

Maîtrise en génie minéral - profil professionnel - 3521

RESPONSABLE :

Jean-François Boulanger
819 762-0971 poste 2629

SCOLARITÉ :

45 crédits, Deuxième cycle

GRADES :

Maître en ingénierie

OBJECTIFS :

Le programme de maîtrise a pour but d'approfondir les connaissances technologiques et scientifiques en génie minéral.

Le profil professionnel favorise le développement de la composante professionnelle de la formation du candidat par l'approfondissement des connaissances et l'acquisition d'une spécialité.

Le programme de maîtrise en génie minéral est offert en extension à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue en vertu d'une entente avec Polytechnique Montréal.

CONDITIONS D'ADMISSION :

Base études universitaires

Être détentrice ou détenteur d'un baccalauréat en ingénierie ou d'un diplôme jugé équivalent par Polytechnique Montréal;

OU

Être détentrice ou détenteur d'un diplôme universitaire de premier cycle de nature scientifique ou pouvoir attester d'une formation jugée équivalente;

ET

Avoir obtenu une moyenne cumulative d'au moins 2,75 sur 4,0 ou 3 sur 4,3 dans ses études de 1er cycle, ou l'équivalent agréé par Polytechnique Montréal.

Une candidate ou un candidat peut demander une dérogation à cette règle en présentant à l'appui de sa demande un dossier mettant en évidence ses aptitudes à la poursuite d'études de deuxième cycle (expérience professionnelle pertinente, études subséquentes à l'obtention de son grade de premier cycle).

Obtenir l'appui d'une professeure ou d'un professeur qui accepte d'être votre directrice ou directeur d'études.

Les candidatures internationales devront rencontrer des exigences linguistiques pour l'étude de leur dossier d'admission. Les exigences linguistiques pour la maîtrise peuvent être consultées sur le site internet de Polytechnique Montréal : www.polymtl.ca/admission/etudes-superieures/conditions-dadmission/5-exigences-linguistiques/52-exigences-linguistique-pour-la-maitrise-professionnelle-le-dess-et-le-microprogramme.

PLAN DE FORMATION :

Quatre axes de spécialisation sont disponibles dans la maîtrise en génie minéral :

La personne étudiante choisit ses cours dans un ou plusieurs axes de spécialisation.

Géologie minière : Modélisation géostatistique des gisements. Évaluation minière. Optimisation des exploitations. Planification et contrôle de la production. Traitement des minerais. Minéralisation en milieux sédimentaires et volcaniques. Contexte lithogéochimiques et structuraux des minéralisations.

Géophysique appliquée : Techniques d'analyse et d'interprétation de méthodes électromagnétiques (magnétotellurique), TBF, etc. et de méthodes de potentiel. Cartographie géologique à l'aide de la géophysique (EM, magnétisme, gravimétrie, radiométrie, etc.). Applications de la géophysique à l'exploration minière, à la recherche de l'eau, au génie et à l'environnement. Systèmes intelligents pour l'automatisation des méthodes de traitement et d'interprétation géophysiques.

Géomécanique : Mécanique des roches : développement de méthodes d'essais en place. Géostatistique des propriétés mécaniques des massifs rocheux. Mesures des pressions de terrains. Modélisation de la résistance au cisaillement des massifs

rocheux. Analyse de stabilité en milieux discontinus. Hydrogéologie : mesure de perméabilité en place et en laboratoire. Simulation et analyse numérique. Écoulements et infiltrations (incidence sur la stabilité des ouvrages en rocher et des haldes de déchets miniers). Géologie de l'ingénieur : pétrographie des agrégats et des bétons. Réactivité aux alcalis. Caractérisation des matériaux de carrières.

Hydrogéologie environnementale : Barrières hydrauliques, tapis d'étanchéité et couverture. Auscultation et suivi d'ouvrages, de sites. Problèmes hydrogéologiques et environnementaux posés par les résidus miniers. Cartographie hydrogéologique et risques de contamination. Modélisation physique (laboratoire) et numérique (ordinateur). Amélioration de la qualité des essais hydrauliques in situ et développement de méthodes d'interprétation : piézométrie, essais de perméabilité, essais de pompage. Amélioration de la qualité des essais de perméabilité en laboratoire. Interactions des propriétés hydrauliques, mécaniques et thermiques des géomatériaux naturels ou artificiels. Géostatistique appliquée à la modélisation en hydrogéologie et aux problèmes de contamination. Géophysique appliquée aux problèmes de pollution des nappes.

Cours optionnels

Les étudiantes et étudiants s'engagent dans un programme de profil cours. Les plans d'études sont établis selon les besoins. L'étudiante ou l'étudiant doit obtenir de 30 à 39 crédits dont au plus 9 crédits peuvent parvenir du niveau premier cycle, et par la suite choisir des activités de PROJET ou des activités de STAGE en laboratoire.

Liste des cours :

Géologie minière

COURS DE POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

GML6203	Méthodes magnétiques et gravimétriques en géophysique (3 cr.)
GML6204	Méthodes électriques et électromagnétiques en géophysique (3 cr.)
GML6402A	Géostatistique (3 cr.)
GML6502	Tectonophysique (3 cr.)
GML6503	Géologie structurale et tectonique (3 cr.)
GML6604	Caractérisation minéralogique (3 cr.)
MIN8176	Exploitation en souterrain (3 cr.)

COURS DE L'UQAT

GNM1013	Sujets spéciaux en génie minier (3 cr.)
GNM1016	Traitement d'images (3 cr.)
GNM1019	Géophysique appliquée (3 cr.) *
GNM1021	Introduction au traitement de données et à la modélisation 3D (3 cr.)
GNM1022	Cartographie géologique de 2D à 3D (3 cr.) ou tout autre cours choisi avec l'accord de la direction de programme, notamment parmi les cours optionnels du DESS en génie minier (https://www.uqat.ca/etudes/irme/dess-en-genie-minier-profil-professionnel/).

Géophysique appliquée

COURS DE POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

GML6203	Méthodes magnétiques et gravimétriques en géophysique (3 cr.)
GML6204	Méthodes électriques et électromagnétiques en géophysique (3 cr.)
GML6205	Méthodes sismiques (3 cr.)
GML8201	Techniques géophysiques de proche surface (3 cr.)

COURS DE L'UQAT

EVM1006	Auscultation des ouvrages en environnement minier (2 cr.) *
GNM1016	Traitement d'images (3 cr.)
GNM1019	Géophysique appliquée (3 cr.) *
GNM1021	Introduction au traitement de données et à la modélisation 3D (3 cr.)
GNM1022	Cartographie géologique de 2D à 3D (3 cr.) ou tout autre cours choisi avec l'accord de la direction de programme, notamment parmi les cours optionnels du DESS en génie minier (https://www.uqat.ca/etudes/irme/dess-en-genie-minier-profil-professionnel/).

Géomécanique

COURS DE POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

GLQ8170	Géologie de l'ingénieur (3 cr.)
GML6001	Mécanique des roches I (3 cr.)
GML6002	Mécanique des roches II (3 cr.)
GML6003	Séminaire de géomatériaux (3 cr.)
GML6107	Hydrogéologie (3 cr.)

GML6113	Géothermie de basse température (3 cr.)
GML6402A	Géostatistique (3 cr.)
GML6502	Tectonophysique (3 cr.)
GML6503	Géologie structurale et tectonique (3 cr.)
GML8201	Techniques géophysiques de proche surface (3 cr.)
MEC6404	Éléments finis, concepts et applications (3 cr.)
MEC6405	Analyse expérimentale des contraintes (3 cr.)
MEC6216	Géothermie et applications (3 cr.)

GML6905	Séminaires (1 cr.)
GML6914	Projet de maîtrise IV (15 cr.)
GML6918	Projet d'études supérieures (3 cr.)

* : Disponible à distance

Règlements pédagogiques :

Pour s'inscrire au cours CIV8240, l'étudiante ou l'étudiant doit avoir réussi au moins 70 crédits du baccalauréat en génie minéral.

Pour s'inscrire au cours GLQ8170, l'étudiante ou l'étudiant doit avoir réussi au moins 70 crédits du baccalauréat en génie minéral.

Pour s'inscrire au cours GML6113, l'étudiante ou l'étudiant doit avoir réussi au moins 80 crédits du baccalauréat en génie minéral.

Pour s'inscrire au cours GML8201, l'étudiante ou l'étudiant doit avoir réussi au moins 70 crédits du baccalauréat en génie minéral.

Pour s'inscrire au cours GML8301, l'étudiante ou l'étudiant doit avoir réussi au moins 70 crédits du baccalauréat en génie minéral.

Pour s'inscrire au cours GML8312, l'étudiante ou l'étudiant doit avoir réussi au moins 70 crédits du baccalauréat en génie minéral.

Pour s'inscrire au cours MIN8176, l'étudiante ou l'étudiant doit avoir réussi au moins 70 crédits du baccalauréat en génie minéral.

Pour s'inscrire au cours MIN8373, l'étudiante ou l'étudiant doit avoir réussi au moins 70 crédits du baccalauréat en génie minéral.

PIÈCES SUPPLÉMENTAIRES ET DIRECTIVES PARTICULIÈRES :

- Fournir le nom de la directrice ou du directeur d'études choisie avec sa confirmation.

- Les demandes d'admission pour la Maîtrise en génie minéral (3521) devront nous parvenir pour les dates limites suivantes, le 15 octobre pour la session d'hiver, le 15 avril pour la session d'automne et le 15 janvier pour la session d'été.

- Pour la population étudiante internationale, les dates sont: le 15 mai pour la session d'hiver, le 15 février pour la session d'automne et le 1er novembre pour la session d'été.

Ce programme de Polytechnique Montréal est offert en extension à l'UQAT.

- Un délai de 2 semaines est nécessaire pour l'acheminement des dossiers à Polytechnique Montréal.

Les personnes qui soumettent une candidature pour ce programme doivent fournir, au moment de leur admission, une copie de tous les relevés de notes de leurs études postsecondaires et universitaires.

COURS DE L'UQAT

EVM1002	Géotechnique appliquée à l'environnement minier (3 cr.) *
ou GNM1010	Géotechnique minière (3 cr.)
EVM1003	Hydrogéologie appliquée à l'environnement minier (3 cr.) *
EVM1004	Restauration des sites miniers (3 cr.) *
EVM1006	Auscultation des ouvrages en environnement minier (2 cr.) *
GNM1012	Mécanique des roches (3 cr.)
GNM1013	Sujets spéciaux en génie minier (3 cr.)
GNM1015	Hydrogéologie I (3 cr.)
GNM1020	Restauration des sites miniers : de la théorie à la pratique (3 cr.) (GNM1008) ou tout autre cours choisi avec l'accord de la direction de programme, notamment parmi les cours optionnels du DESS en génie minier (https://www.uqat.ca/etudes/irme/dess-en-genie-minier-profil-professionnel/).

Hydrogéologie environnementale

COURS DE POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

CIV6205	Impacts des projets sur l'environnement (3 cr.)
CIV6301	Hydrologie (3 cr.)
CIV6406	Écoulement des eaux dans les sols (3 cr.)
CIV8240	Traitement de l'eau et des rejets (3 cr.)
GML6003	Séminaire de géomatériaux (3 cr.)
GML6107	Hydrogéologie (3 cr.)
GML6109	Stockage géologique des déchets (3 cr.)
GML6112	Environnement minier et restauration des sites (3 cr.)
GML6402A	Géostatistique (3 cr.)
GML8114	Hydrogéologie des contaminants (3 cr.)
GML8201	Techniques géophysiques de proche surface (3 cr.)
GML8301	Méthodes de minage en souterrain avec remblai (3 cr.) (MIN8176)
GML8312	Gestion intégrée des rejets miniers (3 cr.) (MIN8373)
MIN8373	Environnement et gestion des rejets miniers (3 cr.)

COURS DE L'UQAT

EVM1001	Développement durable et évaluation environnementale (2 cr.) *
EVM1002	Géotechnique appliquée à l'environnement minier (3 cr.) *
ou GNM1010	Géotechnique minière (3 cr.)
EVM1003	Hydrogéologie appliquée à l'environnement minier (3 cr.) *
EVM1004	Restauration des sites miniers (3 cr.) *
ou GNM1008	Environnement minier et méthodes de restauration (3 cr.)
EVM1006	Auscultation des ouvrages en environnement minier (2 cr.) *
EVM1007	Traitement des eaux minières contaminées (2 cr.) *
ou GNM1021	Introduction au traitement de données et à la modélisation 3D (3 cr.)
EVM1008	Caractérisation environnementale de rejets miniers et de minerais (2 cr.) *
EVM1009	Traitement des minerais : défis et opportunités en environnement minier (2 cr.) *
EVM1010	Méthodes de gestion des résidus miniers fins (2 cr.) *
EVM1011	Végétalisation des sites miniers (2 cr.) *
ou GNM2011	Végétalisation des sites miniers : de la théorie à la pratique (3 cr.)
EVM1012	Polluants atmosphériques miniers (2 cr.) *
EVM1013	Règlementation environnementale minière (1 cr.) *
GNM1001	Minéralogie appliquée à l'étude des minerais et leur traitement (3 cr.)
GNM1002	Remblais miniers (3 cr.)
GNM1005	Flottation des minerais (3 cr.)
GNM1012	Mécanique des roches (3 cr.)
GNM1013	Sujets spéciaux en génie minier (3 cr.)
GNM1015	Hydrogéologie I (3 cr.)
GNM1016	Traitement d'images (3 cr.)
GNM1017	Hydrogéochimie environnementale dans un contexte minier (3 cr.)
GNM1018	Traitement des effluents miniers (3 cr.)
GNM1019	Géophysique appliquée (3 cr.) *
GNM1020	Restauration des sites miniers : de la théorie à la pratique (3 cr.) (GNM1008) ou tout autre cours choisi avec l'accord de la direction de programme, notamment parmi les cours optionnels du DESS en génie minier (https://www.uqat.ca/etudes/irme/dess-en-genie-minier-profil-professionnel/).

PROJET, SÉMINAIRE ET STAGES

L'étudiant choisit de 6 à 15 crédits parmi les cours suivants :

CIV6966S	Stage en milieu de travail à temps partiel (12 cr.)
CIV6972S	Stage en milieu de travail (12 cr.)
GML6901	Projet de maîtrise en ingénierie I (6 cr.)
GML6902	Projet de maîtrise en ingénierie II (9 cr.)
GML6903	Projet de maîtrise en ingénierie III (12 cr.)

CIV6205**Impacts des projets sur l'environnement**

Objectifs : À la fin du cours, la personne étudiante sera en mesure : - d'appliquer les méthodologies propres aux études d'impact sur l'environnement (ÉIE) ; - de comprendre les enjeux sociaux et biophysiques reliés aux études d'impacts sur l'environnement ; - de juger des impacts d'un projet ; - d'appliquer les principes de la gouvernance environnementale et du développement durable dans son travail ; - de s'intégrer à une équipe professionnelle ayant comme mandat de mener à terme une ÉIE, ou à une équipe d'un secteur de l'administration publique chargée d'encadrer le processus des ÉIE ; - de formuler des recommandations suite à des résultats d'étude d'impacts sur l'environnement. Le cours vise à former les ingénieurs ou autres scientifiques aux impératifs de l'évaluation environnementale (ÉIE) telle qu'elle s'applique aux projets, aux plans, aux programmes et aux politiques, en insistant plus particulièrement sur les conséquences techniques des projets et sur une vision systémique de la gouvernance environnementale et du développement durable.

Contenu : Processus et cadres d'évaluation et d'examen des impacts des projets, des plans et des programmes. Examen des diverses réglementations, québécoise et canadienne. Participation et audiences publiques (BAPE). Analyse des impacts et méthodologies. Préparation et rédaction d'une étude d'impact. Examens de qualité. Aspects biophysiques, humains et socio-économiques. Audits et systèmes de management environnementaux (SME). Évaluations environnementales stratégiques. Études de cas.

CIV6301**Hydrologie**

Objectifs : À la fin du cours, la personne étudiante sera en mesure : - d'utiliser les différents outils d'évaluation de la ressource eau disponibles; - de résoudre des problèmes pratiques ayant un lien avec la gestion de l'eau tels que fréquemment rencontrés dans la conception et l'exploitation des structures hydrauliques; - de proposer et d'implanter des solutions viables et innovatrices en gestion de l'eau; - de s'investir à la recherche et à la communication des connaissances et de produire des résultats suite aux travaux de recherche.

Contenu : Introduction à l'hydrologie paramétrique. Mesures et acquisition des données en hydrologie. Analyse des fréquences et du risque en hydrologie. Modélisation hydrologique : bassins urbains, bassins ruraux, petits bassins, grands bassins. Design en hydrologie : structures mineures et structures majeures. Études spéciales de quelques phénomènes : influence des changements climatiques sur le régime hydrologique des cours d'eau, développement durable. Fonte de neige. Gestion des eaux et source des conflits.

Crues, précipitations, fonte de neige et sédimentation.

CIV6406**Écoulement des eaux dans les sols**

Objectifs : À la fin du cours, la personne étudiante sera en mesure : - de modéliser un contexte d'écoulement en milieu poreux en régime permanent pour des conditions bidimensionnelles avec conditions aux frontières connues et inconnues (écoulement à surface libre), - d'analyser l'aspect écoulement dans les sols pour des applications pratiques du génie civil comme les ouvrages de retenue d'eau, les infrastructures routières, la stabilisation des talus, et - de concevoir des ouvrages de rabattement de nappe et d'évaluer les caractéristiques techniques des équipements requis. Le cours vise ainsi à : - faire un rappel des notions de base en hydrodynamique et en mécanique des sols et intégrer ces deux disciplines pour procéder à une évaluation réaliste des conditions de stabilité des massifs de dépôts meubles intimement liées au régime d'écoulement souterrain, et - fournir un outil analytique adéquat pour l'évaluation des débits d'infiltration, des gradients hydrauliques de sortie et des pressions hydrostatiques impliqués dans les ouvrages enterrés.

Contenu : Écoulement permanent en milieux homogènes et multicouches, saturés/non saturés, isotropes et anisotropes. Solutions graphiques, analogiques et numériques. Applications aux travaux de génie civil : barrages en remblai (gradients critiques, boulanges, érosion interne, filtres granulaires et géo synthétiques); infrastructures routières et talus (systèmes de drainage interne). Assèchement des fouilles (utilisation des réseaux et des formules analytiques, choix des méthodes de rabattement de nappe).

CIV6966S**Stage en milieu de travail à temps partiel****Objectifs :**

Contenu : Stage d'une durée maximale de 30 semaines (540 heures)* effectué à temps partiel sur deux trimestres consécutifs permettant à l'étudiant de réaliser ou de participer à un ou des projets de recherche, de développement, de conception, d'application, d'implantation ou d'évaluation dans un milieu de travail. Il s'adresse exclusivement aux candidats inscrits à un programme de maîtrise professionnelle. Il se fait sous la supervision conjointe d'un professeur de l'École et d'un professionnel du milieu de travail. L'étudiant doit remettre un rapport à la fin du stage (à la fin de son deuxième trimestre de stage à temps partiel). * Minimum de 450 heures de travail.

CIV6972S**Stage en milieu de travail****Objectifs :**

Contenu : Stage d'une durée maximale d'un trimestre de 15 semaines (540 heures)* effectué à temps plein

permettant à l'étudiant de réaliser ou de participer à un ou des projets de recherche, de développement, de conception, d'application, d'implantation ou d'évaluation dans un milieu de travail. Il s'adresse exclusivement aux candidats inscrits à un programme de maîtrise professionnelle. Il se fait sous la supervision conjointe d'un professeur de Polytechnique Montréal et d'un professionnel du milieu de travail. L'étudiant doit remettre un rapport à la fin du stage. * Minimum de 450 heures de travail.

CIV8240**Traitement de l'eau et des rejets****Objectifs :**

Contenu : Traitement de l'eau et des rejets dans une perspective de services publics (génie municipal). Sources de contamination. Caractéristiques des eaux de surface, des eaux souterraines et des eaux usées municipales. Exigences réglementaires pour la qualité de l'eau potable et le rejet d'eaux usées. Traitement des eaux par procédés physiques et chimiques: coagulation, floculation, décantation, filtration, désinfection, stabilisation, oxydation, précipitation. Procédés biologiques: biomasse libre (carbone organique, azote, phosphore) et biomasse fixée, en conditions aérobie et anaérobie. Gestion et traitement des déchets solides et dangereux, des sols contaminés et des rejets gazeux. Visites industrielles.

EVM1001**Développement durable et évaluation environnementale**

Objectifs : Connaître les concepts de développement durable et les processus d'évaluation environnementale, en particulier les études d'impacts sur l'environnement, dans le contexte de l'industrie minière.

Contenu : Développement durable : définitions, principes, indicateurs, outils. Application du développement durable à l'industrie minière. Processus d'évaluation environnementale : étude d'impacts sur l'environnement, analyse du cycle de vie, évaluation environnementale stratégique. Réglementation en vigueur. Applications et exemples de cas provenant de l'industrie minière.

EVM1002**Géotechnique appliquée à l'environnement minier**

Objectifs : Intégrer les différents aspects liés aux propriétés physiques, mécaniques et hydrogéologiques nécessaires pour l'étude de la stabilité physique des ouvrages miniers et à la gestion environnementale des rejets.

Contenu : Propriétés mécaniques et hydrogéotechniques des matériaux meubles (sols, rejets miniers) et leur méthode de détermination au laboratoire. Principes de base des écoulements en conditions saturées et non saturées et techniques de mesures des paramètres (au laboratoire et sur le terrain). Principes d'analyse et de conception d'emplacements et de digues

pour rejets miniers (consolidation et tassement, résistance au cisaillement, pression des terres, stabilité des pentes). Aspects géotechniques du guide de gestion des parcs à résidus élaboré par l'Association Minière du Canada.

EVM1003**Hydrogéologie appliquée à l'environnement minier**

Objectifs : S'initier aux notions d'hydrogéologie et d'hydrologie et à leurs applications au domaine de l'environnement minier, en considérant les lois et règlements en vigueur.

Contenu : Cycle et bilan de l'eau. Identification géologique de l'aquifère. Propriétés hydrogéologiques des milieux poreux et facteurs d'écoulement des eaux souterraines : porosité, perméabilité, transmissivité, coefficient d'emmagasinement, gradient hydraulique, niveau piézométrique, sens d'écoulement de l'eau, relation entre les eaux souterraines et les eaux de surface. Mesure des niveaux piézométriques, techniques d'échantillonnage des eaux. Évaluation de l'atténuation du contaminant qui se déplace dans un milieu poreux. Règlement sur le captage des eaux souterraines.

EVM1004**Restauration des sites miniers**

Objectifs : Acquérir les connaissances et outils qui permettent de comprendre les mécanismes de formation du drainage minier acide (DMA) qui est le principal problème environnemental de l'industrie minière, ainsi que les solutions pratiques les plus appropriées pour y remédier en mode prévention et en mode contrôle.

Contenu : La problématique générale du DMA et les principales méthodes de prédiction du DMA; les notions de base sur les méthodes de prévention du DMA basées sur la gestion des rejets (désulfuration, déposition subaquatique, méthodes alternatives de gestion de rejets) et sur les méthodes de contrôle du DMA ou méthodes de restauration : inondation des rejets, recouvrements multicouches, nappe phréatique surélevée.

EVM1006**Auscultation des ouvrages en environnement minier**

Objectifs : Maîtriser le fonctionnement, l'utilisation et l'interprétation des données obtenues des divers dispositifs de monitoring des propriétés hydrogéotechniques des ouvrages utilisés dans le domaine de l'environnement minier.

Contenu : Fondements sur la construction des digues de confinement des rejets de concentrateur et problèmes de stabilité physiques. Fondements sur les méthodes de restauration des sites miniers : recouvrements en sol et en eau. Fondements de métrologie : notions sur les erreurs (fidélité, justesse, précision, sensibilité, résolution, répétabilité et reproductibilité de

mesures). Auscultation des digues de confinement de rejets miniers : suivi du compactage, des pressions interstitielles (piézomètres), contraintes totales (capteurs de pression), tassements verticaux (tassomètres), mouvements de surface (extensomètres), déplacement horizontal et rotations (inclinomètres). Inspection visuelle des digues de confinement de rejets miniers. Auscultation des recouvrements en sol utilisés pour la restauration des sites miniers : suivi de teneur en eau volumique, succion, température du sol, concentration d'oxygène interstitiel, infiltration, paramètres météorologiques, essai de traçage, débit des effluents, débits de percolation (lysimètres). Auscultation des recouvrements en eau : suivi hydrogéochimique et hydrodynamique. Auscultation géophysique des ouvrages.

EVM1007

Traitement des eaux minières contaminées

Objectifs : Apprendre les processus impliqués dans la génération et le traitement des effluents miniers. Maîtriser l'application des principes de base en traitement des eaux dans le cas des effluents miniers contaminés. Comprendre les interactions entre les contaminants spécifiques à l'industrie minière et l'environnement. Acquérir les connaissances nécessaires pour la sélection, le design, la construction, l'opération et le suivi des systèmes de traitement des eaux minières. Apprendre le rôle, l'importance, les avantages et les limitations des essais de laboratoire par rapport aux essais de terrain. Discuter des systèmes réels de traitement des eaux minières contaminées, sur les processus impliqués, les mécanismes d'enlèvement / concentration / destruction, la performance à long terme et la stabilité des boues générées.

Contenu : Activité minière et sources potentielle de contamination de l'eau. Retour sur la réglementation provinciale (Directive 019) et fédérale (Règlement sur les effluents des mines de métaux) sur la qualité physico-chimique et de toxicité aquatique des effluents miniers. Stratégies de traitement des eaux contaminées. Sources, caractéristiques, principes et objectifs de traitement, et mécanismes d'enlèvement des contaminants spécifiques à l'industrie minière, tels que les métaux/métalloïdes, l'azote ammoniacal, les cyanures, le sulfate, les thioisels, les phosphates, la salinité, la radioactivité, les terres rares et les matières en suspension. Présentation et discussion des exemples de cas réels. Critères de sélection et conception, étapes à suivre et essais à réaliser au laboratoire et sur le terrain, avant la construction d'un système de traitement des eaux minières contaminées à pleine échelle.

EVM1008

Caractérisation environnementale de rejets miniers et de minerais

Objectifs : Acquérir des connaissances théoriques et pratiques relatives à l'identification des principaux minéraux, ainsi qu'aux principaux essais utilisés

dans les caractérisations environnementales de rejets miniers et de minerais. Comprendre les stratégies d'échantillonnage et de caractérisation permettant de prédire le potentiel polluant de rejets miniers et de minerais.

Contenu : Introduction générale à la minéralogie et aux principes physiques d'observation en lumière transmise et réfléchie. Notions de base et fondements de la radiocristallographie et en particulier de la diffraction-X. Principes de base de la cristalochimie. Étude des minéraux communs : sulfures, oxydes et hydroxydes, carbonates, sulfates et silicates. Caractérisations chimiques de base. Prédiction du drainage minier contaminé (drainage minier acide, DMA, et drainage neutre contaminé, DNC) : essais statiques (essais de type Sobek et variantes, essais NAG et variantes, essais minéralogiques) et cinétiques (cellules humides, colonnes, mini-cellules d'altération, essais en barils de terrain, parcelles expérimentales) et interprétation de ces essais.

EVM1009

Traitement des minerais : défis et opportunités en environnement minier

Objectifs : Connaître les principaux procédés de traitement des minerais utilisés dans les opérations de métaux de base et d'or. Comprendre l'influence de ces procédés sur les problématiques associées aux rejets miniers.

Contenu : Mesures de séparation et bilans métallurgiques, comminution, classification, concentration gravimétrique, flottation, lixiviation, désulfuration, destruction des cyanures, épauississement et filtration. Concept de la géométagallurgie.

EVM1010

Méthodes de gestion des résidus miniers fins

Objectifs : Acquérir une formation de base sur les méthodes de gestion des résidus miniers fins (ou rejets de concentrateur) dans un contexte de développement durable. Se familiariser avec les deux principaux modes de stockage des résidus miniers fins : la déposition en surface et le remblayage souterrain. Connaître les différentes techniques et technologies mises en jeu dans le processus de gestion des résidus miniers fins. Maîtriser les démarches conceptuelles et de mise en œuvre de ces deux modes de stockage des résidus miniers fins.

Contenu : Déposition en surface des résidus miniers fins : les différentes techniques de déposition en surface des pulpes de résidus, des résidus épauissés (avec ou sans inclusions de stériles), des résidus en pâte et des résidus filtrés; transport de ces résidus jusqu'au point de déposition; avantages et inconvénients des techniques; propriétés hydro-géotechniques et mécanique des résidus; vulnérabilité des ouvrages de retenue de ces résidus; comportement environnemental de ces dépôts de résidus; calcul des coûts relatifs à la mise en œuvre de ces techniques. Remblayage souterrain : typologie des

remblais cimentés faits des résidus miniers fins; typologie des résidus miniers destinés à la fabrication des remblais cimentés souterrains; méthodes de fabrication des remblais miniers cimentés à l'usine; transport du remblai cimenté à travers les réseaux de pipelines; formulations des recettes de mélange de remblais et calcul des coûts du ciment; mise en place du remblai dans les vides souterrains et leur comportement in situ; comportement environnemental des chantiers remblayés.

EVM1011

Végétalisation des sites miniers

Objectifs : Acquérir les connaissances de base théoriques et pratiques relatives aux interactions plantes-substrats miniers. Se familiariser avec le contexte réglementaire, écologique et de développement durable associé à la végétalisation des sites miniers. Développer des aptitudes à concevoir un plan de végétalisation minière dans la zone boréale. Acquérir de l'expérience à travers l'étude de cas réels et des mises en situation.

Contenu : Guide de restauration du MERN. Cadre conceptuel de la végétalisation minière (succession végétale, réhabilitation vs restauration écologique, ingénierie écologique, évolution à long terme et stabilité). Types de sites miniers (sablères, tourbières, mines de métaux, sites en exploitation vs sites abandonnés). Types de rejets miniers (générateurs ou pas d'acide, roches stériles, résidus de concentrateurs, boues de traitement des eaux). Limitations à l'établissement des plantes sur rejets miniers (facteurs abiotiques : ressources vs modulateurs). Besoins des plantes, écophysiologie, propriétés et processus fonctionnels du système plantes-substrats. Végétalisation naturelle vs assistée. Amélioration du substrat (fertilisation, amendement, couverture de sol), valorisation de matières résiduelles fertilisantes, coûts de végétalisation. Choix du matériel végétal (ligneux vs herbacées, espèces pionnières, plantes abri, facilitation vs compétition, symbioses, tolérance aux stress, indigènes vs exotiques). Étapes d'un plan de végétalisation et suivi qualité. Arbres et services écologiques (fixation de carbone, production de biomasse). Phytoremédiation (phytostabilisation, phytoextraction des métaux). Plantes et stabilité géotechnique (stabilisation des pentes, érosion, désaturation en eau). Plantes et recouvrements à effet de barrière (biointrusion, bilan hydrique, consommation d'oxygène).

EVM1012

Polluants atmosphériques miniers

Objectifs : Identifier les principales sources de polluants atmosphériques miniers et connaître les techniques d'échantillonnage et les méthodes de caractérisation des polluants atmosphériques. Aborder les techniques permettant d'atténuer ces pollutions atmosphériques.

Contenu : La nature et la source des polluants atmosphériques miniers et leurs impacts sur l'environnement et la santé des populations. Les techniques d'échantillonnage et d'analyse, la chimie de l'atmosphère, les modèles de dispersion atmosphérique, la législation, les techniques de captage des gaz et des vapeurs et le dimensionnement des équipements. Les poussières générées sur les sites miniers et les techniques qui permettent d'atténuer ces pollutions seront également abordées.

EVM1013

Règlementation environnementale minière

Objectifs : Acquérir les connaissances nécessaires sur les lois et les règlements qui encadrent les activités minières au Québec.

Contenu : Les normes, lois, règlements et directives en lien avec l'industrie minière du Québec et du Canada. Les lois et règlements à suivre durant les opérations : objectifs environnementaux de rejets (OER), programme de réduction de rejets industriels (PRRI), attestation d'assainissement, règlement sur les effluents des mines de métaux (REMM) et Directive 019, étude de suivis des effets sur l'environnement (ESEE). Rôle du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec et du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles.

GLQ8170

Géologie de l'ingénieur

Objectifs :

Contenu : Rôle de l'ingénieur géologue dans les travaux de construction civils. Méthodes d'exploration. Cartes géologiques et géotechniques. Instrumentation géotechnique. Géomatériaux utilisés en construction, pétro-ingénierie. Pétrographie des granulats et problèmes de réactivité. Injections des massifs rocheux. Choix des méthodes d'excavation. Modèles de prédiction de la performance des méthodes d'excavation au rocher (forage-sautage, tunneliers, mineurs en continu, brises-roche). Principes de conception des tunnels et des fondations au rocher.

GML6001

Mécanique des roches I

Objectifs :

Contenu : Applications de la mécanique des roches aux travaux d'ingénierie. Propriétés des roches : mécanismes de déformation et de rupture, facteurs d'influence, modèles constitutifs. Propriétés des massifs rocheux : résistance au cisaillement des discontinuités géologiques et des massifs fragmentés, modèles d'extrapolation des résultats d'essais en laboratoire, modèles constitutifs. Instabilités des excavations souterraines par excès de contraintes : états de contraintes, stabilité à court et à long terme, soutènement naturel, soutènement artificiel. Fondations :

capacité portante des massifs rocheux, prévision des tassements, calcul des fondations. Design des conduites forcées : conduites non revêtues, calcul des revêtements de béton et des blindages d'acier.

GML6002

Mécanique des roches II

Objectifs : Objectifs généraux : Donner à la personne étudiante les outils nécessaires pour procéder à l'investigation d'un site dans le but de réaliser des travaux d'ingénierie en rocher et de concevoir des conduites forcées et des fondations avec des modèles analytiques, empiriques et numériques. Objectifs particuliers : À la fin du cours, la personne étudiante sera en mesure : - de comprendre les principes de l'instrumentation et leurs domaines d'application; - de choisir des essais en place requis pour l'obtention de certains paramètres de design; - d'interpréter les résultats des essais en place; - d'évaluer l'influence du remaniement; - de choisir la technique de mesure de contrainte appropriée à un contexte donné; - d'interpréter des résultats de mesure de contrainte; - de procéder à des relevés structuraux et de présenter les résultats dans une forme interprétable; - de déterminer des caractéristiques statistiques des familles d'éléments structuraux; - de procéder à des analyses de stabilité par projection stéréographique méridienne pour des talus et des souterrains; - de déterminer des pressions hydrauliques dans des massifs rocheux; - de modéliser les écoulements dans les discontinuités géologiques; - de concevoir des conduites forcées et des fondations en rocher.

Contenu : Investigation de sites. Détermination des propriétés des roches : essais en laboratoire, propriétés résistantes, relations contrainte-déformation, dispersion, échantillonnage, échelle, forme, saturation. Détermination des propriétés des massifs rocheux: essais en place. Pressions de terrains : techniques de mesure, choix des techniques, modèles de calcul des contraintes. Relevés structuraux : orientation préférentielle, dispersion, écart. Systèmes de classification géomécanique des massifs. Instabilités structurales: analyses de stabilité par projection stéréographique, talus, souterrains. Pressions hydrauliques.

GML6003

Séminaire de géomatériaux

Objectifs : À la fin du cours, la personne étudiante sera en mesure : - de décrire clairement et rigoureusement, par écrit et oralement, la nature des problématiques étudiées et l'état des connaissances associées; - d'analyser et de synthétiser un ensemble d'articles touchant des sujets connexes à son domaine de formation et de recherche; - de réaliser, sous supervision, des essais de laboratoire ou de simulation informatique; - d'expliquer et d'interpréter critiqueusement les résultats obtenus d'essais de laboratoire ou de simulation informatique; - de comparer

les différentes méthodes de solution au problème étudié et de recommander les plus pertinentes.

Contenu : Formation individualisée offerte aux étudiants et étudiantes par un (ou plusieurs) professeur(s), afin d'acquérir des connaissances d'appoint sur des sujets qui sont peu ou pas couverts dans les autres cours disponibles. Rencontres hebdomadaires portant sur des lectures d'articles scientifiques, des essais de laboratoire, des analyses, des calculs types ou des simulations informatiques. Présentations orales sur des sujets d'intérêt, offertes au département et ailleurs. Rapport synthèse et présentation orale.

GML6107

Hydrogéologie

Objectifs : Le cours vise à faire acquérir à la personne étudiante des connaissances avancées en hydrogéologie, que ce soit pour la recherche en eau potable, l'évaluation des écoulements naturels ou des migrations de contaminants. À la fin du cours, la personne étudiante sera en mesure : - d'utiliser les divers outils de l'hydrogéologue, - de planifier une étude hydrogéologique, - d'analyser ses différentes composantes (essais en place, en laboratoire, corrélations), - de porter un jugement critique sur les différentes méthodes disponibles et les divergences éventuelles de leurs résultats.

Contenu : Principes et équations des écoulements souterrains. Problèmes divers d'ingénierie reliés aux eaux souterraines. Essais de perméabilité en laboratoire. Anisotropie. Réseaux d'écoulement. Transport, diffusion et mécanismes physico-chimiques et migration des contaminants. Détermination des caractéristiques hydrogéologiques en place. Essais de pompage. Écoulement en milieux fissurés.

GML6109

Stockage géologique des déchets

Objectifs :

Contenu : Sélection de sites pour entreposage de déchets liquides ou solides. Barrières naturelles ou construites. Tapis d'étanchéité en argil, sol-bentonite, géomembranes. Couvertures multicouches et barrières capillaires. Coupures verticales, parois moulées, tranchées de boue. Critères de conception, méthodes de construction, surveillance de la performance. Systèmes de drainage, filtration et collecte de lixiviat. Études de cas pour des stockages en surface ou à grande profondeur. Notions d'études en laboratoire et de modélisation numérique des phénomènes.

GML6112

Environnement minier et restauration des sites

Objectifs :

Contenu : Problématique de gestion des rejets miniers. Processus de formation du drainage minier acide (DMA).

Techniques de prédictions du DMA. Modélisation géochimique du DMA. Mouvements de l'eau et des gaz. Méthodes de contrôle du DMA. Couvertures en eau, couvertures multicouches. Traitement biologique passif du DMA. Étude de cas.

GML6113

Géothermie de basse température

Objectifs :

Contenu : Transfert de chaleur en milieux poreux et fracturé, saturé et non saturé, avec et sans advection. Traçage thermique et mesures de terrain et de laboratoire en géothermie. Méthodes avancées d'interprétation des essais de réponse thermique. Conception des systèmes géothermiques utilisant des boucles ouvertes, des puits à colonne, des boucles fermées horizontales ou des piliers et fondations énergétiques. Interférence thermique et hydraulique. Efficacité énergétique, coûts de construction et optimisation financière. Modélisation couplée des processus thermique et hydraulique dans un champ géothermique. Stockage thermique souterrain. Utilisation des échangeurs géothermiques et des thermosiphons pour le refroidissement des pergélisols, des haldes et parcs à résidus, pour le chauffage des sols et la dégradation des contaminants organiques.

GML6203

Méthodes magnétiques et gravimétriques en géophysique

Objectifs : À la fin du cours, la personne étudiante sera en mesure : - d'interpréter quantitativement les données gravimétriques et magnétiques de levés de prospection géophysique ; - de décrire les diverses méthodes de modélisation et d'inversion ; - de réaliser des codes d'inversion avec contraintes ; - de décrire les limites de l'interprétation et les erreurs associées ; - de définir la géométrie des sources et la dimension associée (2D, 2½D, 3D) ; - de critiquer les méthodes utilisées.

Contenu : Théorie du potentiel (gravimétrique, magnétique); théorème de Gauss, existence du potentiel (problèmes interne et externe), conditions de Dirichlet et Neumann, prolongement des champs. Modélisations numériques bi- et tridimensionnelles : méthode par intégrale de surface et de contour, méthode par volumes finis. Méthodes inverses : moindres carrés, existence de la solution. Problèmes surdéterminés, inverse généralisé, méthode SVD, moindres-carrés amortis, Marquardt-Levenberg. Problèmes sous-déterminés : régularisation ; structure minimum, support compact. Récents développements en gravimétrie et magnétométrie.

GML6204

Méthodes électriques et électromagnétiques en géophysique

Objectifs : À la fin du cours, la personne étudiante sera en mesure : - de traiter des données magnétotelluriques (MT); - de produire une interprétation 1D et 2D

de sondages magnétotelluriques : degré de distorsion, direction structurale, modèle de résistivité électrique; - de traiter les données de sondages magnétotelluriques dans le domaine du temps (« TEM »); - de produire une interprétation 1D et pseudo-2D de sondages « TEM » : modèle de résistivité électrique; - de planifier une campagne de mesures MT ou « TEM » en fonction du problème géologique donné : pas d'acquisition des sondages, gamme de fréquences ou de temps, résolution spatiale; - de déterminer les limites de résolution : analyse de sensibilité, erreurs, profondeur d'investigation.

Contenu : Principes de propagation des ondes électromagnétiques et interaction avec les matériaux terrestres. Méthode magnétotellurique : théorie, notion de tenseur d'impédances et ses propriétés, acquisition et traitement des données, correction pour la distorsion galvanique et l'effet statique. Modélisation numérique bi- et tridimensionnelle. Interprétation : méthodes inverses en 1D, 2D et 3D. Cas d'applications aux domaines de l'exploration, de l'hydrogéologie et de la géothermie. Méthodes électromagnétiques transitoires dans le domaine temporel : théorie, détermination des réponses par transformée de Laplace des réponses dans le domaine de fréquence, concept des ronds de fumée, acquisition et traitement des données pour les systèmes au sol, en forage et en aéroporté. Modélisation numérique bi- et tridimensionnelle. Interprétation : méthodes inverses en 1D et pseudo-2D. Cas d'applications aux domaines de l'exploration et de l'environnement.

GML6205

Méthodes sismiques

Objectifs : À la fin du cours, la personne étudiante sera en mesure : 1) d'enseigner les principes fondamentaux des trois genres primaires d'ondes sismiques rencontrées dans les travaux sur le terrain; 2) de donner une base solide de la méthode de sismique réflexion qui peut être utilisée dans les domaines d'exploration minière et pétrolière et génie environnemental; 3) de donner une base solide de la méthode de sismique réfraction utilisée dans les domaines de génie civil et environnemental, et en exploration pétrolière.

Contenu : Principes fondamentaux des ondes sismiques : réflexion et réfraction des ondes planes, ondes de la surface. Sismique réflexion : méthodes d'acquisition, traitement des données, estimation des vitesses RMS sismiques, introduction à l'interprétation, application à l'exploration minière et pétrolière. Sismique réfraction : estimations des vitesses des roches, inversion 1-D, introduction à la tomographie. Applications à la structure de la croûte, à l'exploration pétrolière, au génie et à l'environnement.

GML6402A

Géostatistique

Objectifs : Géostatistique linéaire,

stationnaire et non stationnaire, univariable et multivariable. Variances de blocs, de dispersion, d'estimation. Krigeages simple, ordinaire, avec dérive, avec dérive externe; formulation duale. Cokrigeage. Variogrammes, variogrammes croisés, fonctions de covariances, covariances croisées; modèles et conditions d'admissibilité. Krigeages et cokrigeages d'indicateurs et multigaussiens. Simulations non conditionnelles et conditionnelles : méthodes des bandes tournantes, séquentielles, matricielles, spectrales; post-conditionnement. Cosimulations. Simulations plurigaussiennes, multipoints. Recuit simulé, déformations graduelles. Applications en hydrogéologie, environnement, géophysique, estimation des ressources, exploitation des mines.

Contenu :

GML6502

Tectonophysique

Objectifs : À la fin du cours, la personne étudiante sera en mesure : - de connaître les propriétés physiques (densité, élasticité, plasticité, rhéologique, aimantation, conductivité thermique, conductivité électrique, radioactivité) des roches et les phénomènes physiques qui régissent l'origine et l'évolution du globe terrestre et le mouvement des plaques tectoniques; - de comprendre comment l'analyse de ces phénomènes physiques nous permet de mieux cerner la constitution, la dynamique et les structures internes du globe et des phénomènes géologiques qui affectent l'homme (séismes, mouvement tectonique, flux géothermique, topographie, géomagnétisme, volcans, etc.); - de connaître l'utilisation de ces phénomènes physiques pour établir des méthodes d'investigation de la géodynamique (anisotropie sismique, par exemple) et les structures continentales; - de connaître la théorie des plaques qui forme le cadre unanimement accepté des idées sur tectonique et dynamique du globe.

Contenu : Élasticité du globe terrestre : séismes, mécanisme au foyer, vitesse des ondes élastiques, anisotropie sismique et structure interne du globe. Plasticité du globe terrestre : défauts cristallins, zones du cisaillement, convection du manteau, isostasie et stabilisation des cratons. Conductivité thermique et structures lithosphériques. Dynamique des systèmes solide-fluide : fusion de roches, extraction et ascension des magmas, dorsales océaniques et points chauds. Processus orogéniques et mécaniques des plaques de lithosphère.

GML6503

Géologie structurale et tectonique

Objectifs :

Contenu : Théorie des plaques tectoniques; comportement rhéologique de la croûte et du manteau; mesures de contrainte et de déformation; mécanismes de déformation et zones de cisaillement; chaînes de subduction, de collision et de décrochement; structures

océaniques et continentales de distension ; méthodes d'analyse tectonique ; traitement statistique et interprétation des éléments structuraux ; discussion de cas typiques.

GML6604

Caractérisation minéralogique

Objectifs : À la fin du cours, la personne étudiante sera en mesure : - d'expliquer les principes de fonctionnement de l'optique électronique appliquée à la MEB; - de décrire les diverses interactions « électrons-matière », les signaux qui en résultent (électrons rétrodiffusés, secondaires, rayons X) et les caractéristiques de ces signaux; - de décrire les avantages, les limitations et les domaines d'application de la microscopie électronique à balayage et de la spectrofluorescence des rayons X; - d'interpréter, de façon qualitative et quantitative, les caractéristiques d'une image de MEB; - de manipuler le MEB pour mettre en pratique les techniques d'analyse ; - d'analyser des spectres rayons X pour en tirer des résultats qualitatifs et quantitatifs concernant l'analyse chimique élémentaire de l'échantillon; - d'interpréter les analyses d'un échantillon minéral; - d'interpréter les caractéristiques d'images prises en microscopie électronique à balayage. Connaissant le type de signal utilisé pour obtenir ces images et les conditions de fonctionnement du MEB, de justifier qualitativement et quantitativement les caractéristiques de ces images; - d'identifier les éléments mis en évidence sur un spectre de rayons X obtenu au MEB; - de quantifier une analyse rayons X obtenue au MEB.

Contenu : Introduction aux principes et aux applications des techniques expérimentales de caractérisation. Optique électronique, interactions électrons-matière et signaux émis, microscopie électronique à balayage (MEB), interprétation des images, spectroscopie des rayons X, obtention des spectres de rayons X, quantification d'analyses par rayons X. Application du MEB en génie minéral.

GML6901

Projet de maîtrise en ingénierie I

Objectifs :

Contenu : Projet de maîtrise en ingénierie accompli sous la direction d'un directeur de projet et comprenant une étude de niveau supérieur sur un problème de génie ainsi que la rédaction d'un rapport de projet. Le travail comprend au moins 18 heures par semaine consacrées au projet pendant un trimestre ou l'équivalent.

GML6902

Projet de maîtrise en ingénierie II

Objectifs :

Contenu : Projet de maîtrise en ingénierie accompli sous la direction d'un directeur de projet et comprenant une étude de niveau supérieur sur un problème de génie ainsi que la rédaction d'un rapport de projet. Le travail comprend au moins 27 heures par

semaine consacrées au projet pendant un trimestre ou l'équivalent.

GML6903

Projet de maîtrise en ingénierie III

Objectifs :

Contenu : Projet de maîtrise en ingénierie accompli sous la direction d'un directeur de projet et comprenant une étude de niveau supérieur sur un problème de génie ainsi que la rédaction d'un rapport de projet. Le travail comprend au moins 36 heures par semaine consacrées au projet pendant un trimestre ou l'équivalent.

GML6905

Séminaires

Objectifs : À la fin du cours, la personne étudiante sera en mesure : - de se mettre au courant des développements récents en recherche dans un des domaines suivants: hydrogéologie, géologie de l'ingénieur, géophysique appliquée, métallogénie, géostatistique et évaluation minière, optimisation des opérations minières, automatisation et informatique minières; - de développer le sens critique et l'aptitude à l'analyse et à la synthèse de la littérature du domaine étudié; - d'apprendre à faire la présentation orale d'une synthèse.

Contenu : Exposé et discussions de sujets choisis en rapport avec les cours ou les travaux de recherches du département : hydrogéologie, géologie de l'ingénieur, géophysique appliquée, métallogénie, géostatistique et évaluation minière, optimisation des opérations minières, automatisation et informatique minières.

GML6914

Projet de maîtrise IV

Objectifs :

Contenu : Projet de maîtrise accompli sous la direction d'un directeur de projet et comprenant une étude de niveau supérieur sur un problème de génie ainsi que la rédaction d'un rapport de projet. Le travail comprend l'équivalent de 45 heures par semaine consacrées au projet pendant un trimestre.

GML6918

Projet d'études supérieures

Objectifs :

Contenu : Projet d'études supérieures accompli sous la direction d'un professeur du département et comprenant une étude d'application de haut niveau ainsi que la rédaction d'un rapport de projet. Le travail comprend au moins 9 heures par semaine consacrées au projet pendant 15 semaines pour un total de 135 heures.

GML8114

Hydrogéologie des contaminants

Objectifs :

Contenu : Origine et propriétés physico-chimiques des principaux contaminants organiques, inorganiques et bactériologiques présents dans les

sols et les aquifères. Aspects législatifs des sols et des eaux souterraines contaminés. Identification des récepteurs de l'eau souterraine et critères applicables. Caractérisation environnementale de type phase I et II. Stratégies et techniques d'échantillonnage des sols et des eaux souterraines. Modèles conceptuels de migration des contaminants miscibles et immiscibles, denses et légers. Conception et interprétation d'essai de récupération d'hydrocarbures en phase flottante en vue de la caractérisation d'un site. Migration et influence de l'hétérogénéité d'un site sur le transport des polluants. Processus d'atténuation naturelle affectant la qualité des eaux souterraines. Suivi environnemental de la qualité des eaux souterraines.

GML8201

Techniques géophysiques de proche surface

Objectifs :

Contenu : Types de problèmes à faible profondeur rencontrés dans les sols et le roc en génie, en hydrogéologie et en environnement et transposition en modèles de distribution de propriétés physiques. Relations entre propriétés physiques des matériaux et réponses géophysiques. Techniques géophysiques à haute résolution : microgravimétrie, gradiométrie magnétique, tomographie électrique, méthodes électromagnétiques, sismique réflexion, radar géologique. Principes, réponses et interprétation; résolution spatiale, bruits et profondeur d'investigation. Avantages et limitations de chacune des techniques. Applications et études de cas.

GML8301

Méthodes de minage en souterrain avec remblai

Objectifs :

Contenu : Méthodes de minage en souterrain pouvant utiliser des remblais. Types et caractéristiques des remblais. Rôles et techniques de mise en place des remblais. Drainage et consolidation des remblais. Calculs des contraintes dans un chantier remblayé à l'aide des solutions analytiques et numériques. Estimation des pressions sur les barricades à l'aide des solutions analytiques et numériques. Conception des barricades. Calculs des résistances requises des remblais cimentés exposés latéralement ou horizontalement à la base à l'aide des solutions analytiques et numériques. Recettes et transport de remblais. Évaluation de la quantité nécessaire et du coût associé à la fabrication et au transport des remblais.

GML8312

Gestion intégrée des rejets miniers

Objectifs :

Contenu : Gestion intégrée des rejets miniers. Conception pour la fermeture. Transport et déposition des rejets de concentrateur et des roches stériles. Rejets densifiés. Couche de contrôle des écoulements pour les haldes à stériles. Co-disposition. Inclusions de roches

stériles (IRS). Désulfuration environnementale. Remblayage des chantiers souterrains et conception des barricades en roches stériles. Remblayage des fosses à ciel ouvert et concept de l'enveloppe perméable. Valorisation des rejets miniers dans les routes, digues, bermes, inclusions drainantes et systèmes de recouvrement. Valorisation des rejets miniers hors site. Prise en compte des changements climatiques dans la gestion des rejets. Études de cas.

GNM1001

Minéralogie appliquée à l'étude des minerais et leur traitement

Objectifs : Acquérir les notions de base de la minéralogie appliquée au domaine minier et posséder une connaissance approfondie des méthodes de caractérisations physique, chimique et minéralogique.

Contenu : Les différentes méthodes de caractérisation minéralogique qui peuvent être appliquées à l'étude des diverses minéralisations métalliques et non métalliques ainsi que leur application à l'exploitation minière au travers de toutes ses étapes: prospection, extraction et traitement du minerai. Les méthodes de caractérisation physique et chimique; les analyses spectroscopiques; les microscopies optique et électronique. La minéralogie et quelques notions de cristalochimie des principales familles de minéraux.

GNM1002

Remblais miniers

Objectifs : Connaître les divers remblais miniers utilisés et les avantages/désavantages de chacun. Acquérir les notions de base nécessaires au design et à l'implantation du remblais dans une opération minière. Connaître les caractéristiques des méthodes de mesure ainsi que les méthodes de contrôle de qualité.

Contenu : Les divers types de remblais selon le contexte d'utilisation et leur classification; leurs méthodes de préparation et de mises en place. Les caractéristiques physiques, chimiques, minéralogiques et mécaniques des remblais; les diverses méthodes de mesure au laboratoire et in situ; le contrôle de qualité. La chimie des agents de cimentation. Les notions de design de remblai, les calculs standards de stabilité, d'autoportance et dimensionnement des ouvrages de retenus (barricades).

GNM1005

Flottation des minerais

Objectifs : Comprendre le phénomène de la flottation des minerais appliquée à la gestion des résidus miniers et connaître le principe de la désulfuration des résidus miniers dans ses dimensions théorique, technique et économique.

Contenu : La flottation des minerais appliquée à la gestion des résidus miniers. La désulfuration des résidus miniers en tant qu'application de la

flottation des minerais: aspects théorique, technique et économique. L'essor de la désulfuration en parallèle avec l'utilisation des remblais en pâte: théorie de la flottation non sélective des sulfures; réactifs de flottation; exemples typiques de procédés (laboratoire et industriels); simulation et contrôle du procédé de désulfuration.

GNM1008

Environnement minier et méthodes de restauration

Objectifs : Connaître les aspects et problèmes environnementaux liés à l'exploitation minière. Acquérir les bases nécessaires à l'environnementaliste pour l'optimisation des procédures de gestion des rejets les plus efficaces et les plus économiques.

Contenu : Description des principaux problèmes environnementaux générés durant les exploitations minières tels que le drainage minier acide (cas des minerais sulfureux), la radioactivité (cas des minerais radioactifs), ainsi que les problèmes liés à la gestion des rejets miniers. Notions de géochimie et minéralogie appliquée à l'étude de la prédiction du degré de pollution des rejets miniers. Les différentes méthodes de gestion des résidus miniers et de restauration des sites pollués; sélection des méthodes de restauration basée sur les aspects techniques et économiques.

GNM1010

Géotechnique minière

Objectifs : Acquérir les notions de base en géotechnique et en hydrogéologie qui rendront l'étudiant capable d'effectuer le design des ouvrages miniers et de déterminer leur stabilité.

Contenu : Retour sur les notions théoriques en géotechnique et en hydrogéologie. Les différents tests et méthodes utilisés dans la détermination des propriétés des matériaux naturels et miniers. La législation pertinente reliée aux ouvrages miniers. Le design et la construction des différents ouvrages miniers (digues de retenue, couvertures, etc.). L'analyse de la stabilité des ouvrages et l'utilisation de certains outils numériques.

GNM1012

Mécanique des roches

Objectifs : Interpréter les résultats d'études géologiques et géotechniques dans le but d'analyser le comportement mécanique des massifs rocheux. Identifier les paramètres nécessaires au calcul d'un ouvrage en rocher (excavations, cavités) et choisir les essais en laboratoire et in situ propres à mesurer ces paramètres. Choisir et justifier la méthode de calcul pour définir les dispositions générales et le dimensionnement d'un ouvrage, en évaluant la sécurité et les marges d'incertitude.

Contenu : Description et classification géomécaniques des roches et des massifs rocheux. Propriétés mécaniques des massifs rocheux : caractéristiques de la roche, critères de rupture et lois constitutives, résistance au cisaillement

des discontinuités. Stabilité des talus rocheux : modes et causes de rupture, rôle de l'eau, études de stabilité en 2D et 3D par l'équilibre limite. Stabilité des excavations : états de contraintes, calcul des soutènements par la méthode convergence-confinement, calcul des facteurs de sécurité au glissement, calcul des ancrages.

GNM1013

Sujets spéciaux en génie minier

Objectifs : Permettre à l'étudiant d'approfondir un sujet associé à ses études supérieures.

Contenu : Projet d'études supérieures accompli sous la direction d'un professeur du département et comprenant une étude d'application de haut niveau ainsi que la rédaction d'un rapport de projet. Le travail comprend au moins neuf heures par semaine consacrées au projet pendant quinze semaines pour un total de 135 heures. À la fin du projet, l'étudiant doit présenter ses résultats sous la forme d'un exposé oral.

GNM1015

Hydrogéologie I

Objectifs : Acquérir les connaissances de base nécessaires pour être capable d'appliquer les lois qui régissent le comportement de l'eau dans les sols et les roches dans différentes conditions rencontrées sur le terrain naturel et au niveau des ouvrages de génies. À la fin du cours, les étudiants auront les outils nécessaires pour suivre des cours plus approfondis en hydrogéologie environnementale et en hydrogéologie appliquée à la gestion des eaux souterraines.

Contenu : Types de roches; Propriétés physiques et hydrodynamiques des matériaux aquifères (milieux poreux et fissurés, homogènes et hétérogènes, isotropes et anisotropes) en conditions saturées et non saturées (zone vadose); Écoulements souterrains en conditions saturées : charge hydraulique, réseaux d'écoulement; Écoulements dans la zone vadose : méthodes de mesure et d'estimation de l'évaporation, l'évapotranspiration, l'infiltration; Structure et typologie des aquifères, hydraulique des puits; Notions d'hydrologie : cycle et bilan hydrologiques; Techniques de modélisation de l'écoulement.

GNM1016

Traitement d'images

Objectifs : Être en mesure de connaître les méthodes utilisées aujourd'hui dans le traitement d'images à différentes échelles et être capable de visualiser et d'analyser les données intermédiaires de diverses natures : cartes de régions, listes de points connexes, tableaux de valeurs mesurées, etc., afin de retirer l'information maximale de l'objectif étudié. En informatique, le traitement d'images désigne l'ensemble des traitements automatisés qui permettent de produire d'autres images numériques ou d'en extraire de l'information.

Contenu : La résolution d'acquisition et le mode de codage utilisé lors de la numérisation, qui déterminent le degré de précision des éventuelles mesures de dimensions. L'explication du principe des algorithmes classiques de traitement d'images par le sens physique et son aspect pratique. Les applications du traitement d'images dans diverses disciplines et leur méthodologie.

GNM1017

Hydrogéochimie environnementale dans un contexte minier

Objectifs : Permettre l'apprentissage, la compréhension et l'application des principes de base de l'hydrogéochimie environnementale dans un contexte minier. Maîtriser les interactions entre les contaminants spécifiques à l'industrie minière, dont les métaux et l'environnement. Mettre en pratique les notions acquises par l'étude de plusieurs exemples de cas de sites miniers contaminés, avec un accent particulier sur les processus de transformation, de transport et de devenir des contaminants. Comprendre les processus impliqués dans la génération des eaux minières contaminées. Acquérir les connaissances nécessaires pour la construction et l'interprétation des diagrammes Eh-pH. Apprendre l'importance de la spéciation et de la biodisponibilité des métaux dans les eaux minières contaminées. Appliquer les principes géochimiques à l'évolution de l'eau souterraine et à la modélisation hydrogéochimique.

Contenu : Équilibres aqueux, sorption et complexation. Réactions redox, construction des diagrammes Eh-pH et pC-pH. Réactions de dissolution-précipitation, cycle du carbone, système carbonate. Formation du drainage minier acide (DMA) et du drainage neutre contaminé (DNC), catalyse bactérienne et ferrique, réactions galvaniques, géochimie des sulfures et des minéraux neutralisants. Prédiction du DMA : essais statiques et cinétiques. Sources et spéciation des métaux. Écoulement de l'eau souterraine en milieux poreux, propriétés et classification des aquifères. Hydrogéochimie et qualité des eaux souterraines. Évolution géochimique. Géochimie isotopique des eaux naturelles et traceurs environnementaux. Modélisation hydrogéochimique.

GNM1018

Traitement des effluents miniers

Objectifs : Permettre l'apprentissage et la compréhension des processus impliqués dans la génération et le traitement des effluents miniers, en utilisant des technologies classiques et émergentes. Maîtriser l'application des principes de base en traitement des eaux dans le cas des effluents miniers contaminés par les métaux/métalloïdes, l'azote ammoniacal, les cyanures, le sulfate, les thioisels, les phosphates, la salinité, la radioactivité, les terres rares et les matières en suspension. Étudier les interactions entre ces contaminants et l'environnement. Mettre en pratique les notions fondamentales acquises par l'étude de plusieurs exemples de cas de

sites miniers contaminés, avec un accent particulier sur les processus impliqués, les mécanismes d'enlèvement des contaminants, ainsi que sur l'évolution de l'efficacité et de la stabilité des systèmes de traitement à court et à long terme. Acquérir les connaissances nécessaires pour la sélection, le design, la construction, l'opération et le suivi des systèmes de traitement. Apprendre le rôle, l'importance, les avantages et les limitations des essais de laboratoire versus les essais de terrain. Appliquer les notions acquises à l'interprétation de l'évolution de la qualité des eaux en aval des systèmes de traitement des effluents miniers.

Contenu : Gestion de l'eau minière et réglementations provinciale et fédérale. Objectifs environnementaux de rejets. Classification, principes de base et processus se déroulant dans les systèmes de traitement passif et actif, chimique et biologique, aérobie et anaérobie/anaérobie des effluents miniers. Sources, objectifs de traitement et mécanismes d'enlèvement pour les contaminants spécifiques à l'industrie minière, tels que les métaux/métalloïdes, l'azote ammoniacal, les cyanures, le sulfate, les thiosels, les phosphates, la salinité, la radioactivité, les terres rares et les matières en suspension. Études de cas réels. Critères de sélection et de design, étapes à suivre et essais à réaliser avant la construction d'un système de traitement des effluents miniers à l'échelle de terrain.

GNM1019

Géophysique appliquée

Objectifs : Permettre l'apprentissage et la compréhension des principes associés aux diverses méthodes géophysiques et leurs applications dans différents domaines : exploration des ressources naturelles; détection des cavités, des contaminations dans le sol ou dans l'eau; surveillance de sismicité etc. Maîtriser des méthodes conventionnelles de traitement et d'interprétation de données géophysiques. Apprendre à sélectionner l'information utile provenant d'une ou plusieurs méthodes géophysiques appropriées, à l'utiliser et à l'intégrer dans leur application. Mettre en pratique les notions fondamentales acquises par l'étude d'exemples d'applications de méthodes géophysiques en exploration des ressources naturelles et en environnement.

Contenu : Introduction du principe des méthodes géophysiques : gravimétrique, magnétique, résistivité, électromagnétique, sismique, géoradar, et radiométrie. Les propriétés physiques des roches, des eaux, des minerais non métalliques, semi-métalliques et métalliques. Traitement et interprétation de résultats d'observations géophysiques. Démonstration et application de méthodes géophysiques à des différents domaines : exploration des minerais, eau souterraine et sources énergétiques (lithium, pétrole, charbon etc.), au génie civil, et en environnement.

GNM1020

Restauration des sites miniers : de la théorie à la pratique

Objectifs : Permettre l'apprentissage et la compréhension des processus impliqués dans les méthodes de restauration des sites miniers. Maîtriser les principes de base de la génération et de la prédiction du drainage minier contaminé. Étudier les principes fondamentaux à la base des différentes techniques de restauration : écoulement de l'eau et mouvement des gaz dans les milieux poreux et rocheux, mouvements thermiques dans les matériaux géologiques. (...) Maîtriser et appliquer les méthodes de caractérisation et connaître les principales propriétés des rejets miniers. Connaître les principes, les facteurs d'influence, les approches de design et monitoring des principales méthodes de restauration applicables aux parcs à résidus et aux haldes à stériles. Appliquer les notions acquises à l'interprétation de résultats provenant de cas réels.

Contenu : Thèmes abordés : généralités sur la problématique environnementale reliée à la restauration des sites miniers; génération du drainage minier acide (DMA) et du drainage neutre contaminé (DNC); prédiction du DMA à l'aide d'essais statiques et cinétiques; écoulement de l'eau en milieu non saturé; mouvement des gaz et de la chaleur en milieu poreux; modélisation des mouvements des fluides et de la chaleur dans les milieux poreux; propriétés hydrogéotechniques des rejets miniers; recouvrement en eau; technique de la nappe surélevée; couvertures avec effets de barrière capillaire; barrières à l'infiltration d'eau; recouvrements isolants. Études de cas réels pour chaque méthode étudiée. Comparaison entre des valeurs mesurées sur site et des résultats provenant d'analyses numériques. Visite de plusieurs sites existants : Mine Doyon, Aldermac, Lorraine, Don Rouyn, Meadowbank. NOTE : Nombre de places limité. Pour vous inscrire, veuillez communiquer avec le responsable du programme.

GNM1021

Introduction au traitement de données et à la modélisation 3D

Objectifs : Acquérir les connaissances de base relatives aux méthodes utilisées dans le traitement de données et dans la modélisation 3D. Apprendre les différentes étapes à suivre quant à la sélection de la méthode la plus appropriée pour extraire le maximum d'informations d'un projet à l'étude, en se basant sur les outils disponibles en traitement de données et modélisation 3D.

Contenu : Traitements de données géoscientifiques, traitements d'images, modélisation 3D, caractéristiques de différents filtres, méthodes de segmentation et de décomposition, méthodes de discrétisation du modèle, analyse de stabilité des méthodes numériques, stratégie de vérification du résultat de modélisation.

GNM1022

Cartographie géologique de 2D à 3D

Objectifs : Connaître les méthodes utilisées aujourd'hui dans le traitement de données et d'images en science de la terre, pour être capable d'extraire l'information ayant une signification géologique en deux et en trois dimensions.

Contenu : Explication du principe des algorithmes de traitement d'images en faisant le lien avec le sens physique et son aspect pratique. Applications et illustrations du traitement de diverses images dans le domaine de science de la terre et leur méthodologie (interpolation, transformation, filtre etc.). De l'observation à l'image, de l'image aux attributs, application des méthodes de la caractérisation pour la géologie de surface. Intégration d'informations multidisciplinaires (géologie-géochimie-géophysique), avec l'aide de modélisations 3D, l'extension de 2D image vers 3D espace.

GNM2011

Végétalisation des sites miniers : de la théorie à la pratique

Objectifs : Acquérir des connaissances théoriques et pratiques sur les interactions plantes-substrats miniers. Connaître le contexte réglementaire, le cadre conceptuel écologique et les enjeux de développement durable associés à la végétalisation des sites miniers. Développer des aptitudes à concevoir un plan de végétalisation minière dans la zone boréale. Acquérir de l'expérience à travers l'étude de cas réels et des mises en situation. Se familiariser avec les enjeux de recherche en végétalisation des sites miniers.

Contenu : Guide de restauration, guide sur la réhabilitation des terrains contaminés. Cadre conceptuel de la végétalisation minière (succession végétale, filtres écologiques, réhabilitation vs restauration écologique, évolution à long terme et stabilité). Types de rejets miniers solides (générateurs ou pas d'acide, roches stériles, résidus de concentrateurs, boues de traitement des eaux). Etablissement des plantes sur un nouveau substrat (acquisition des ressources, relations des plantes avec d'autres organismes). Limitations à l'établissement des plantes sur rejets miniers. Techniques de végétalisation (naturelle vs assistée, matériel végétal) et d'amélioration du substrat (fertilisation, amendement, couverture de sol, stockage du sol), valorisation de matières résiduelles fertilisantes. Plan de végétalisation, validation expérimentale, indicateurs de succès. Services écologiques (valorisation de matières résiduelles fertilisantes, fixation de carbone, production de biomasse, phytoremédiation). Plantes et recouvrements visant à contrôler la migration des fluides (biointrusion, bilan hydrique, consommation d'oxygène). Modélisation hydrogéologique intégrant l'effet de la végétation et études paramétriques.

MEC6216

Géothermie et applications

Objectifs :

Contenu : Ressources géothermiques à haute et basse température. Température du sol, gradient géothermique, propriétés du sol. Notions d'hydrogéologie. Survol des différents systèmes à basse température : circuits ouverts et fermés; systèmes verticaux et horizontaux. Couplage aux bâtiments et aux pompes à chaleur. Transfert de chaleur dans le sol : méthodes analytiques et numériques. Test de réponse thermique. Résistance thermique des puits. Conception, dimensionnement et simulation des systèmes verticaux. Applications : chauffage et climatisation des bâtiments, pieux énergétiques, gel du sol, « geocooling », stockage saisonnier par puits géothermiques.

MEC6404

Éléments finis, concepts et applications

Objectifs :

Contenu : Approche directe d'analyse matricielle, principe d'énergie potentielle minimum et méthode de Rayleigh-Ritz. Fonctions d'interpolation. Formulations compatibles de divers types d'éléments : solide, poutre, plaque et coque. Corps axisymétriques. Problèmes aux valeurs propres : analyses de vibration et de stabilité. Analyses non linéaires. Divers problèmes de champ. Problèmes avec contraintes. Formulations variationnelles : mixte, généralisée ethybride.

MEC6405

Analyse expérimentale des contraintes

Objectifs : À la fin du cours, la personne étudiante sera en mesure : - d'expliquer et d'appliquer les notions théoriques et pratiques des techniques expérimentales les plus courantes pour la mesure des déformations et des contraintes sur prototypes ou modèles ; - d'analyser et d'interpréter les résultats obtenus à l'aide de ces différentes techniques ; - de déterminer les caractéristiques métrologiques d'un capteur en régimes statique et dynamique ; - d'évaluer et de réduire les erreurs de mesures associées aux capteurs, aux bruits parasites et aux incertitudes des instruments de mesure ; - de concevoir des capteurs à base de jauges de déformation ; - d'expliquer le fonctionnement des systèmes d'acquisition de données et des logiciels de contrôle de ces systèmes. Objectifs généraux des laboratoires : À la fin des laboratoires du cours « Analyse expérimentale des contraintes », la personne étudiante sera capable : - de réaliser des essais sur prototypes à l'aide de plusieurs techniques expérimentales ; - d'installer des jauges sur un prototype métallique ; - de monter des circuits de mesure et de compensation basés sur le pont de Wheatstone ; - de mesurer l'état de déformation et de contrainte d'un prototype ; - d'utiliser efficacement les appareils de mesure les plus courants

(ex. multimètre, indicateur de déformation, systèmes d'acquisition de données informatisés, polariscopes à transmission, oscilloscope) ; - d'exploiter les principales caractéristiques des systèmes d'acquisition de données informatisés pour réaliser des mesures précises ; - de déterminer les caractéristiques métrologiques d'un capteur ; - d'exploiter et de modifier un logiciel de contrôle pour l'acquisition de données.

Contenu : Notions théoriques et pratiques sur les techniques expérimentales les plus courantes pour la mesure des déformations et des contraintes. Extensométrie par jauges à résistance électrique : facteur de jauge, ponts de Wheatstone, compensation en température, étalonnage Shunt, problèmes associés aux circuits, techniques de collage. Rosettes : états apparent et réel de déformation. Conception de capteurs à base de jauges. Caractéristiques métrologiques du mesurage : capteurs actifs et passifs, erreurs de mesure, étalonnage, réponse en régime dynamique. Chaîne de mesure, scrutation multivoie, filtrage des signaux, systèmes d'acquisition de données informatisés, logiciel de contrôle (LabVIEW). Techniques photoélastiques par transmission et réflexion : polariscopes, direction et intensité des contraintes. Revue des autres techniques. Travaux pratiques en laboratoire.

MIN8176

Exploitation en souterrain

Objectifs : À la fin du cours, la personne étudiante sera en mesure : - d'intégrer les principes de développement durable dans un projet minier; - de déterminer la profondeur optimale d'un gisement pour son exploitation en fosse ou en souterrain; - de déterminer la profondeur optimale du passage entre une exploitation à ciel ouvert et une autre en souterrain; - de concevoir le patron de forage et de sautage et la séquence de détonations; - de calculer la longueur de forage, la quantité de la consommation d'explosifs, le tonnage de minerai et de stérile; - de sélectionner les équipements de forage, de chargement et de transport; - d'évaluer le choix entre des puits et des rampes; - de reconnaître, de mémoriser et de différencier les caractéristiques des principales méthodes d'abattage dans les exploitations en souterrain; - d'évaluer, de cerner et de choisir les méthodes de minage adéquates en considérant les conditions géologiques et géométriques du gisement, et les contraintes géomécaniques et environnementales; - de concevoir un système de développement, de dimensionner les chantiers et de planifier les séquences de minage; - d'identifier les rôles des remblais et d'évaluer les résistances requises des remblais cimentés exposés latéralement ou horizontalement; - de concevoir des chantiers remblayés. Objectifs spécifiques des travaux pratiques Après avoir fait les séances de travaux pratiques, la personne étudiante sera en mesure : - d'analyser les données d'un projet minier; - de concevoir le système de développement,

de dimensionner les chantiers et de planifier les séquences de minage; - d'évaluer les volumes et tonnages des stériles et des roches minéralisées ainsi que les coûts de production; - d'estimer les coûts d'investissement pour les infrastructures en surface et en souterrain; - d'effectuer l'analyse économique du projet et calculer les VAN, TRI et période de remboursement pour une exploitation en fosse et/ou en souterrain; - de déterminer la profondeur optimale pour une exploitation en fosse ou en souterrain; - de déterminer la profondeur optimale du passage entre une exploitation en fosse et une autre en souterrain; - d'analyser les sensibilités de certains paramètres sur la rentabilité du projet et sur les profondeurs optimales entre les exploitations à ciel ouvert et en souterrain; - de produire un rapport technique professionnel.

Contenu : Détermination des profondeurs optimales entre les exploitations à ciel ouvert et en souterrain. Étude des caractéristiques des principales méthodes d'abattage utilisées en souterrain. Cas d'études pour chaque méthode de minage. Sélection des méthodes de minage pour évaluations économiques d'un projet minier. Dimensionnement des ouvrages et sélection des équipements. Calculs des quantités de roche, des équipements et des coûts liés à l'exploitation en souterrain. Fonçage de puits et de rampes. Étude des méthodes de remblayage des excavations.

MIN8373

Environnement et gestion des rejets miniers

Objectifs :

Contenu : Effets de l'exploitation d'une mine sur le milieu : généralités, écologie, législation, effluents et rejets, impacts environnementaux. Drainage minier acide : prédiction, traitement, prévention, contrôle. Agents de traitement minéralurgique. Rejets miniers solides. Restauration et fermeture de sites. Auscultation et suivi. Aspects économiques. Pratiques environnementales.