



Merci d'accueillir Explorelesmines.com dans votre classe!

Le Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie des mines (CSMO Mines) est un organisme à but non lucratif qui aide au recrutement, à la formation d'une main-d'œuvre compétente et à la stabilité des emplois dans l'industrie minière. Afin de faire face à l'importante demande de demain en travailleurs qualifiés, le CSMO Mines s'engage auprès des jeunes à démystifier les mines, la technologie et les carrières stimulantes s'y rattachant. Merci d'accueillir la science des mines dans votre classe!

Activités complémentaires à la visite de l'intervenant du CSMO Mines.

Mine, vie et conquête du métal rouge!

Activité pédagogique sur les sciences et technologies du domaine minier.

Lors de la visite de l'intervenant du CSMO Mines, vos élèves seront transportés dans les airs comme dans les profondeurs de la terre. Ils découvriront les carrières du secteur minier en plus d'appliquer des principes scientifiques et d'utiliser les instruments propres à cette industrie.

En guise de complément à l'animation, cette fiche vous livre des détails additionnels sur les concepts abordés. Vous êtes invités à réaliser une activité préparatoire, ainsi qu'une activité de réinvestissement pour approfondir les apprentissages.

Concepts prescrits abordés : Concentration, pH, précipitation, neutralisation, solubilité, dissolution électrolytique, magnétisme, électromagnétisme, solénoïde, conductivité électrique, environnement et exploitation des ressources naturelles, minéral/minéral, réactivité des sols (oxydation, neutralisation).

SAVOIRS ABORDÉS

- La géophysique
- Les minéraux magnétiques et conducteurs
- Le drainage minier acide
- La précipitation de métaux dissous

DANS CE DOCUMENT...

- 1 Activité préparatoire : Dix sous que ça se dissout!
- 2 Expériences en classe expliquées : L'électromagnétisme et la prospection
- 3 Expériences en classe expliquées : Le drainage minier acide
- 4 Activité de réinvestissement : Peu d'O₂ sous l'eau

Dix sous que ça se dissout!



Afin, d'amener vos élèves à comprendre les liens qui unissent l'acidité et la solubilité des électrolytes, nous vous proposons une courte expérience. Ces concepts seront abordés par l'intervenant du CSMO Mines lors de sa visite. Voyons l'effet du pH sur la dissolution du cuivre, du nickel et du fer.

Durée

35 minutes

Matériel

- 1 bécher de 400 ml
- 1 bouilloire d'environ 1 l
- 1 contenant compte-goutte de 100 ml de solution d'acide chlorhydrique 0,1M (pH = 1)*
- 1 contenant compte-goutte de 100 ml de peroxyde d'hydrogène (2-3 %)
- 1 cylindre gradué de 10 ml
- 4 éprouvettes assez larges pour accueillir une pièce d'un cent**
- 1 flacon-laveur d'eau distillée
- 1 marqueur permanent
- 1 support à éprouvettes assez large
- 4 pièces de 1 cent d'avant 1996 ou 4 pièces de 10 cents (1968-1999) ou 4 vis (Fer)***
- Sarraus, gants et lunettes de laboratoire pour chaque élève

* Préparez la solution à partir d'acide chlorhydrique concentré en utilisant de l'eau distillée. Vérifiez que le pH est bel et bien égal à 1.

** On peut remplacer les éprouvettes larges par des béchers de 25 ml.

*** Portez une réelle attention aux années recommandées. La pièce de 1 cent était composée alors à 98 % de cuivre et la pièce de 10 cents à 99,9 % de nickel.

Déroulement

- Distribuez le matériel à chaque équipe. Attribuez à une équipe des pièces de 1 cent, à une autre des pièces de 10 cents et enfin les vis.
- À l'aide du marqueur permanent, identifiez les éprouvettes pH1, pH2, pH3 et pH6 respectivement, que vous alignez sur le support à éprouvettes.
- À l'aide du cylindre gradué, versez 5 ml de solution d'acide chlorhydrique dans l'éprouvette pH1.
- Déposez 10 gouttes de solution d'acide chlorhydrique dans l'éprouvette pH2, puis 1 goutte dans l'éprouvette pH3.
- Versez 5 ml d'eau distillée dans les éprouvettes pH2, pH3 et pH6.
- Glissez les pièces métalliques dans les quatre éprouvettes, puis observez les changements (couleur, aspect, bulles, etc.) durant 1 minute.
- Versez 10 ml de peroxyde d'hydrogène dans chaque éprouvette.
- Versez environ 100 ml d'eau bouillante dans le bécher de 400 ml. Placez-y les 4 éprouvettes. Notez les changements sur une période de 10 minutes.

AVERTISSEMENT

Assurez-vous que l'activité se déroule en absence de flamme ouverte près des montages. La dissolution du fer dans l'acide génère de petites quantités de dihydrogène inflammable!

Observations

Ouvrez la discussion sur les observations faites. Quel aspect ont les pièces métalliques plongées dans l'acide? Quel phénomène s'est manifesté dès les premiers instants de l'expérience? Avez-vous observé un changement de couleur? Après combien de temps? Quel est l'effet du pH sur l'apparition de la couleur? Quelle couleur est associée à la pièce de 1 cent, à la pièce de 10 cents, à la vis?



La science qui s'y cache...

Les métaux à l'état métallique ne se dissolvent pas bien et ils doivent généralement s'oxyder pour passer en solution. Lorsqu'on plonge la pièce métallique dans les solutions acides, le métal qu'on arrive à dissoudre représente une couche oxydée très mince située à sa surface. La solution à pH1 dissout aisément cette couche de métal oxydé en entier et dénude le métal en dessous. Alors, la pièce de cuivre devient plus luisante, la vis en fer libère des bulles de dihydrogène, mais la pièce de nickel ne change pas d'aspect.

Afin de dissoudre plus de métal, on ajoute du peroxyde d'hydrogène, une substance oxydante. Au contact du métal nu, le peroxyde libère de l'oxygène (apparition de bulles). Le métal qui s'oxyde est alors disponible pour passer en solution. Plus la couleur est profonde, plus il y a de métal dissous. Le cuivre dissous affiche une couleur bleue, le fer une couleur verte ou orangée (Fe^{2+} ou Fe^{3+}) et le nickel une teinte bleu-vert.

Tous les métaux ne s'oxydent pas aussi facilement et on oxyde plus facilement le fer que le cuivre et plus facilement le cuivre que le nickel.

En conclusion

Lors de la visite du CSMO Mines dans votre classe, vos élèves effectueront une expérience où le pH et la solubilité sont intimement liés. Ils seront également sensibilisés au drainage minier acide (DMA), un problème environnemental majeur auquel l'industrie a trouvé des solutions et qui est abordé à la section 3 de ce document.

2

Les expériences en classe expliquées

L'électromagnétisme et la prospection



Lors de la visite du CSMO Mines, vos élèves ont manipulé des détecteurs de conductivité électrique. Ces outils de charpentier fonctionnent selon le même principe que les émetteurs-récepteurs électromagnétiques utilisés à bord des aéronefs pour la prospection géophysique. Dans ce type d'instrument, on trouve deux boucles de fils enroulées, des solénoïdes. La première boucle, l'émetteur, est alimentée par un courant électrique alternatif qui génère un champ magnétique oscillant (FIG. 1) qui excite les matériaux conducteurs au sol. Les électrons mobiles dans les conducteurs réagiront pour produire des courants de Foucault : des champs magnétiques induits de sens opposés au champ magnétique original.

Ces nouveaux champs magnétiques sont captés par la seconde boucle de l'appareil, le récepteur. Ils induisent alors un courant électrique dans la bobine de fil. C'est ce courant qui est analysé par l'ordinateur à bord de l'aéronef.

Plusieurs matériaux au sol peuvent ainsi être détectés. Certains minéraux sulfurés comme la chalcopyrrite ou la pyrite sont conducteurs et sont détectés par l'appareil. On utilise le même appareil pour repérer l'étendue des nappes phréatiques; l'eau chargée en minéraux est conductrice. Les minéraux ferromagnétiques, comme la magnétite (Fe_3O_4) ou l'ilménite (FeTiO_3), sont aussi détectés même s'ils sont de très mauvais conducteurs électriques. Enfin, on détecte également les lignes à haute tension, les pipelines, les rails de chemins de fer, etc.

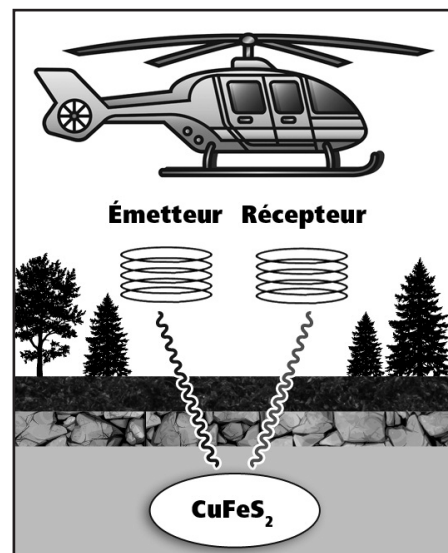
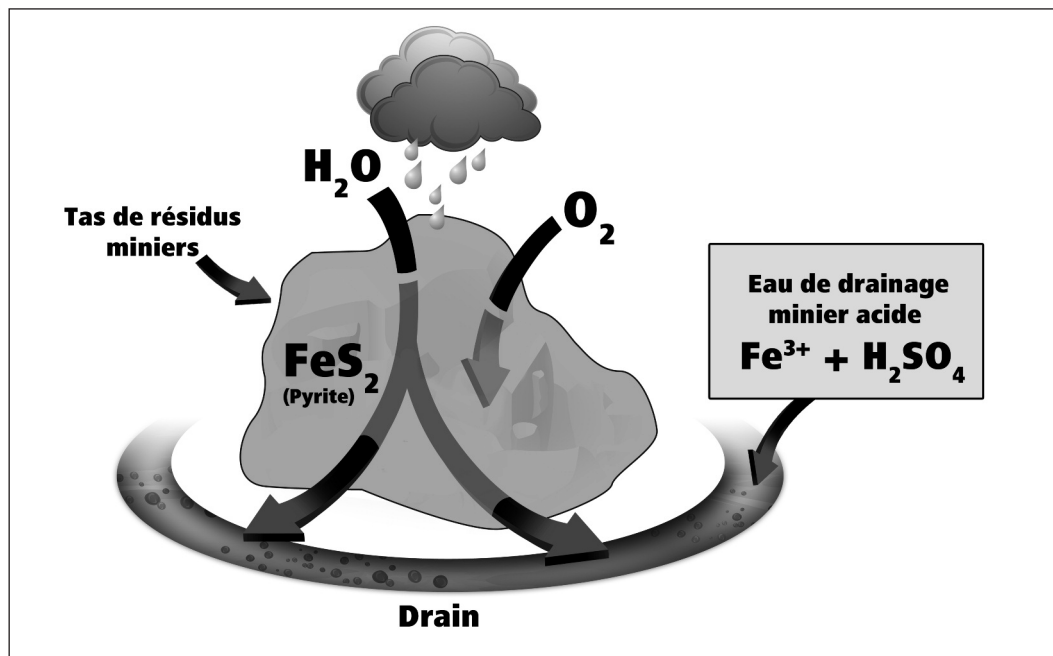


FIG. 1 : Schéma d'un émetteur-récepteur électromagnétique monté à bord d'un hélicoptère qui excite un gisement de chalcopyrrite.

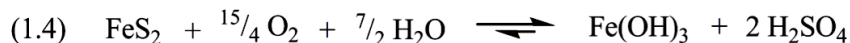
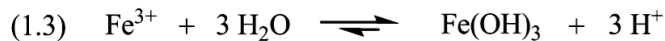
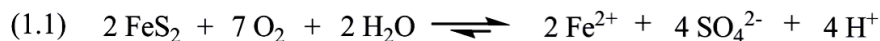
Le drainage minier acide (DMA)



L'intervenant du CSMO Mines a fait vivre à vos élèves une situation dans laquelle ils devaient effectuer le traitement environnemental adéquat sur un échantillon d'eau de drainage minier acide. Voici quelques détails supplémentaires pour approfondir ce phénomène.



Il est très fréquent de retrouver dans la roche de la pyrite (FeS_2) mélangée à la chalcoppyrite (CuFeS_2). Si la chalcoppyrite est extraite pour fabriquer du cuivre, la pyrite est rejetée dans les parcs à résidus où elle se transforme avec l'oxygène et l'eau. Les processus d'oxydation (Éq. 1.1 et 1.2) et de précipitation (Éq. 1.3) qui ont cours sont représentés dans les équations suivantes :



Au bilan, les véritables produits de ces réactions sont l'hydroxyde de fer et l'acide sulfurique. Dans l'équation 1.4, on constate que chaque mole de pyrite produit 2 moles d'acidité (H^+).

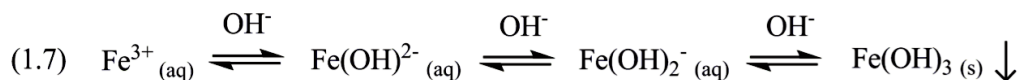
À $\text{pH} < 3$, la pyrite réagit avec le fer (Fe^{3+}) dissous : une nouvelle réaction d'oxydation indirecte a lieu. Chaque mole de pyrite génère ici 16 moles d'acidité, selon l'équation suivante :



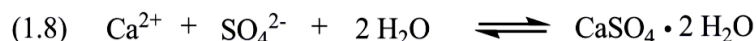
Vos élèves ont traité des échantillons d'eau de drainage à pH2 en utilisant l'eau de chaux ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) qui peut libérer jusqu'à deux groupements hydroxyles (OH^-).



Ces OH^- neutralisent d'abord les H^+ en solution. Avec l'augmentation du pH, les groupements hydroxyles s'arriment aux métaux dissous selon leur affinité. Le fer est le premier métal à précipiter sous forme d'un hydroxyde jaune-brunâtre vers pH4 (1.7).



Enfin, l'eau de drainage acide contenant des groupements sulfates (SO_4^{2-}) (Éq.1.1) réagira avec le calcium libéré par la chaux (Éq.1.6) pour former du gypse (Éq. 1.8) :



Même si l'on arrive à bien contrôler les effets néfastes du drainage minier acide, les méthodes de précipitation ou de neutralisation demeurent coûteuses et génèrent des déchets. La solution la plus écologique consiste à prévenir le drainage acide plutôt que d'avoir à le traiter.

4

Activité de réinvestissement

Peu d' O_2 sous l'eau



Nous vous proposons de réaliser une dernière expérience pour montrer à vos élèves qu'il existe des solutions simples pour prévenir le drainage minier acide. Dans certaines mines, on immerge sous l'eau les résidus contenant de la pyrite pour barrer la route à l'oxygène. Voyons voir si l'eau peut empêcher un avocat de s'oxyder!

• Durée

10 minutes au début de la période et 10 minutes à la fin

• Matériel

- Le quart d'un avocat bien mûr*
- 2 béchers de 100 ml
- 1 couteau à dents
- 2 couteaux de plastique
- 1 feuille d'essuie-tout
- 1 l d'huile végétale
- Pichet d'eau du robinet
- 1 sac de plastique avec fermeture étanche

* Il est important d'utiliser les avocats une fois mûrs, sinon l'effet sur le brunissement est moins visible.

Déroulement

- Distribuez le matériel à chaque équipe.
- Coupez l'avocat en quatre petits morceaux et plongez un morceau dans l'huile, un morceau dans l'eau (maintenus bien au fond avec les couteaux de plastique plantés dans les morceaux d'avocat) et un autre dans le sac de plastique que l'on vide de son air avant de le sceller. Le dernier morceau sert de témoin et demeure à l'air sur la feuille d'essuie-tout.
- Faites asseoir les jeunes et continuez le cours comme à l'habitude. Vous pouvez en profiter pour parler du brunissement des fruits causé par l'oxydation. Interrogez-les sur la nature du brunissement. Qu'est-ce que c'est? Qu'est-ce qui cause le brunissement? Demandez-leur de faire leur prédiction sur le meilleur moyen de protéger l'avocat du brunissement.
- Après 50 minutes, sortez les morceaux d'avocat et placez-les sur la feuille d'essuie-tout pour les comparer. Qu'observez-vous? Lequel a bruni le plus rapidement? Lequel a reçu la meilleure protection?

Pour aller plus loin

On peut essayer avec le jus de citron, le vinaigre, le peroxyde d'hydrogène ou l'eau de javel. Les acides offrent une bonne protection puisqu'ils brisent la conformation des enzymes du brunissement et les empêchent de fonctionner. Classiquement, on prévient le brunissement d'un guacamole en ajoutant du jus de citron. La vitamine C qu'il contient s'oxyde à la place de l'avocat. Le peroxyde d'hydrogène est transformé en dioxygène grâce à la catalase, une enzyme présente chez de nombreux êtres vivants, dont les humains (pensons à nos blessures traitées au peroxyde). Enfin, l'eau de javel est un oxydant tellement intense qu'il décolore complètement le fruit.

La science qui s'y cache...

La réaction de brunissement observée chez l'avocat, la banane ou la pomme, est causée par l'exposition de sa chair à l'oxygène. Diverses enzymes interviennent pour fixer l'oxygène et transformer des acides aminés en mélanines. Les mélanines sont des pigments naturels et leurs couleurs varient du noir au brun en passant par le rouge et le jaune... comme si l'avocat bronzait devant nos yeux!

L'effet de barrière à l'oxygène qu'offre l'eau est très efficace. Alors que la concentration en oxygène dans l'atmosphère atteint 210 000 ppm (21 %), elle ne dépasse pas 20 ppm (0,002 %) dans l'eau douce. C'est près de 10 000 fois moins! Comme l'oxygène y est aussi très peu mobile, les réactions d'oxydation sont ralenties au point d'être pratiquement arrêtées.

D'autres stratégies existent ou sont en cours de développement, comme la désulfuration des résidus et la protection des résidus avec des toiles synthétiques et différentes couches de sols.

Le saviez-vous...

L'ancienne mine de cuivre de Louvicourt, située près de Val-d'Or, a été l'une des premières mines canadiennes à utiliser l'immersion sous l'eau à grande échelle pour protéger les résidus miniers de l'oxydation et bloquer le DMA. Les 6,6 millions de tonnes de résidus ont été immergés sous un lac artificiel s'étendant sur l'équivalent de 130 terrains de football (105 hectares). On assure le suivi des infrastructures et le suivi environnemental chaque année depuis que la mine a fermé ses portes en 2005. Les teneurs en métaux dissous demeurent bien en dessous des valeurs maximales prescrites par le gouvernement du Québec. Ce projet est une réussite et s'est vu décerner un prix environnemental de l'industrie minière canadienne!

