

Directives :

Guide de construction d'un tunnel par abattage à l'explosif

Réalisées pour le compte de

Université McGill

1010 , rue Sherbrooke ouest 10^e étage Montréal

Au soin de : Abolfazl Kamali, B.Eng., M.Sc., gestionnaire de projets
GENIVAR , courriel : Abolfazl.kamali@genivar.com

Étienne Yelle, Gestionnaire de la santé et sécurité
Construction, Gestion et développement des installations,
Services universitaires **Université McGill**
| 1010 Sherbrooke Ouest, 10ⁱème étage | Montréal, Québec,
H3A 2R7 **courriel** etienne.yelle@mcgill.ca

Préparé par

Luc Coulombe, M.Sc. : agent de sécurité chantier de construction et conseiller
Roger McNicoll, ing., géologue, agent de sécurité et spécialiste en explosif
François Fontaine, ing., géologue, consultant en SST
Rodrigue Rouleau, consultant

Le 5 novembre 2013

Directives : Guide de construction d'un tunnel par abattage à l'explosif

Table des matières

1	Définitions utiles	4
2	Préambule.....	6
3	But.....	7
4	Champ d'application.....	7
5	Notions générales de santé et de sécurité du travail (SST)....	7
	5.1 Planification des travaux	
	5.2 Mesures de prévention relatives aux installations techniques	
	5.3 Programme de prévention de l'entrepreneur et de ses sous-traitants	
6	Détermination des dangers	8
	6.1 Dangers inhabituels et sauvetage des personnes	
	6.2 Exigences générales relatives au sauvetage	
7	Opérations d'abattage.....	10
	7.1 Plan de tir	
	7.2 Assurer la sécurité du tir	
	7.3 Procédure de tir	
8	Ventilation, et qualité de l'air.....	12
	8.1 Aération	
	8.2 Ventilation	
	8.3 Qualité de l'air	
	8.4 Conception de la ventilation	
	8.5 Dimensionnement de la ventilation	
	8.6 Installation et fonctionnement de la ventilation	
	8.7 Surveillance du débit d'air et de la qualité de l'air	
	8.8 Poussières	
	8.9 Gaz d'échappement des moteurs diesel	
	8.10 Fumées de tir	
	8.11 Contraintes thermiques	
	8.12 Présence de gaz toxiques et inflammables	
9	Éclairage.....	18
	9.1 Niveaux d'éclairement	
	9.2 Éclairage de secours	

10	Équipements de transport.....	18
10.1	Exigences relatives aux conducteurs d'équipements de transport	
10.2	Mise à l'arrêt des équipements de transport	
10.3	Protection des zones présentant un risque de chute	
10.4	Protection contre les risques de collision	
10.5	Visibilité des équipements	
10.6	Installations de transport à l'intérieur des tunnels	
10.7	Allées piétonnes	
10.8	Circulation	
11	Avancement et consolidation de la roche.....	21
11.1	Choix de la méthode d'avancement	
11.2	Mesures de prévention	
11.3	Choix des installations techniques de consolidation des sections excavées	
11.4	Élimination des roches instables	
11.5	Exigences relatives aux plates-formes de travail élévatrices	
12	Protection contre les incendies et substances dangereuses.....	23
12.1	Emploi et entreposage de substances inflammables et explosives	
12.2	Élimination des déchets	
13	Vêtements à haute visibilité.....	24
14	Formation	24
15	Engagements.....	24
16	Qualifications.....	25
17	Registre des mesures environnementales	25
18	Mesures particulières de sécurité	25
	8.1 Bruit	
19	Équipements motorisés	26
20	Contrôle des entrées et sorties du chantier et du tunnel.....	26
21	Communication	27
22	Hygiène	27
23	Activités de prévention	27

1 Définitions utiles

CSTC

Code de sécurité pour les travaux de construction (S-2.1, R.4)

DIRIGEANT DU PROPRIÉTAIRE

Représentant du Propriétaire dûment autorisé à exercer les fonctions et les pouvoirs de dirigeant conformément aux dispositions de la *Loi sur les contrats des organismes publics* (L.R.Q., c. C-65.1) et du *Règlement sur les contrats de travaux de construction des organismes publics* (L.R.Q., c. C-65.1, r.3).

ENTREPRENEUR

Une personne physique, faisant affaires seule sous son propre nom ou sous un autre nom, ou une société ou une compagnie, engagée dans un contrat avec le Propriétaire pour l'exécution des travaux.

FLAMME NUE

Flammes ou étincelles ainsi que tout objet ou appareil qui est ou peut facilement devenir le siège, à l'air libre, de flammes ou d'étincelles, ou qui comporte des surfaces susceptibles d'être portées à haute température.

FOURNISSEUR

Personne ou entité qui a conclu un contrat directement avec l'Entrepreneur pour la fourniture des produits.

GESTIONNAIRE DE PROJET

Personne qui, à titre de représentant du Propriétaire, administre le contrat.

PROFESSIONNEL

L'architecte, l'ingénieur ou l'entité qui a la responsabilité de concevoir l'œuvre en tout ou en partie, d'en coordonner l'étude ou d'en surveiller la réalisation. L'expression englobe tout représentant autorisé du Professionnel. Elle inclut également tout consultant spécialisé, mandaté par le Propriétaire.

PROPRIÉTAIRE

L'Institution royale pour l'avancement des sciences/Université McGill qu'elle soit propriétaire, locataire ou occupante de l'immeuble faisant l'objet des travaux.

RSST

Règlement sur la santé et sécurité du travail

SST

Santé et sécurité du travail

SOUS-TRAITANT

Personne ou entité qui a conclu directement un contrat avec l'Entrepreneur pour exécuter une ou plus d'une partie de l'ouvrage à l'emplacement de l'ouvrage.

SURVEILLANCE DES TRAVAUX

Action du Professionnel qui consiste à rendre les services durant la construction avec ou sans résidence au chantier.

2 Préambule

L'Université McGill étant maître d'œuvre, a la responsabilité de définir et de mettre en œuvre les mesures de prévention sur ses chantiers. L'Université McGill a en outre la responsabilité de s'assurer que les entrepreneurs généraux et leurs sous-traitants, dans le cadre de leur mandat propre, disposent et appliquent un programme de prévention répondant aux exigences du *Programme cadre de prévention construction de l'Université McGill* et aux exigences des procédures de travail et des directives attenantes.

Un chantier souterrain est considéré, selon le *Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC)*, comme présentant un risque élevé. Il en est de même pour un chantier où il y a usage et manutention d'explosifs. En conséquence, les articles du *Programme cadre de prévention construction de l'Université McGill* doivent être pris en compte spécifiquement par les programmes des entrepreneurs et des sous-traitants au projet.

Travaux à risques élevés

- Avant de débiter de tels travaux, l'entrepreneur doit élaborer des méthodes de travail sécuritaires et les soumettre au gestionnaire de projet de l'Université McGill. Ces méthodes peuvent être exigées soit par le *CSTC* ou gestionnaire de projet de l'Université McGill pour des travaux représentant des risques équivalents.
- Ces travaux ne pourront débiter avant que des avis écrits, des méthodes de travail approuvées, des plans et devis scellés par un ingénieur n'aient été soumis au gestionnaire de projet de l'Université McGill et qu'une autorisation formelle de sa part n'ait été obtenue.

Analyse des risques au chantier

Avant d'entreprendre des travaux comprenant des risques élevés (près des lignes électriques, en excavation, en espace clos, levage à deux grues, etc.), l'entrepreneur doit analyser les risques inhérents à ses travaux. Il complète les formulaires *Identification préliminaire des risques (SST-FRM10)* et/ou *Plan de travail (SST-FRM11)* et les fait approuver par le gestionnaire de projet de l'Université McGill.

Note: L'entrepreneur doit s'assurer que le programme de prévention et les procédures de travail répondent aux exigences du *Programme cadre de prévention construction de l'Université* et du *CSTC*, notamment des sections IV -Manutention et usage des explosifs- et VIII –Chantiers souterrains de ce Code.

3 But

Les présentes directives indiquent les critères permettant de satisfaire aux exigences en SST lors de l'exécution de travaux souterrains et d'abattage à l'explosif.

4 Champ d'application

Sont considérés comme **travaux souterrains** l'exécution, l'agrandissement, l'entretien ou la reconstruction sous terre d'ouvrages tels que tunnels, galeries, puits et autres excavations souterraines. Sont également considérés comme travaux souterrains l'extraction souterraine de roches, les travaux de fonçage au pousse-tubes ainsi que les travaux exécutés à l'intérieur des sections fermées de tunnels à ciel ouvert.

5 Notions générales de santé et de sécurité du travail (SST)

5.1 Planification des travaux

Les travaux de construction doivent être planifiés de façon à ce que le risque d'accident, de maladie professionnelle ou d'atteinte à la santé soit éliminé, réduite au minimum ou aussi faible que possible et que les mesures de prévention nécessaires puissent être respectées. Les procédures et les méthodes de travail proposées par le *Programme cadre de prévention construction de l'Université* sont prioritaires et prescriptives.

Avant le début des travaux, il convient de déterminer s'il existe, dans la zone où seront effectués ces travaux, des installations présentant un danger, notamment des installations électriques, des installations de transport, des conduites, des canaux, des puits et des installations présentant un danger d'explosion ou contenant des substances dangereuses.

5.2 Mesures de prévention relatives aux installations techniques

Les installations techniques telles que la ventilation, l'amenée d'air frais et le dépôt de substances dangereuses qui, si elles sont endommagées, pouvant mettre en danger des personnes, doivent être protégées.

Cette mesure de prévention est notamment atteinte si :

- **les lignes ou conduites d'alimentation en énergie (électricité, air comprimé, etc.)** sont protégées contre tout dommage (par exemple, par des véhicules, par la chaleur émanant d'un incendie, etc.);
- **les gaines de ventilation** sont installées de façon à ne pas être endommagées;
- **les installations électriques** sont protégées des véhicules ou d'autres équipements mobiles.

5.3 Programme de prévention de l'entrepreneur et de ses sous-traitants

L'**entrepreneur et ses sous-traitants** doivent présenter au gestionnaire de projet de l'Université McGill, avant le début de travaux souterrains, leur programme respectif de prévention sous forme écrite.

Ce **programme de prévention** spécifique au chantier comprend notamment les points suivants :

- des principes directeurs et des objectifs en matière de SST;
- l'organisation de la sécurité sur le chantier;
- de la formation, des instructions et de l'information;
- des règles de sécurité;
- la détermination des dangers et l'évaluation des risques;
- la planification et la réalisation des mesures de prévention;
- des procédures de travail;
- l'organisation des premiers secours et des premiers soins;
- la protection de la santé;
- des moyens de contrôle et des audits en SST;
- un programme spécifique pour la ventilation.

6 Détermination des dangers

Lors de la **détermination des dangers** et de l'évaluation des risques, il sera notamment tenu compte:

- des dangers liés à des phénomènes naturels, tels que chutes de roches, pluies abondantes et vents forts;
- des dangers liés à des phénomènes spécifiques au chantier, tels qu'effondrements, écroulements, décompression violente, venues d'eau;
- des contraintes thermiques, de la présence de silice, d'amiante, ou d'autres contaminants;
- des dangers d'explosions, d'incendies, de propagation de fumées;
- des dangers liés aux opérations de transport;
- des éventuels dangers liés à la présence de méthane, de radon ou d'autres contaminants pouvant se trouver dans le sol;
- des dangers liés aux installations existantes et aux conduites de service.

Après évaluation des risques, il conviendra de procéder à la mise en œuvre des mesures de prévention nécessaires.

6.1 Dangers inhabituels et sauvetage des personnes

- a. Dans les zones particulièrement menacées par des phénomènes naturels, tels que les crues, les éboulements, les glissements de terrain ou les chutes de roches, les travaux ne doivent être exécutés que sous la surveillance d'une personne ayant des connaissances appropriées sur ces phénomènes et représentant l'entrepreneur responsable des travaux.
- b. Une procédure d'évacuation et de sauvetage des travailleurs doit être mise en place par l'entrepreneur responsable des travaux, approuvée au préalable par le gestionnaire de projet de l'Université McGill, et s'assurer de la compréhension des travailleurs concernés.
- c. Les issues doivent être clairement indiquées et éclairées, tous les travailleurs doivent être familiers avec la procédure d'évacuation et de l'accès aux issues (S-2.1, r.4, art. 8.12.1).
- d. Les travaux doivent être suspendus si les communications sont interrompues entre les postes de travail et le service de sauvetage et de premiers secours.
- e. Le sauvetage des personnes blessées ou en détresse doit être assuré par l'équipe d'intervention de l'entrepreneur responsable des travaux.

6.2 Exigences générales relatives au sauvetage

Les exigences relatives aux mesures de protection et de sauvetage des personnes sont notamment remplies si les conditions décrites au Code de sécurité pour les travaux de construction sont respectées (S-2.1, r.4, art. 8.12.2), notamment si :

- on peut établir en tout temps une **communication vocale sûre** avec la surface à partir de chaque poste de travail;
- l'équipe de sauvetage est composée de trois personnes, disponible sur place en tout temps et répondre minimalement aux exigences suivantes :
 - être aptes physiquement
 - avoir subi un entraînement
 - sur les méthodes de sauvetage
 - sur l'utilisation, l'entretien et les limites des appareils respiratoires à oxygène
 - sur l'utilisation et l'entretien de l'équipement de protection contre les incendies
 - effectuer les exercices de sauvetage : Une simulation mensuelle devra être tenue par l'entrepreneur responsable des travaux. Un rapport écrit devra être acheminé au gestionnaire de projet de l'Université McGill.
- les installations prévues pour la communication sont **bien visibles**;
- les **blessés** peuvent être transportés selon **des techniques de sauvetage reconnues**;
- les mesures de prévention découlant du **sauvetage** sont **appliquées**

7 Opérations d'abattage

Une excavation souterraine ne peut être entreprise sans l'obtention de plans et devis d'un ingénieur ayant une expérience dans le domaine. Ces plans et devis doivent être :

- mis à jour par un ingénieur au fur et à mesure de l'avancement des travaux;
- conservés sur le chantier et disponibles en tout temps.

Avant d'effectuer des opérations d'abattage à l'explosif, on doit être en mesure d'effectuer des tests de simulation informatique avec un facteur d'erreur en signalant les dommages sur les infrastructures en fonction des quantités d'explosifs utilisées et des dimensions des trous de forages. Une vérification des fissures avec prises de photos devra être faite avant et après chaque sautage afin d'avoir une utilisation optimale des explosifs sans impacts fâcheux sur les infrastructures existantes près du chantier.

7.1 Plan de tir

L'élaboration d'un plan de tir est obligatoire. Sur celui-ci doivent notamment figurer :

- **la localisation du tir:** nom du chantier, localisation, date et heure du tir;
- **la géométrie du tir:** l'emplacement des trous de mine, leur profondeur, leur diamètre;
- **le chargement des explosifs:** le type de chargement, la quantité et la nature des explosifs utilisés, la quantité et la qualité des bourrages, le type de bourrage;
- **l'amorçage: le type de détonateur,** la séquence de mise à feu.

Un **journal de tir**, tel que requis par l'article 4.7.10 du *CSTC*, doit être complété et conservé sur le chantier.

Après chaque sautage, un relevé géologique du front de taille est réalisé.

7.2 Assurer la sécurité du tir

La sécurité du tir comprend notamment :

- le respect des mesures particulières de sécurité et de protection de la santé, ou, le cas échéant, du programme de prévention;
- la conformité des équipements, du matériel et des matériaux utilisés pour les travaux de sautage;
- l'emploi de personnes formées et habilitées;
- le respect du plan de tir, éventuellement avec ses adaptations;
- le respect de la procédure de tir qui garantit la sécurité des travailleurs et des tiers;
- la surveillance et l'utilisation des explosifs selon les règles de l'art;
- la traçabilité des explosifs et de leur usage.

7.3 Procédure de tir

Les disposition du CSTC , particulièrement les conditions décrites à la section 8.4 sont Impératives : Copies des accréditations, permis et autorisations doivent être remises au gestionnaire de l'Université McGill.

La procédure de tir comprend notamment:

- l'évacuation du personnel, des équipements et du matériel de la zone de tir;
- la sécurité des personnes travaillant en aval du front de taille (aux distances prévues par l'évaluation des risques);
- la mise en place de surveillants des issues;
- le signal annonçant le tir et la vérification que toutes les personnes sont à l'abri;
- la réalisation du tir;
- le délai d'attente, après un sautage, avant de réintégrer les postes de travail souterrains et les voies de circulation leur donnant accès pour s'assurer que ces endroits ont été ventilés de façon à respecter les normes prévues à l'annexe 1 du *Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST)*;
- la reconnaissance du chantier et du bon fonctionnement du tir;
- le retour autorisé par un signal sonore conventionnel;
- la purge;
- l'enlèvement des déblais.

Lors du redémarrage des opérations après un tir, il peut être nécessaire de prévoir un équipement de protection respiratoire pour les personnes qui interviennent dans cette zone, notamment lors de l'enlèvement des déblais, parce que des gaz plus lourds peuvent être emprisonnés dans les déblais.

8 Ventilation, et qualité de l'air

8.1 Aération

La qualité de l'air aux postes de travail souterrains doit être assurée par une ventilation mécanique.

8.2 Ventilation

Avant le début des travaux souterrains, il y a lieu de prévoir une ventilation dont l'efficacité est telle que les normes prévues à l'annexe 1 du *RSST* sont respectées.

L'accès aux endroits non ventilés doit être fermé.

Si des travaux souterrains sont prévus dans des endroits qui ne sont pas ventilés, la qualité de l'air doit être surveillée en permanence au moyen d'appareils de mesure calibrés quotidiennement.

Des mesures particulières doivent être prises pour protéger les travailleurs contre les substances dangereuses pour la santé.

L'employeur doit faire vérifier si les formations géologiques peuvent éventuellement contenir du méthane, du radon ou tout autre contaminant. Il doit, le cas échéant, prendre les mesures de prévention en conséquence.

8.3 Qualité de l'air

La concentration des impuretés de l'air dans les postes de travail sous terre doit être maintenue à un taux inférieur aux valeurs limites indiquées à l'annexe 1 du *RSST*.

Le chantier souterrain doit être alimenté en air frais, à raison d'un débit minimal d'air équivalent à la plus grande des exigences suivantes:

- a) 5,5 mètres cubes par minute d'air frais pour chaque travailleur, sous terre;
- b) 15 mètres cubes par minute d'air frais pour chaque mètre carré de section dans le cas d'un tunnel; ou
- c) dans le cas où l'on utilise de l'équipement mobile fonctionnant avec un moteur diesel:
 - i. homologué par le *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*, le débit d'air frais doit être basé sur les valeurs données aux cédulas 24 et 31 de cet organisme;

ii. homologué par le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada, le débit d'air frais doit être celui qui est spécifié lors de l'homologation de l'équipement; ou

iii. non homologué, le débit d'air frais doit correspondre à un taux minimal de 5,5 mètres cubes par minute par kilowatt à l'arbre et la quantité totale d'air frais nécessaire lors du fonctionnement simultané de plusieurs de ces appareils doit être de:

- A) 100 % du débit donné pour l'unité la plus exigeante du point de vue de la ventilation;
- B) 75 % du débit donné pour la seconde unité; et
- C) 50 % du débit donné pour chaque unité supplémentaire;

d) l'alimentation en air frais, telle que spécifiée dans les paragraphes *a*, *b* et *c* doit être augmentée s'il y a lieu jusqu'à ce que la concentration des impuretés de l'air soit abaissée à la valeur limite indiquée à l'annexe 1 du *RSST*.

Le pourcentage d'oxygène en volume dans l'air à tout poste de travail ne doit pas être inférieur à 19,5 % à la pression atmosphérique normale.

Les mesures de prévention doivent également viser à protéger la population autour du chantier de risques importants pour leur santé. Il est donc souhaitable que ces mesures fassent partie intégrante des règles de sécurité associées aux travaux souterrains. Ces mesures préventives visent trois objectifs :

- 1. RÉDUIRE** au maximum la quantité de contaminants produite lors des travaux;
- 2. FACILITER** l'élimination et empêcher le déplacement de tout gaz dans les puits, les tunnels et les autres excavations souterraines.
- 3. PROTÉGER** la population présente dans les bâtiments autour du chantier, ainsi que les travailleurs, d'une intoxication, notamment la silice cristalline.

Les substances dangereuses qui peuvent notamment être présentes dans les canalisations, les puits ou les tunnels ainsi qu'à l'intérieur des bâtiments doivent être évacuées, sans mettre personne en danger. La qualité de l'air doit être régulièrement vérifiée par une personne compétente représentant l'entrepreneur responsable des travaux.

8.4 Conception de la ventilation

L'installation d'un système de ventilation doit notamment tenir compte des points suivants :

- La production de fumées de tir;
- La présence de contaminants dans les gaz d'échappement des moteurs diesel;
- La présence de poussières émises lors des travaux;
- La présence de méthane, de radon ou d'autres gaz dans les formations géologiques;
- Les autres contaminants résultant de travaux (par ex. des travaux de pose de produits bitumineux);
- L'hypothèse d'un incendie;
- L'évacuation de la chaleur et de l'humidité excessives.

8.5 Dimensionnement de la ventilation

La ventilation doit être conçue conformément aux règles de l'art dans le domaine. Elle doit avoir un débit tel que la quantité d'air frais nécessaire soit assurée en tout temps.

8.6 Installation et fonctionnement de la ventilation

Les exigences relatives à la ventilation sont notamment remplies si :

- la **gaine de ventilation** est installée et entretenue de façon à ce que le débit d'air frais parvienne jusqu'au front de taille et à tout autre poste de travail sous terre;
- la **quantité d'air frais** peut être réglée en fonction de la longueur d'avancement du tunnel, du puits et de toute autre excavation et de l'élimination efficace des contaminants;
- les **ouvrages dont le percement est achevé** sont équipés de manière à garantir une ventilation suffisante.

8.7 Surveillance du débit d'air et de la qualité de l'air

Il est particulièrement important que :

- les débits d'air et la qualité de l'air soient surveillés de façon que les valeurs minimales sur lesquelles reposent la conception de la ventilation puissent être respectées;
- les **personnes chargées de surveiller la qualité de l'air** disposent d'une formation requises et se voient attribuer des instructions, des compétences et des responsabilités précises.

Lorsqu'il est nécessaire de pénétrer dans des **espaces non-ventilés** (tunnels sans issues, etc.), la qualité de l'air doit être vérifiée et surveillée au moyen d'appareils de mesure.

L'entrepreneur devra prendre les mesures environnementales (CO et NOx) dans les bâtiments adjacents, en collaboration avec les responsables, pendant la période des travaux afin de s'assurer que les concentrations ne dépassent les concentrations spécifiées dans le règlement sur la santé et sécurité au travail.

8.8 Poussières

L'utilisation d'eau est un moyen efficace pour réduire l'émission des poussières : forages à l'eau, humidification préalable de la roche et des déblais lors de leur chargement et de leur transport, etc. On doit arroser abondamment le front de taille, après chaque tir et au cours du chargement des déblais.

Lors des travaux d'excavation (par exemple, lors des opérations de déblaiement, de forage, de concassage, de traitement et de transport des déblais), les exigences relatives aux poussières sont remplies si les mesures de protection techniques et organisationnelles nécessaires sont prises afin de ne pas dépasser les valeurs limites indiquées à l'annexe 1 du *RSST*.

Lors de l'utilisation de foreuses, de tunneliers, de brise-roches (excavateurs avec marteaux-piqueurs hydrauliques) ou d'installations de concassage et de convoyeurs, on contrôlera l'émission de poussières par aspersion d'eau ou au moyen d'une **ventilation locale par extraction**. Les poussières doivent être contenues ou aspirées autant que possible à proximité de leur source.

Les facteurs importants lors du **choix des installations de dépoussiérage** sont, entre autres, les suivants :

- la quantité de poussières;
- la composition des poussières (teneur en silice, matériaux humides, etc.);
- la concentration en poussières dans le débit d'air rejeté sur le chantier;
- le contrôle de l'efficacité de l'installation (par exemple en cas de défauts tels que fuites internes ou filtres défectueux).

8.9 Gaz d'échappement des équipements motorisés.

Utilisation des équipements motorisés

Les émissions des gaz d'échappement des équipements motorisés doivent respecter l'annexe -1- du RSST

Les moteurs à essence, au propane ou au gaz naturel ne doivent pas être utilisés sous terre. Les équipements motorisés doivent être installés et intégrés dans l'environnement de travail de telle sorte que la sécurité et la santé des travailleurs soient garanties.

Les gaz d'échappement des moteurs étant nocifs, on utilisera si existant, des équipements à **énergie électrique**. Cette exigence concerne notamment les équipements partiellement ou totalement stationnaires tels que foreuses, plates-formes élévatrices et camions-malaxeurs. Pour les véhicules et les équipements à moteur diesel utilisés sous terre, les **filtres à particules** sont obligatoires et ils doivent être tenus en bon état (**les catalyseurs sont requis avec preuve écrite de leur efficacité**).

Les conditions d'entretien et d'inspection de ces équipements devront être conformes aux spécifications du fabricant concerné.

8.10 Fumées de tir

Les travailleurs ne doivent pas être mis en danger par les fumées de tir. Cet objectif pourra être atteint en appliquant, par exemple, les mesures de prévention suivantes :

- évacuation des fumées de tir par une gaine d'aspiration;
- toutes les personnes présentes (travailleurs ou autres) vont en surface jusqu'à l'évacuation des fumées de tir;
- pendant l'évacuation des fumées de tir, toutes les personnes présentes vont dans un local directement alimenté en air frais.

Le retour sous terre doit rester interdit jusqu'à l'évacuation des fumées de tir par la ventilation.

Si la **ventilation par aspiration** est insuffisante au front de taille, l'objectif de sécurité pourra être atteint en installant une ventilation d'appoint. La prise d'air de cette dernière doit être conçue et placée de façon à ne pas réintroduire les fumées de tir dans le chantier souterrain.

Si l'on renonce à prendre des mesures de prévention contre les fumées de tir pour les postes de travail situés en aval, il faudra pouvoir prouver que les fumées de tir sont suffisamment diluées lorsqu'elles atteignent ces postes.

8.11 Contraintes thermiques

Des mesures de prévention appropriées doivent être prises en raison de contraintes telles que la chaleur, le froid et l'humidité excessives.

Si des ambiances chaudes et humides liées aux conditions géothermiques sont possibles, on tiendra compte des **besoins en refroidissement** lors de la conception de la ventilation. Si la ventilation ne permet pas d'assurer un refroidissement suffisant, l'objectif de sécurité peut être atteint en aménageant des installations de refroidissement.

8.12. Présence de gaz toxiques et inflammables

Les mesures environnementales de présence de vapeurs de gaz inflammable doivent être prises par une personne compétente représentant l'entrepreneur responsable des travaux.

Lorsque des limites inférieures d'explosivité du gaz concerné sont atteintes, l'entrepreneur général doit évacuer les travailleurs et intervenants du secteur concerné . Il procède alors une aération et apporte les mesures correctives ou de protection nécessaires pour rétablir la qualité d'air frais du secteur afin d'éviter que la situation ne se reproduise.

9 Éclairage

Tous les postes de travail et toutes les voies de circulation utilisés doivent avoir un système d'éclairage fixe.

9.1 Niveaux d'éclairement

L'intensité lumineuse doit être fonction de la nature des lieux ou du travail exécuté dans tout endroit où des personnes travaillent ou circulent de manière à fournir les niveaux d'éclairement requis selon l'annexe VI du *RSST*.

9.2 Éclairage de secours

Si les travailleurs ne disposent pas de lampes de mineurs ou de lampes portatives, il faut prévoir un système d'éclairage d'urgence avec relais automatique. Ce système doit être tenu en bon état de fonctionnement pour prendre la relève, en cas d'une rupture de la source normale de courant électrique.

L'entrepreneur responsable des travaux doit s'assurer de maintenir un éclairage adéquat pour les escaliers, les paliers et échelles d'accès.

10 Équipements de transport

Cette exigence est remplie si les équipements de transport sont conçus, choisis, chargés, déchargés et conduits de façon à ne pas mettre en danger des personnes lors du chargement et du déchargement des matériaux transportés.

Les voies de circulation doivent être aménagées et entretenues de façon que personne ne soit mis en danger notamment par les installations, les matières transportées et leur utilisation.

Transport et entreposage

Les objets et les matériaux doivent être transportés et entreposés de façon qu'ils ne puissent pas se renverser, tomber ou glisser et par là constituer un danger.

Travaux comportant des dangers particuliers

L'employeur ne peut confier des travaux comportant des dangers particuliers qu'à des travailleurs ayant été formés spécialement à cet effet. L'employeur fera surveiller tout travailleur qui exécute seul un travail dangereux. Le maniement des équipements de transport doit être confié à des personnes qui, en raison de leur état physique et psychique, sont en mesure de les conduire de manière sûre et de prouver qu'elles disposent de la formation requise.

10.2 Mise à l'arrêt des équipements de transport

Les équipements de transport, et les voies de circulation doivent être aménagés, exploités et entretenus de façon que le conducteur puisse, en cas de danger, arrêter les équipements en temps voulu.

10.3 Protection des zones présentant un risque de chute

La sécurité des transports exige également que les voies de circulation et les zones présentant un risque de chute au bord des puits, des montages et des points de déversement soient protégées de façon à éviter la chute des équipements de transport dans le vide. À cet effet, on installera, par exemple, un dispositif de guidage sur le bord de la voie de circulation ou un système de délimitation placé au bord de la zone présentant un risque de chute (par exemple un parapet).

10.4 Protection contre les risques de collision

Planification de travaux

Les travaux doivent être planifiés de façon que le risque d'accident ou de maladie professionnelle soit aussi faible que possible et que les mesures de sécurité nécessaires puissent être respectées.

À cet effet, la circulation doit être organisée de façon à empêcher les collisions. Il s'agira par exemple d'installer des **systèmes de guidage** ou des feux de signalisation appropriés. Leur emplacement ne doit pas gêner le sauvetage d'éventuelles victimes d'accidents.

10.5 Visibilité des équipements

Les véhicules automoteurs utilisés pour l'exécution de travaux dans un chantier souterrain doivent être équipés de feux de position indiquant leur largeur maximale.

Les équipements de transport et de chantier doivent être équipés et chargés de manière que la personne qui les conduit puisse voir et surveiller en tout temps les zones dangereuses autour de l'équipement.

Cette exigence est considérée comme remplie si :

- les zones dangereuses telles que les croisements, les embranchements, les aires de chargement, etc., sont visibles et **éclairées** ;
- les **équipements sur pneus** sont équipés de rétroviseurs et, en l'absence de visibilité directe, d'une caméra de surveillance de la zone située à l'arrière de l'équipement.

10.6 Installations de transport à l'intérieur des tunnels

Principe

Des équipements de chantier ne peuvent être utilisés que dans la mesure où ils ne mettent pas en danger, s'ils sont utilisés avec soin et conformément à l'usage pour lequel ils sont destinés, la sécurité et la santé des travailleurs.

Les postes de travail doivent offrir toute la sécurité voulue et pouvoir être atteints par des voies de circulation sûres. Le transport de personnes ne doit être effectué qu'au moyen des installations et des équipements prévus à cet effet.

10.7 Allées piétonnes

Les allées piétonnes le long des voies de circulation pour les véhicules doivent être séparées de ces dernières par des moyens techniques.

De tels moyens peuvent consister, par exemple, à surélever l'allée piétonne ou à installer une séparation fixe entre l'allée piétonne et la voie de circulation au moyen de cloisons, de garde-corps ou de glissière de sécurité.

10.8 Circulation

L'entrepreneur doit aménager dans un tunnel une voie de circulation dans un chantier souterrain tel que spécifié à la section 8.7 du CSTC.

11 Avancement et consolidation de la roche

Les travaux souterrains exposent à de multiples risques d'éboulements, d'effondrements, d'affaissements qu'il convient de prévenir par la mise en place de moyens de soutènements adaptés à la nature du sol.

La bonne adéquation du soutènement aux conditions géologiques, hydrogéologiques et géotechniques rencontrées est réalisée à partir des données recueillies par un ingénieur avant le début des travaux, puis au fur et à mesure de l'avancement du chantier, grâce aux observations du sol et des moyens de soutènements.

Excavation et consolidation de la roche

- Des sondages doivent être effectués, avant le début des travaux d'excavation, là où il existe un danger d'éboulement, d'effondrement ou de venue d'eau.
- Les postes de travail doivent être organisés et assurés de manière qu'un éboulement, un effondrement ou une venue d'eau, ne mettent personne en danger.
- Des mesures de prévention appropriées pour consolider l'excavation doivent être prises là où les conditions du terrain l'exigent.

11.1 Choix de la méthode d'avancement

La méthode d'avancement, le type de tunnelier, la répartition des sections de tunnel, la longueur d'abattage ainsi que le type de mesures de consolidation de la roche et le moment de les appliquer doivent être déterminés par un ingénieur en tenant compte des aspects de la sécurité au travail.

11.2 Mesures de prévention

Les exigences sont considérées comme remplies si les mesures de prévention suivantes sont appliquées :

- lorsque l'excavation souterraine située à proximité directe du front de taille est systématiquement protégée (boulons d'ancrage, grillages, béton projeté, etc.) contre les risques de chutes de roches;
- lorsque les **puits** sont protégés contre les chutes de roches susceptibles de se détacher de leur paroi;

- lorsque des mesures de prévention telles que sondages, dispositifs spéciaux en acier, mesures préventives complémentaires (injections, voûte parapluie, étais, etc.), surveillance du terrain au moyen d'appareils de mesure, sont examinées et, le cas échéant, prévues afin de prévenir les risques d'éboulement, d'effondrement ou d'inondation lors de travaux d'avancement **en terrain instable, meuble ou fortement fracturé**;
- lorsque, en cas de risque de décompression violente, des mesures de protection consistant à installer des filets, des cintres, des tirants ou autres sont prises afin de consolider à temps la roche.

11.3 Choix des installations techniques de consolidation des sections excavées

Le choix des installations techniques de consolidation des sections excavées doit s'effectuer de façon que les personnes chargées d'exécuter ces travaux soient protégées le mieux possible contre les risques d'éboulement, en utilisant par exemple:

- des engins d'ancrage;
- des manipulateurs pour revêtements en béton projeté;
- des engins de pose de cintres;
- des voussoirs.

11.4 Élimination des roches instables

Les roches instables doivent être éliminées au moyen **d'équipements de travail** tels que pelles excavatrices munies de racloirs, marteaux-piqueurs ou plate-forme de travail élévatrice et barres de purge.

Après chaque volée, il y a lieu de contrôler l'état de l'excavation et d'enlever les roches instables.

11.5 Exigences relatives aux plates-formes de travail élévatoires

Afin d'éviter qu'un travailleur puisse se faire coincer entre la plate-forme de travail élévatrice et la paroi d'une excavation, la plate-forme de travail doit être manœuvrée directement par le travailleur qui se trouve dans celle-ci.

Afin que les personnes travaillant sur la plate-forme soient protégées contre les chutes de roches dans des sections de tunnel non-consolidées, les plates-formes élévatoires seront munies d'un toit de protection recouvrant au moins une partie de leur surface.

12 Protection contre les incendies et substances dangereuses

Prévention et protection contre les incendies

Des mesures de protection et d'alimentation en eau doivent être prises concernant les bâtiments temporaires construits en surface à moins de 12 mètres d'une ouverture donnant accès au chantier souterrain. Ces mesures de protection sont spécifiées à la section 8, article 8.1 du CSTC.

Substances dangereuses

Lorsque des substances dangereuses sont produites, transformées, utilisées, conservées, manipulées ou entreposées, ou lorsque, d'une manière générale, des travailleurs peuvent être exposés à des substances dont la concentration met leur santé en danger, les mesures de prévention exigées par les propriétés de ces substances doivent être prises.

Des mesures de prévention doivent être prises afin de prévenir des incendies et d'éviter, en cas d'incendie, d'éventuels effets sur la santé et la sécurité des travailleurs.

12.1 Emploi et entreposage de substances inflammables et explosives

Les exigences sont considérées comme remplies si les règles de sécurité suivantes sont respectées :

- lorsque la quantité des substances inflammables et explosives (résine d'ancrage, composants d'explosifs, matériaux d'isolation inflammables, etc.) présente sur les chantiers souterrains n'excède pas la quantité nécessaire sur le moment. Ces substances doivent être entreposées et déposées en lieu sûr, si possible hors du chantier souterrain; dans le cas contraire, il faut prendre des mesures de prévention particulières;
- lorsque la quantité de matériaux de construction n'excède pas la quantité nécessaire sur le moment;
- lorsque des mesures de prévention contre les incendies sont prises lors de l'utilisation de ces substances et matériaux.

L'essence ou les gaz de pétrole liquéfiés ne doivent pas être descendus, emmagasinés ou utilisés dans un chantier souterrain. Cependant, le propane en cylindre peut être utilisé pour la soudure.

Lors des travaux de soudure l'entrepreneur devra s'assurer de fournir des écrans résistant au feu pour protéger les matériaux de construction, avec la présence à proximité de 2 extincteurs de type ABC, pleins, 10lb minimum, étiquetés et vérifiés par

une autorité compétente à l'intérieure d'une année. L'entrepreneur assurera une surveillance constante des lieux.

L'huile et la graisse doivent être emmagasinées sous terre dans des récipients fermant hermétiquement:

- a) placés à des distances sûres des dépôts d'explosifs, des stations électriques et des recettes de puits; et
- b) en quantité n'excédant pas celle qui est nécessaire pour 1 semaine.

12.2 Élimination des déchets

Les débris de bois, papier, textile et autres rebuts de matériaux combustibles doivent être, tous les jours:

- a) sortis du chantier souterrain; et
- b) enlevés autour des bâtiments temporaires de surface.

13 Vêtements à haute visibilité

Les travailleurs doivent porter des vêtements de couleurs voyantes couvrant toutes les parties du corps et munis de bandes réfléchissantes

Lors de l'achat de vêtements à haute visibilité, il faut notamment tenir compte, outre le confort et l'aspect fonctionnel, de l'inflammabilité des matériaux utilisés ainsi que de leur comportement au contact des flammes et des étincelles.

14 Formation

L'ensemble des intervenants au chantier (gestionnaires, travailleurs, professionnels) devront participer à une séance d'accueil animée par le représentant SST de l'Université McGill afin d'être informés des conditions et règles du *Programme cadre de prévention construction de l'Université McGill*, notamment les directives sur le guide de construction d'un tunnel par abattage à l'explosif, le plan des mesures d'urgence de l'Université McGill.

15 Engagements

Tous les intervenants au chantier (gestionnaires, travailleurs, professionnels) devront adhérer et confirmer par écrit leur engagement personnel pour le respect des conditions et règles du Programme cadre de prévention construction de l'Université McGill. Tous les gestionnaires et travailleurs de l'entrepreneur et de ses sous-traitants devront adhérer à leur programme de prévention respectif, ainsi qu'à leur plan des mesures d'urgence spécifiques au chantier et ce par une confirmation écrite.

16 Qualifications

Avant le début des travaux les concernant, tous les intervenants étant appelés à prendre des mesures environnementales devront pouvoir attester de leur qualification par une carte de compétence émise par une organisation reconnue ou une attestation officielle.

Aucune personne de moins de 18 ans ne doit être employée sous terre, au front de taille de travaux à ciel ouvert ou au fonctionnement de l'équipement servant à hisser ou déplacer des objets : Réf : CSTC art 8.13.1.

17 Registre des mesures environnementales

Les résultats des prises mesures environnementales liées au CO et NOx devront être consignés dans un registre disponible en tout temps au bureau de chantier de l'entrepreneur et remis à la fin des travaux au gestionnaire de projet de l'Université de McGill.

Les spécifications des relevés sont les suivantes pour l'entrepreneur responsable des travaux.

- Un minimum de deux fois par jour sur le site et les bâtiments attenants
- La première prise doit être effectuée au minimum une (1) après le début du quart de travail

18 Mesures particulières de sécurité

Compte tenu du contexte et de l'environnement universitaire et institutionnel (Institut neurologique de Montréal) et de la densité de la population, l'entrepreneur devra présenter un plan de travail détaillé au gestionnaire de projet de l'Université McGill pour approbation avant tout début de travaux pouvant mettre en danger ou en péril la population circulant en périphérie du chantier. Ce plan de travail devra inclure les mesures de prévention, de protection et d'atténuation en fonction des risques identifiés.

Des cheminements sécuritaires de circulation devront être mis en place avec les dispositifs assurant leur respect de la part de leur utilisateur.

Note importante : Compte tenu qu'une partie des activités se déroulera sous des bâtiments occupés, l'entrepreneur devra aviser le gestionnaire de l'Université McGill des impacts possibles ou appréhendés afin qu'il puisse en aviser les occupants.

18.1 Bruit

Les travailleurs devront utiliser les équipements de protection individuelle lors des travaux bruyants : bouchons ou coquilles. L'entrepreneur responsable des travaux devra mandater une personne compétente afin de prendre des mesures des niveaux d'intensité de bruits par sonomètre calibré dont la certification de calibration est remise au gestionnaire de projet de l'Université McGill avant son utilisation. Ces lectures permettront à l'entrepreneur responsable de travaux de fournir les équipements de protection individuelle adéquats aux intervenants concernés.

Les lectures par sonomètre seront consignées dans un registre et disponible au bureau de chantier responsable des travaux qui sera remis au gestionnaire de projet de l'Université McGill.

19 Équipements motorisés :

L'entrepreneur devra fournir les attestations conformes et requises des équipements motorisés utilisés sur le chantier notamment pour les grues, camion-grue, pompe à béton, tel que requis au CSTC.

Il est nécessaire que les véhicules moteurs en marche soit tenus loin des entrées des bâtiments adjacents et des entrées d'air du chantier souterrain.

Les équipements motorisés doivent être arrêtés lorsque inutilisés.

20 Contrôle des entrées et sorties du chantier et du tunnel

L'entrepreneur devra rigoureusement tenir un registre des entrées et sorties, tel que spécifié au CSTC à l'article 8.12.3, pour chaque quart de travail de tous les intervenants sur le site, avec l'identification des personnes, leur organisation, l'heure d'entrée et de sortie du chantier et du tunnel. Ce registre doit être localisé au bureau de l'entrepreneur pour consultation en cas d'urgence ou pour vérification des présences sur le chantier. Ce registre devra être conservé et remis au gestionnaire de projet de l'Université McGill à la fin des travaux.

21 Communication

-En cas d'urgence : Tout événement ou situation critique doit être immédiatement communiqué verbalement au gestionnaire de projet de l'Université McGill lors de son occurrence.

-L'entrepreneur a la responsabilité de produire un rapport écrit, clair et détaillé de tout incident ou accident pouvant avoir une incidence sur la sécurité et de le faire parvenir au gestionnaire de projet de l'Université McGill

22 Hygiène

Dans un chantier souterrain les vestiaires et douches doivent être aménagés tel que spécifié à l'article 8.9.1 du CSTC.

De plus l'entrepreneur responsable des travaux doit fournir des vêtements de protection imperméables à la disposition de tout travailleur qui travaille dans une zone d'humidité excessive : réf 8.9.4 du CSTC.

23 Activités de prévention :

L'entrepreneur responsable des travaux exigera de chacun de ses sous-traitants qui aura plus de 5 travailleurs sur le chantier ne pause-sécurité hebdomadaire, avec feuille de présence signée par les participants et travailleurs, les sujets discutés.
Ce formulaire sera remis au gestionnaire de projet de l'Université McGill dans les 72 heures de sa tenue.

L'entrepreneur responsable des travaux et les sous-traitants ayant plus de 5 travailleur devront participer à un comité de chantier SST . Un procès verbal et la signature des présences seront remis au gestionnaire de projet de l'Université McGill.