

## MINES

### DESCRIPTIF DE LA FORMATION

En mines, l'étudiant aura une place privilégiée au cœur du développement des énergies vertes de demain ! il sera entre autres formé dans le but d'apprendre à travailler en équipe, tant en usine, en laboratoire, en centre de recherche, sur un site minier ou encore en environnement minier. Il acquerra l'expertise technique pour traiter le lithium, le cuivre, l'or, le graphite et bien d'autres et il apprendra tout ce qu'il y a à savoir sur la production de concentrés de métaux suivant l'extraction du minerai.

La formation devrait être :

- Unique : Apprentissage à l'aide de la réalité virtuelle et de drones
- Formation équilibrée entre les domaines de l'exploration, de l'environnement et de la géologie minière
- Utilisation des nouvelles technologies | cartographie à l'aide de tablettes, de cellulaires et de GPS, logiciels de dernier cri
- Formation très pratique avec plusieurs séances par semaine en laboratoire
- Plusieurs visites industrielles et de sites miniers

A la fin du programme, l'étudiant apprendra à :

- Optimiser et développer des nouveaux procédés de transformation et de concentration de la matière minérale
- Déterminer la pureté des échantillons de minéraux
- Effectuer des analyses chimiques et physiques sur des roches, minéraux et différents métaux
- Voir au bon fonctionnement des circuits de concentration
- S'assurer du respect des normes environnementales et apporter les correctifs nécessaires au besoin

## DESCRIPTION DES COURS

**MATHEMATIQUE APPLIQUEE** : Que ce soit sur le terrain ou pour le travail intérieur, un technicien se doit de connaître et maîtriser certains concepts mathématiques liés à son domaine. De la topométrie au concassage, en passant par la résistance des matériaux, ces notions sont incontestablement essentielles. Les applications ne manquent pas, d'où le nom du présent cours : Mathématiques appliquées 1 en technologie minérale. Tout en leur permettant de consolider certaines connaissances du secondaire, ce cours, premier d'une séquence de deux cours, vise à rendre les étudiants et les étudiantes aptes à manipuler efficacement des concepts mathématiques reliés aux technologies minérales. Pour y arriver, l'accent sera mis autant sur la modélisation et la résolution de problèmes que sur l'interprétation des résultats. La trigonométrie est un sujet très important puisqu'elle est utilisée dans énormément de calculs chez la technicienne et le technicien et cette étude se terminera avec l'étude du jalonnement, des notions d'arpentage, des calculs de distances et bien d'autres.

### 1. DESSIN ASSISTE PAR ORDINATEUR

**2. PLANETE TERRE ET MINERALOGIE** : Le premier volet du cours « Planète terre et minéralogie » porte sur la mise en pratique des techniques d'identification et sur les modes de formations et de classifications des minéraux. Tous les travaux pratiques d'identification des minéraux sont réalisés en laboratoire. Les minéraux étudiés sont ceux composant les roches ainsi que les minéraux ayant une importance économique. Le deuxième volet du cours « Planète terre et minéralogie » porte sur les phénomènes géologiques associés à la géodynamique interne et externe de la Terre. Ces cours magistraux visent la compréhension et la visualisation de la géologie globale de la Terre par rapport à son histoire, sa composition, sa structure et son changement perpétuel superficiel en relation avec la formation des minéraux composant les roches. Plusieurs sorties et visites sur le terrain permettent de mieux comprendre les phénomènes discutés en classe.

### 3. TECHNOLOGIES ET LOGICIELS :

**4. EXPLOITATION RESSOURCES MINERALES :** À l'aide d'exemples concrets, ce cours permet à l'étudiant de se familiariser avec les termes et techniques du domaine minier. Il permet à l'étudiant de connaître les méthodes d'exploitation des mines et carrières généralement utilisées. L'étudiant découvre aussi les fonctions de travail associées à son domaine. Ce cours est à la première session du programme de technologie minérale. Les principaux objectifs du cours sont : • Donner une vue d'ensemble du secteur minier ; • Présenter à tous les futurs techniciens, quelle que soit leur orientation ultérieure, des notions générales et fondamentales des opérations minières incluant les carrières ; • Faire connaître les tâches accomplies par le technicien.

**5. METHODE DE REDUCTION ET DE CLASSIFICATION DES MATERIAUX :** Au terme de ce cours, l'étudiant a une connaissance sur l'industrie des granulats tant au niveau des sources de matériaux à utiliser et de la production en carrière et en gravière. En laboratoire, il apprend à concasser et à tamiser la pierre, à faire des analyses granulométriques ainsi que d'autres applications pour connaître les propriétés physiques des matériaux. De plus, à l'aide d'applications concrètes, ce cours permet à l'étudiant de comprendre les principes fondamentaux du broyage et de la classification. Ces principes constituent la base de la concentration des minéraux et seront repris dans tous les cours de minéralurgie. L'étudiant apprendra aussi à effectuer les calculs relatifs aux pulpes et aux classificateurs. Les équipements de laboratoire permettront aux étudiants de se familiariser avec l'opération d'un circuit de broyage.

**6. TOPOMETRIE :** Dans ce cours, l'étudiant apprendra les notions de base de la topométrie ainsi que les méthodes de bases de calculs et de mesure de coordonnées. Il apprendra à manipuler correctement certains instruments relatifs au nivellement, aux mesures de distances et aux mesures d'orientations. Tu apprendras également à prendre des notes de

terrain d'une façon efficace et à calculer des volumes à l'aide de plans. Il produira des plans des travaux de terrain à l'aide d'un logiciel spécialisé.

**7. PETROLOGIE ET PETROGRAPHIE :** Au terme de ce cours, l'élève pourra :

- 1) identifier les principales roches ignées, sédimentaires et métamorphiques (40), à l'aide de la composition minéralogique, la texture et la structure ;
- 2) connaître les systèmes de classification, les caractéristiques, l'occurrence et les modes de formation des roches ignées, sédimentaires et métamorphiques ;
- 3) estimer les facteurs d'exploitabilité des roches comme pierres de construction et ornementales et comme roche hôte des minéraux économiques.

**8. SANTE ET SECURITE AU TRAVAIL :** Ce cours est dispensé aux étudiants et étudiantes en technologie minérale, toutes options confondues. Le cours étant situé à la deuxième session du programme, les élèves ont une bonne connaissance du milieu de l'industrie minérale et des conditions de travail dans ce domaine. Le cours est donné avant le premier stage en milieu de travail obligatoire dans le programme de technologie minérale. Ce cours vise à sensibiliser les élèves à la sécurité et à la santé au travail dans le domaine de la technologie minérale. Conjointement à la consultation des statistiques d'incidents et d'accidents en milieu de travail, les étudiants apprennent les principaux points des Lois et Règlements en vigueur. Au terme de ce cours, le futur technologue est en mesure d'identifier les risques et de corriger les situations dangereuses en milieu de travail, d'adopter des comportements sécuritaires et de connaître les actions à prendre lors d'un incident. Au terme de ce cours, l'étudiant sera en mesure de :

- Pouvoir identifier les risques et les dangers de son futur milieu de travail ;
- Reconnaître les moyens à prendre pour adopter des comportements sécuritaires ;



- Connaître les actions à prendre lors d'un accident de travail ainsi que les droits et devoirs applicables à ce genre de situation par la réglementation québécoise.

Le cours est divisé en trois parties et dont deux d'entre elles sont reconnues par un organisme, soit la Commission scolaire de la vallée de l'Or en ce qui a trait à la « Formation modulaire du travailleur minier, module 1 », et par l'Association Sectorielle Paritaire (A.S.P.) de la Construction pour la partie traitant du « Cours sur la santé et sécurité générale sur les chantiers de construction ».

## 9. GEOLOGIE D'EXPLORATION :

- 10. Procédés minéralurgiques :** Ce cours du programme de Technologie minérale est dispensé à la troisième session. Le cours Méthodes de réduction et de classification des matériaux (271-334-RA) est préalable à ce cours. Ce cours représente la base des procédés minéralurgiques tels que la concentration des minéraux par méthodes gravimétriques, méthodes magnétiques, électrostatiques et par flottation. Une introduction aux procédés pyrométallurgiques et hydro métallurgiques sera aussi présentée. Les contenus théorique et pratique seront arrimés afin que les aspects vus en classe soient mis en pratique par les étudiants dans la même journée ou la même semaine si possible, ou la semaine suivante tout au plus. Les examens porteront simultanément sur la théorie et sur les laboratoires.
- Habilités génériques**
- Le traitement de l'information (recueillir l'information et les données pertinentes) ;
  - Capacité d'analyse (observer);
  - Méthodes d'auto-apprentissage;
  - Techniques d'acquisition de connaissances (recherche d'information);
  - Langage informatique (savoir utiliser des moteurs de recherches spécialisés).

- 11. Environnements miniers ET GEOLOGIQUES :** Ce cours est dispensé à la 3e session du programme de technologie minérale. Aucun cours préalable n'est requis. Au terme de ce cours, l'étudiant a une bonne connaissance des aspects environnementaux des sciences de la terre en générale et de l'exploitation des ressources minérales en particulier tant

au niveau de l'hydrologie, de l'hydrogéologie, de la géoenvironnement que de la gestion des impacts environnementaux d'une exploitation minière. En laboratoire, il apprend à planifier, exécuter et interpréter un levé piézométrique ainsi qu'une campagne d'échantillonnage d'un ancien site minier. Il apprend également à décrire granulométriquement un échantillon de sol.

**12. PRODUCTION DES GRANULATS :** Ce cours est dispensé à la 4e session et a comme préalable relatif le cours de Méthodes de réduction et de classification des matériaux. Ce cours vient consolider les notions acquises jusqu'à maintenant tout en approfondissant l'industrie des granulats. Que ce soit sur l'industrie elle-même ou en laboratoire pour bien connaître les propriétés physiques de la pierre et comprendre la caractérisation des matériaux et le travail avec des essais standardisés. L'étudiant compile et interprète les résultats en utilisant les normes des transports.

**13. CHIMIE APPLIQUEE A LA TECHNOLOGIE MINERALE :** Le programme de Technologie minérale vise à former des techniciens en géologie, en exploitation et en minéralurgie. Ces techniciens effectuent leur travail en collaboration et sous la supervision de divers professionnels : géologues, géophysiciens, géochimistes, hydrogéologues, ingénieurs de procédé ou en environnement, personnes chargées des activités de forage, dynamiteurs, techniciens en instrumentation, etc. L'acquisition de notions chimiques par l'intermédiaire du cours de Chimie appliquée à la technologie minérale fera donc de l'étudiant un technicien apte à communiquer adéquatement avec les scientifiques qu'il croisera dans le cadre de son travail. De plus, cela facilitera la compréhension de certains phénomènes miniers, permettra la compréhension des principes sous-jacents à certaines techniques et à certaines technologies utilisées dans le cadre de ce travail et permettra l'adaptation à certains changements technologiques. De façon plus spécifique, ce cours a pour but d'amener l'étudiant à analyser les conditions d'équilibre et la cinétique d'une réaction chimique. Pour ce faire, les transformations chimiques et physiques de la matière seront introduites à l'étudiant à partir de notions chimiques de base et

d'exemples concrets directement reliés à sa future profession. Par exemple, l'étude des réactions d'oxydoréduction, réactions chimiques de transfert d'un ou de plusieurs électrons, sont au cœur de la formation de la rouille et du dépôt d'un massif métallique, deux phénomènes d'intérêts en technologie minérale. La réalisation d'exercices et de quelques laboratoires illustreront ces notions, permettront à l'étudiant de développer une démarche expérimentale appropriée et feront ressortir l'importance de la sécurité au travail et de la protection de l'environnement. Dans tous les travaux exigés, l'étudiant devra faire preuve de rigueur, de minutie, d'ordre et de méthode. Cela permettra à ce dernier d'acquérir et/ou de développer des attitudes et des comportements propres à la démarche scientifique et essentiels à l'exercice de sa future profession, tels que l'esprit d'analyse, l'esprit de synthèse, la capacité de résoudre des problèmes et l'autonomie.

#### **14. CONSTRUCTION ET MATERIAUX EN TECHNOLOGIE**

**MINERALE** : Ce cours est dispensé à la 4e session du programme de technologie minérale. Le cours de Éléments de physique appliquée dispensé à la deuxième session est préalable relatif.

Au terme de ce cours, l'étudiant connaîtra quelques notions fondamentales de la statique, ainsi que de la résistance et la déformation des matériaux utile dans le secteur minéral. Il pourra appliquer ces notions à des matériaux de constructions minières (acier et béton de ciment) et aux matériaux servant de fondation pour ces dernières (sols).

En laboratoire, il apprend à manipuler correctement certains instruments servant à la mesure de données de différents essais de déformation en contrainte uniaxiale. L'étudiant devra aussi interpréter les essais en laboratoire réalisés et en rendre compte selon des standards établis.

Conséquemment, le cours de construction et matériaux en technologie minérale a pour objet de fournir une assise au futur technologue dans le secteur du contrôle et de l'instrumentation des terrains minier. Ce cours permet aussi au futur technologue de faire face à diverses exigences techniques liées à la mécanique des sols (géotechnique), à la mécanique des roches et au contrôle des matériaux.

**15. SYSTEMES HYDRAULIQUES** : Ce cours est situé à la troisième session du programme de Technologie minérale et fait partie des cours du tronc commun.

Ce cours vise à développer l'élément de compétence suivant :

- Analyser le fonctionnement d'un circuit hydraulique (0343) Au terme de ce cours, l'élève devra être capable :
- De manipuler avec précaution les liquides;
- De comprendre et d'appliquer les principes du comportement des fluides incompressibles (hydrostatique et hydrodynamique);
- De déterminer les pertes de charge dans les tuyaux cylindriques;
- De comprendre le fonctionnement et les caractéristiques de divers types de pompe;
- De comprendre les étapes de sélection des pompes;
- D'utiliser des logiciels de systèmes de pompage;
- De communiquer adéquatement avec divers fournisseurs.

**16. FLOTTATION I** : Ce cours du programme de Technologie minérale est dispensé à la cinquième session. Le cours Procédés minéralurgiques (271-215-RA) est préalable à ce cours. Ce cours présente les phénomènes d'interfaces, les réactifs ainsi que les différents mécanismes chimiques et physiques que l'on retrouve dans un système de flottation. Les contenus théorique et pratique seront, autant que faire se peut, arrimés afin que certains aspects vus en classe soient mis en pratique par les étudiants lors des laboratoires dans la même semaine si possible, ou la semaine suivante tout au plus. Ainsi, certaines explications du déroulement des activités en laboratoire se feront en classe, et grâce à l'arrimage théorie/pratique, un retour sur ce que les étudiants auront expérimentés en laboratoire sera effectué en classe afin de consolider les acquis.

**17. GESTION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX** : Ce cours est situé à la cinquième session du programme de Technologie minérale et est obligatoire pour les finissants de minéralurgie. Les préalables relatifs aux cours de gestion des impacts environnementaux sont les cours de procédés minéralurgiques. Au terme de ce cours, l'élève devra être en mesure :



- d'être conscient des enjeux environnementaux liés à l'activité minière et d'en connaître les principaux impacts environnementaux
- de prendre conscience des lois et des règlements relatifs à l'environnement minier
- d'acquérir les méthodes de traitement et d'entreposage des rejets miniers afin d'en réduire l'impact sur l'environnement
- de comprendre la problématique environnementale entourant le drainage minier acide
- de prélever des échantillons de résidu minier ou d'effluents, de faire des observations relatives à ces prélèvements et de poser un constat environnemental.

**18. HYDROMETALLURGIE I :** Ce cours constitue la suite logique des cours : « Broyage et classification » et « Procédés minéralurgiques ». À l'aide d'applications concrètes, ce cours permet à l'étudiant de comprendre les principes fondamentaux de l'hydrométallurgie. L'étudiant apprend aussi à effectuer les calculs nécessaires à la mise en marche et à l'opération d'un circuit d'hydrométallurgie. L'étudiant se familiarise avec l'extraction des métaux contenus dans un minerai par dissolution dans de l'eau et un solvant. L'étudiant apprend notamment comment l'aluminium, l'or et le zinc sont produits à partir de minerais. L'étudiant effectue toutes les étapes des essais d'hydrométallurgies : préparation des réactifs, dissolution, séparation des solides et des liquides, concentration et analyse des résultats. Il devra aussi optimiser les différents paramètres d'opération afin d'obtenir les meilleurs rendements possibles.

**19. CIRCUITS DE CONCENTRATION PHYSIQUE :** Ce cours du programme de Technologie minérale est dispensé à la cinquième session. Le cours Procédés minéralurgiques (271-215-RA) est préalable à ce cours. Celui-ci consiste essentiellement à appliquer des méthodes de concentration des minéraux par méthodes gravimétriques, méthodes magnétiques et électrostatiques afin de les intégrer à l'intérieur de circuits de concentration physique fonctionnant en continu. Les étudiants doivent

eux-mêmes faire le montage des circuits de concentration. Le cours se déroulera en grande partie en laboratoire.

## **20. AMELIORATION CONTINUE ET TECHNIQUES D'OPTIMISATION**

### **21. AUTOMATISATION DES PROCEDES**

### **22. ANALYSES CHIMIQUES DES MINERAIS :**

La minéralurgie est une spécialisation de l'industrie minière qui se concentre sur l'ensemble des opérations de préparation mécanique et de traitements chimiques des minerais. Elle englobe toutes les techniques désignées sous les noms de préparation, valorisation, concentration, enrichissement et traitement des minerais. Généralement, lorsque l'hydrométallurgie et la pyrométallurgie s'appliquent à des matières minérales brutes au voisinage du lieu d'extraction, il s'agit aussi de minéralurgie. L'appellation devient alors hydrominéralurgie ou pyrominéralurgie. Étymologiquement, hydrominéralurgie signifie minéralurgie en phase aqueuse d'où l'utilisation du préfixe hydro qui signifie eau. Il s'agit donc de la minéralurgie par voie chimique en phase liquide qui couvre tous les procédés et toutes les techniques impliqués dans l'extraction des métaux contenus dans les minerais bruts par dissolution dans une phase liquide. En ce qui concerne la pyrominéralurgie, il s'agit de la minéralurgie nécessitant un traitement thermique d'où l'utilisation du préfixe pyro qui signifie feu. Bref, la minéralurgie regroupe l'ensemble des techniques de traitement de matières minérales brutes ayant pour objet d'obtenir par voie physique, chimique ou thermique, des produits directement utilisables par l'industrie ou transformables par le métallurgiste. Les techniciens en minéralurgie travaillent à la mise au point, à l'amélioration et à l'optimisation des procédés de concentration et d'extraction de ressources minérales et au contrôle des effluents miniers. Ils sont employés dans les usines de concentration et d'extraction, dans les laboratoires miniers, dans les carrières, dans les complexes métallurgiques, dans les laboratoires d'analyse spécialisés et dans les centres de recherche. Les tâches

Email: [academie-des-mines-erg@unikol.ac](mailto:academie-des-mines-erg@unikol.ac)

Site web: <https://www.unikol.ac/>

effectuées en minéralurgie sont de deux ordres. 1) En recherche appliquée et en services techniques, les techniciens effectuent divers essais (essais de concentration gravimétrique ou magnétique, de bouletage, de flottation, d'hydrométallurgie et d'extraction pyrométallurgique), participent à la conception de procédés minéralurgiques et exécutent des travaux de caractérisation chimique, physique ou mécanique des échantillons. 2) En production, les techniciens contrôlent l'efficacité des procédés minéralurgiques, contribuent à leur implantation et assurent le contrôle environnemental des résidus miniers. Les techniciens en minéralurgie effectuent leur travail sous la supervision d'un chef-analyste, d'un métallurgiste, d'un directeur d'usine, d'un ingénieur de procédé ou en environnement et d'un contremaître de production. Ils travaillent en collaboration avec des techniciens en instrumentation, des opérateurs de procédé, du personnel d'entretien, des consultants et des entrepreneurs en travaux de construction. Le cours Analyses chimiques des minerais traitera donc des techniques de valorisation des minerais. Il abordera des sujets comme les caractéristiques minéralogiques, la préparation, la réactivité et la représentativité des échantillons (ex. : minerais, concentrés, rejets d'usine et réactifs usés) ainsi que la granulométrie et la pyroanalyse. L'étudiant y apprendra à déterminer correctement la concentration de l'élément ou du composé chimique présent dans l'échantillon initial. À l'aide de protocoles, il expérimentera aussi différentes techniques chimiques employées en minéralurgie (ex. : titration et électrolyse) tout en apprenant à manipuler de la verrerie de laboratoire (ex. : pipettes et électrodes) qui s'y rapporte. De plus, grâce à la collaboration du Centre de technologie minérale et de plasturgie (CTMP), il se familiarisera avec certains appareils tel qu'un analyseur de carbone et de soufre, un spectromètre d'absorption atomique et un spectromètre à fluorescence. Cette immersion dans le monde de la recherche le sensibilisera aux conditions de travail (équipement de sécurité et travail d'équipe), aux normes du milieu minier et au concept de secret professionnel (respect de la confidentialité). Enfin, à l'aide de logiciels, l'étudiant élaborera des graphiques et rédigera des documents. Ces documents devront présenter de façon détaillée et objective les résultats qu'il aura analysés ainsi qu'une critique de la vraisemblance desdits résultats et de leur valeur

significative en fonction de la répétabilité et de la marge d'erreur des analyses. L'utilisation du vocabulaire appropriée et l'exactitude des calculs seront considérées tout au long de la session.

- 23. SEPARATION SOLIDE/LIQUIDE :** L'étudiant apprend à contrôler l'efficacité d'un procédé de séparation des solides et des liquides. La filtration est l'une des méthodes abordées dans ce cours. L'élève devra analyser les performances du système et apporter, si nécessaire, des modifications aux réglages opérationnels afin de respecter les critères de performances qu'il aura préalablement établis.
- 24. FLOTTATION II :** Ce cours est la suite du cours Flottation 1. L'élève apprend le fonctionnement d'appareils industriels employés pour concentrer les minéraux avec la méthode de flottation et à choisir ceux qui sont les plus appropriés. L'élève planifie, exécute et évalue des essais de flottation fait à partir de matière minérale, d'équipements semi-industriels de flottation et d'instruments de laboratoire.
- 25. PYROMETALLURGIE :** Ce cours permet à l'étudiant de se familiariser avec le traitement à haute température de la matière minérale. L'étudiant effectue différents essais d'extraction pyrométallurgique en appliquant les notions vues en classe. Il doit établir un protocole expérimental, procéder aux essais, analyser les données des essais et communiquer les résultats. La pyrométallurgie est largement employée pour produire du plomb et du cuivre à partir de matière minérale.
- 26. HYDROMETALLURGIE II :** Ce cours constitue la suite logique des cours : « Broyage et classification », « Procédés minéralurgiques » et « Hydrométallurgie ». À l'aide d'applications concrètes, ce cours permet à l'étudiant de comprendre les principes fondamentaux de l'hydrométallurgie. L'étudiant apprend aussi à effectuer les calculs nécessaires à la mise en marche et à l'opération d'un circuit d'hydrométallurgie. L'étudiant se familiarise avec l'extraction des métaux contenus dans un minerai par dissolution dans de l'eau et un solvant. L'étudiant apprend notamment comment l'aluminium, l'or et le zinc sont produits à partir de minerais. L'étudiant effectue toutes les étapes des essais d'hydrométallurgies : préparation des réactifs, dissolution, séparation des solides et des liquides, concentration et analyse des



résultats. Il devra aussi optimiser les différents paramètres d'opération afin d'obtenir les meilleurs rendements possibles.

## 27. INTEGRATION AU MARCHÉ DU TRAVAIL EN MINÉRALURGIE

**28. PROJET DE MINÉRALURGIE** : Le cours consiste pour l'étudiant(e) à utiliser les connaissances acquises au cours de ses études afin de planifier et réaliser, en laboratoire, une opération de traitement de minerai ou des essais minéralurgiques avec un minerai choisi et obtenu par l'étudiant. Les objectifs plus spécifiques à atteindre sont :

- Choisir un minerai à traiter ;
- Émettre une hypothèse de recherche;
- Planifier le projet;
- Commander le matériel et les réactifs nécessaires;
- Effectuer des essais préliminaires;
- Faire les ajustements requis et effectuer les essais ou le traitement envisagés;
- Contrôler et échantillonner le circuit;
- Faire les analyses;
- Compiler les résultats;
- Présenter, devant une audience, le projet ainsi que les résultats;

# ERG

Une collaboration entre

UNIVERSITÉ  
DE KOLWEZI



ERG

