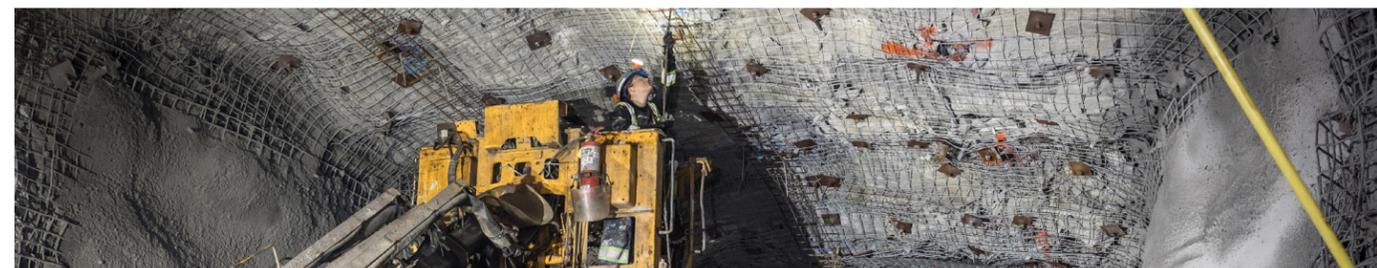
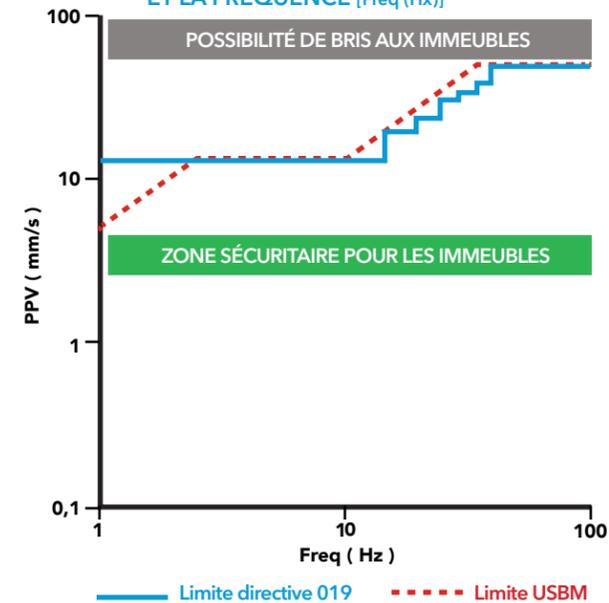
La directive précise que l'exploitant d'une mine active doit suivre les niveaux de vibration engendrés par ses activités de sautage et s'assurer de respecter les limites vibratoires indiquées au tableau ci-dessous dans le cas où aucun point d'impact (par exemple un bâtiment) n'est situé dans un rayon de 1 km, comme c'est le cas pour LaRonde.

FIGURE 4 : VITESSES MAXIMALES PERMISES EN FONCTION DES FRÉQUENCES DE VIBRATIONS AU SOL

FRÉQUENCE DES VIBRATIONS AU SOL (HERTZ)	VITESSE MAXIMALE PERMISE (mm/s)
Fréquence $\leq 15$	12,7
15 < Fréquence $\leq 20$	19,0
20 < Fréquence $\leq 25$	23,0
25 < Fréquence $\leq 30$	30,5
30 < Fréquence $\leq 35$	33,0
35 < Fréquence $\leq 40$	38,0
Fréquence > 40	50,0

Source : Tableau 2,5, Directive 019 sur l'industrie minière - mars 2012

FIGURE 5 : TABLEAU DES LIMITES DE VARIATIONS SELON LA VITESSE DE VIBRATION [PPV (MM/S)] ET LA FRÉQUENCE [Freq (Hz)]



## La perception des vibrations et du son par l'humain

Ce que perçoit l'humain, suite à un événement sismique, est la vibration émise, et plus précisément sa vitesse, sa fréquence et sa durée. Plus la vitesse de la vibration est élevée, plus la perception de la vibration risque de s'intensifier, mais la fréquence (Hz) joue également un rôle important.

L'événement peut être ressenti différemment selon la localisation. Dépendamment de la localisation d'un événement sismique, l'onde peut être atténuée par le remblai, le gisement et les infrastructures minières souterraines et sa vitesse peut ainsi diminuer. Aussi, si un événement sismique est localisé en profondeur (de plus en plus loin de la surface), la perception en surface sera réduite selon le même principe.

Comme mentionné, la perception de la vibration est influencée par la vitesse en mm/s mais également par la fréquence (en hertz) de l'événement. Plus la fréquence est basse plus l'événement est ressenti fortement. Il en est de même pour le niveau sonore. Par exemple, un événement sismique peut être entendu sans pour autant être ressenti. Lorsque les deux sont perceptibles, le niveau sonore perçu peut venir accentuer la perception des vibrations.

La perception par l'humain est très variable, chaque individu ayant un niveau de sensibilité propre. L'occupation de l'individu lors de l'événement est également un facteur important dans la perception. Les vibrations produites par un événement sismique peuvent ne pas être perçues du tout si un individu s'affaire à une tâche ou une activité dynamique (sports, préparation des repas, promenade en VTT, etc.) et être perçue plus fortement par un individu au repos ou qui pratique une activité calme (observation de la nature, sieste, lecture, etc.).

## Les effets des vibrations sur les infrastructures

Les limites de la directive 019 et du USBM ont été élaborées pour tenir compte de l'effet des vibrations sur les infrastructures. Le respect de ces limites permet donc normalement d'éviter les impacts sur un bâtiment.



# LES ÉVÉNEMENTS SISMIQUES

## Les événements sismiques à LaRonde

Les activités minières souterraines de LaRonde s'étendent à plus de 3 km de profondeur. À cette profondeur, la pression de la roche est plus grande.

Un événement sismique se produit lorsqu'un vide est créé par un dynamitage, que la roche se fracture ou glisse et que la pression se redistribue autour de ce vide. À ce moment, une partie de l'énergie est libérée sous forme d'onde, ce qui entraîne des vibrations pouvant être ressenties sous terre et en surface.

Bien qu'une grande proportion de l'activité sismique se produise durant les dynamitages ou quelques minutes suivant ceux-ci, ils peuvent également se produire plusieurs heures, jours ou semaines plus tard.

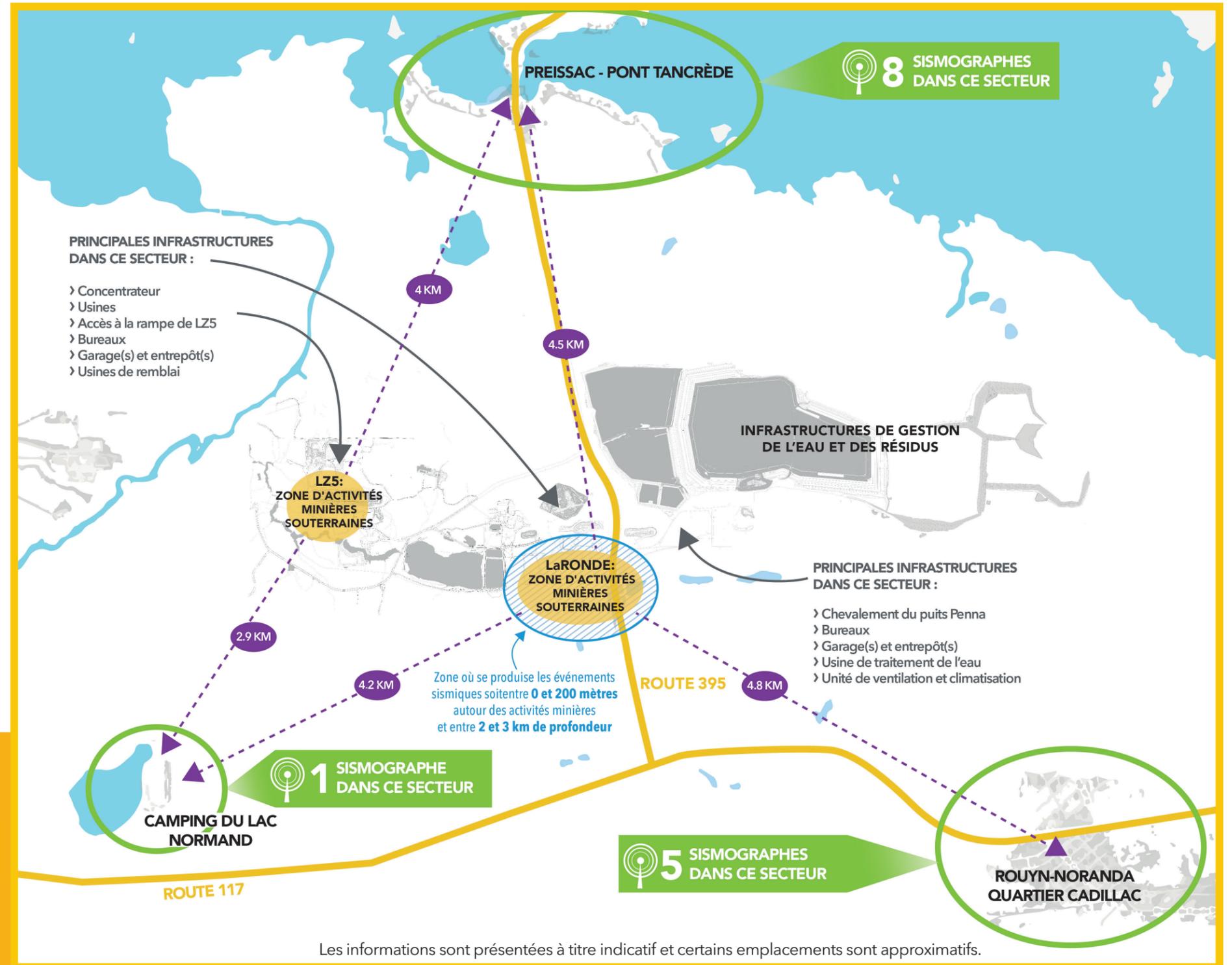
Bien qu'on ne puisse prévoir le moment, l'endroit et l'importance d'un événement avant qu'il ne se produise, des analyses sont réalisées par le département d'ingénierie de la mine LaRonde pour étudier les tendances. Des mesures de mitigation sont également mises en oeuvre pour éviter que des événements importants ne surviennent.

FIGURE 6 : DESCRIPTION DU SYSTÈME DE MESURE DES VIBRATIONS



Des instruments nommés « sismographes » mesurent les vibrations en continu et collectent des données. Ces instruments sont sous la responsabilité d'un consultant externe au complexe minier Laronde. Les sismographes sont composés d'un géophone connecté à un système d'acquisition de données. Un modem cellulaire fait la connexion entre le sismographe et le serveur central du fournisseur externe. Un module d'analyse traite les mesures et les archive sur un site web sécurisé.

FIGURE 7 : LOCALISATION DES SISMOGRAPHES ET DES PRINCIPALES INFRASTRUCTURES



# Gestion de la sismicité

À LaRonde nous sommes à la fine pointe de la technologie en ce qui concerne la sismicité. Nous bénéficions d'une des plus importantes équipes au Canada qui est reconnue mondialement pour ses connaissances et son expertise en sismicité.

Le système de gestion de la sismicité de LaRonde est un des plus importants au Canada avec :

- ▶ Plus d'une centaine de détecteurs sous terre et en surface ;
- ▶ Un processus permettant à l'équipe d'ingénierie de connaître rapidement la magnitude et la localisation d'un événement sismique ;
- ▶ Une vue en temps réel de l'activité à la salle de contrôle ainsi qu'en ingénierie ;
- ▶ Une présence constante de l'équipe d'ingénierie 24/7 ;
- ▶ Des analyses en continu de l'historique pour dégager des tendances et réagir en conséquence.

## SAVIEZ-VOUS QUE?

En plus des sondes sismiques permettant de capter les vibrations en surface et d'assurer une surveillance environnementale, il existe plus de 150 capteurs sismiques dispersés sous terre, aux quatre coins du gisement du complexe minier LaRonde.



LaRonde participe volontairement à une revue annuelle de ses pratiques en contrôle de terrain et gestion de la sismicité. Cette revue est effectuée par un groupe d'experts indépendants de renommée mondiale, elle permet de faire le point sur les pratiques de mine LaRonde et d'accueillir des recommandations afin d'adopter les meilleures pratiques de l'industrie.

L'implantation d'un réseau cellulaire privé LTE dans tous les secteurs de la mine LaRonde permet d'aviser encore plus rapidement les travailleurs de l'imminence d'un risque sismique. Cette technologie peut aussi nous permettre d'opérer à distance dans des zones à risques.

# La sécurité des travailleurs

La sécurité de nos employés est une priorité. De nombreux efforts sont déployés afin de réduire les risques d'exposition des travailleurs aux événements sismiques.

Notre équipe d'experts suit les tendances et prend les mesures afin de maximiser la sécurité des employés. Parmi ces mesures, il y a :



- ▶ Élaboration de plan de minage de façon à minimiser l'activité sismique ;
- ▶ Orientation des galeries de manière à éviter des secteurs à risque ;
- ▶ Conception et ajustement du support de terrain en fonction des zones pour sécuriser au maximum les places de travail ;
- ▶ Système de gestion de la sismicité pour localiser et caractériser l'activité sismique ;
- ▶ Fermeture de secteurs sensibles ;
- ▶ Limitation de l'exposition des employés dans les secteurs sismiques avec l'aide d'équipement mécanisé ;
- ▶ Mise en place d'un pilier régional entre les deux gisements de la mine LaRonde qui permet de diminuer la quantité de tonne extraite et ainsi, diminuer le risque de sismicité
- ▶ Utilisation de modélisation numérique permettant de visualiser les contraintes et les forces du massif rocheux.



## LEXIQUE MINIER

TERMES POTENTIELLEMENT UTILISÉS DANS UN CONTEXTE DE SISMICITÉ

Un langage commun est essentiel pour permettre un dialogue efficace et constructif.

### ÉVÉNEMENT SISMIQUE

C'est le résultat d'un mouvement ou de la création de nouvelle fracture à l'intérieur du massif rocheux. Ce phénomène provoque une onde sismique (vibration) qui se propage à travers le sol/roc. Il peut être perçu ou ressenti dans l'opération minière et en surface. Les événements sismiques peuvent se produire à la suite d'un sautage.

**Synonymes :** airblast, bump, craquement

### TREMBLEMENT DE TERRE

Le tremblement de terre est un mouvement le long d'une structure géologique majeure (failles régionales, plaque tectonique, etc.) qui se produit à plusieurs kilomètres de profondeur dans la croûte terrestre. Le tremblement de terre n'est pas relié aux activités minières.

### COUP DE TERRAIN (rockburst, coup de charge, coup de toit)

Un coup de terrain est un événement sismique qui cause des dommages significatifs à un tunnel ou une galerie d'une mine souterraine.

### FACEBURST (coup de déformation)

Il s'agit d'une sous-catégorie de coup de terrain qui fait référence à un mouvement de roches provenant des faces, des parois latérales ou des plafonds des galeries résultant d'un événement sismique généralement de plus faible magnitude mais dont la source est située très près des galeries.

### COUP DE CHARGE

Terme utilisé dans le Règlement sur la santé et la sécurité du travail dans les mines pour désigner un coup de terrain.

### EFFONDREMENT

Un effondrement est une réaction gravitaire de la roche. Lorsqu'un effondrement est causé par un événement sismique, on parlera de coup de terrain.

### BLAST OU SAUTAGE OU DYNAMITAGE

Le blast, ou plus couramment appelé le dynamitage, consiste à la mise à feu (détonation) de produits explosifs dans la mine. Le terme dynamitage est une relique du passé puisque dans les faits, il n'y a plus de sautage qui utilise de la dynamite dans les mines modernes, celle-ci ayant avec le temps été remplacée par des produits plus sécuritaires. Un sautage peut entraîner des vibrations ressenties en surface.

### BLAST (sautage ou dynamitage) DE DÉVELOPPEMENT

Le sautage de développement vise à créer des galeries en vue d'atteindre le gisement là où se trouve le minerai. Les vibrations de ce type de sautage sont généralement peu ressenties en surface.

### BLAST (sautage ou dynamitage) DE PRODUCTION

Le sautage de production est effectué une fois le gisement atteint et permet de créer un chantier pour extraire le minerai. Les vibrations de ce type de sautage peuvent être ressenties davantage en surface.

### ZONE OU SECTEUR SOUS PROTOCOLE

Une zone ou un secteur dit « sous protocole » signifie que l'endroit est soumis à un protocole limitant l'accès. L'accès est, soit interdit ou limité, et la durée varie en heures. Celui-ci est instauré pour chaque sautage de production. Quant au sautage de développement, ils ont aussi des protocoles qui sont généralement plus courts en termes de durée. Il peut aussi être mis en place suite à un événement sismique, en raison d'un risque d'activité sismique ou encore en réponse à une activité sismique dans un secteur.

Les vibrations peuvent vous préoccuper et nous avons mis en place plusieurs moyens de communication pour répondre à vos questions, vous donner de l'information et maintenir un dialogue constructif.



**Un numéro de téléphone accessible  
7 jours/7, 24 heures sur 24 :**

819 759-3700 poste 4105005



**Une adresse courriel dédiée :**

[relations.laronde@agnicoeagle.com](mailto:relations.laronde@agnicoeagle.com)



**Envoi d'avis**

Si vous n'avez pas accès à internet et que vous souhaitez recevoir par téléphone ou texto les avis relatifs aux activités de LaRonde, contactez-nous au 819 759-3700 poste 4105005.



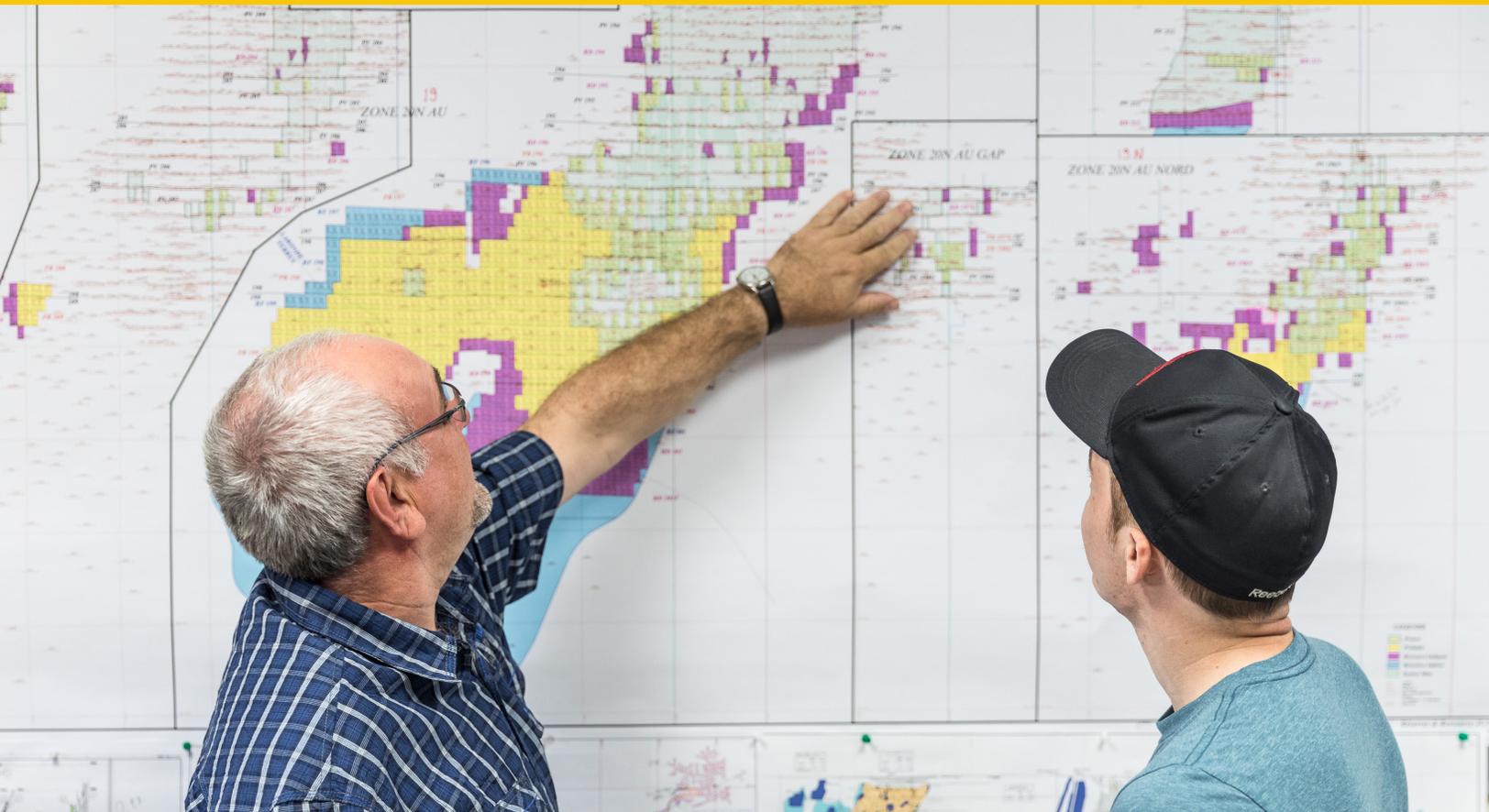
**Un site web [abitibi.agnicoeagle.com](http://abitibi.agnicoeagle.com)**

- ▶ Vous pouvez consulter dans la section « Information » les avis et les nouvelles.
- ▶ Vous pouvez remplir un formulaire pour recevoir par courriel, téléphone ou texto des avis relatifs aux activités de LaRonde.



**Page Facebook**

[www.facebook.com/AgnicoLaRonde](http://www.facebook.com/AgnicoLaRonde)



**AGNICO EAGLE**  
COMPLEXE MINIER LaRONDE