1 But

Le NAG (*Net Acid Generation*) test permet de classifier un échantillon en fonction de son potentiel de génération d'acide. Il consiste à oxyder les minéraux sulfureux contenus dans l'échantillon par ajout de peroxyde d'hydrogène, et titrer l'acidité de la solution finale pour calculer le NAG

2 Responsable

- Le technicien est responsable de préparer les équipements et d'appliquer la procédure
- Le métallurgiste est responsable de faire appliquer la procédure

3 Équipements de sécurité

Botte/soulier de sécurité

Lunette de sécurité

Gants

Hotte poussière

Chemise/Sarrau

Masque à poussières

Tablier

Visière

4 Équipements

- Plaque agitatrice chauffante
- Béchers
- Appareil de titration
- Fioles jaugées
- Cylindre gradué de 250 ml
- Verre de glace

BROUILLON

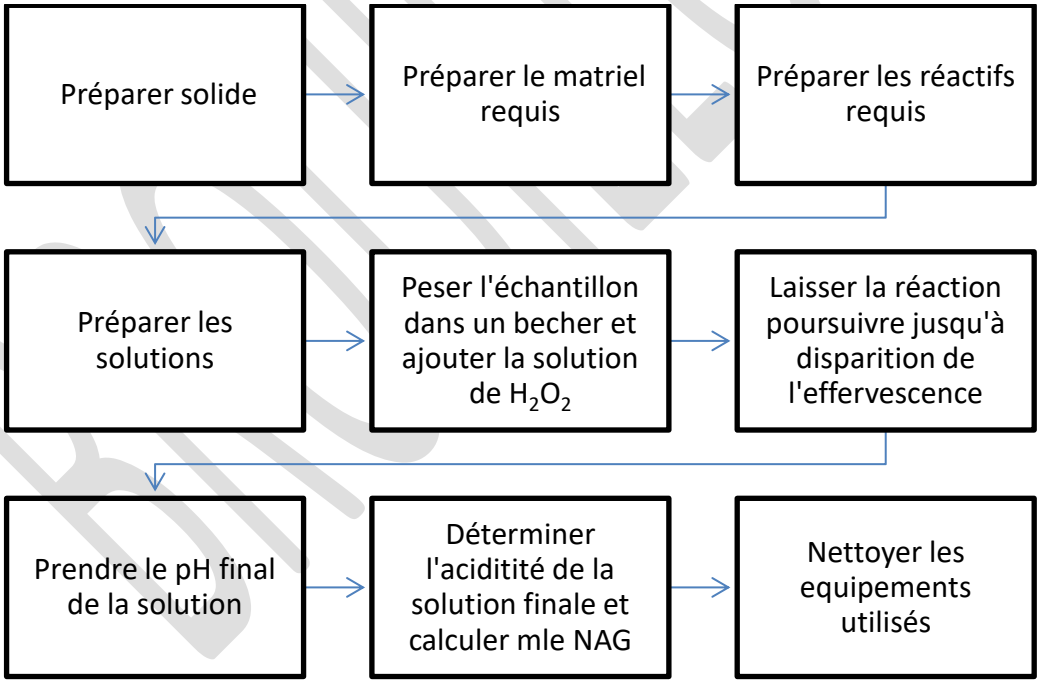
5 Réactifs

- Solutions standards d'hydorxyde de sodium NaOH à 0.1 M et 0.5 M
- Solution de peroxyde d'hydrogène à 30%, dilué à 15% avec de l'eau déionisée.

6 Prérequis

- Avoir suivi une formation pratique sur la réalisation de l'essai
- Avoir suivi une formation sur la manipulation des produits chimiques
- Avoir suivi une formation sur l'utilisation de la pulverisette à anneaux
- Au besoin, avoir suivi une formation sur l'utilisation des concasseurs (mâchoire et rouleaux)

7 Schéma / Organigramme



8 Préparation de l'échantillon solide

8.1 Si l'échantillon est grossier, concasser à un diamètre inférieur à 4 mm.

8.2 Prendre un sous-échantillon représentatif, et le pulvériser à un diamètre inférieur à 75 µm.

Valider avec le métallurgiste responsable de la technique de division de l'échantillon au besoin.

Avoir suivi une formation sur l'utilisation des concasseurs (mâchoire et rouleaux).

Avoir suivi une formation sur l'utilisation de la pulverisette à anneaux.

9 Réalisation de l'essai

9.1 Peser 2.5 g de l'échantillon dans un bécher de 500 ml

9.2 Mesurer dans un cylindre gradué 250 ml de la solution de H_2O_2 à 15% et verser lentement dans le bécher

La solution de H_2O_2 doit être à la température ambiante pour limiter l'effet de la température sur la réaction.

La réaction du NAG peut être rapide, et engendrer une forte effervescence ou ébullition, porter les EPI adaptés pour la manipulation.

9.3 Couvrir le bécher avec un verre de montre, et le placer sous une hotte

9.4 Laisser la réaction jusqu'à disparition de l'effervescence ou de l'ébullition durant une nuit,

Mettre une note pour avertir les autres utilisateurs qu'un essai est en cours sous la hotte

9.5 Au lendemain, placer le bécher sur une plaque agitatrice chauffante et chauffé (sans agitation) légèrement pendant 02 h jusqu'à disparition complète de l'effervescence.

Ne pas laisser l'échantillon bouillir jusqu'assèchement, ajuster au besoin le volume avec de l'eau déionisée pour garder un volume constant

BROUILLON

9.6 Laisser l'échantillon refroidir à température ambiante

9.7 Après refroidissement, rincer les particules solides qui pourraient restées coller aux parois du bécher avec de l'eau déionisée et compléter le volume final à 250 ml

9.8 Prendre le pH final de la solution (NAG $_{pH}$)

9.9 Titrer la solution à pH de 4.5 et 7 avec la solution de NaOH appropriée :

- Si NAG $_{pH}$ > 2, titrer avec la solution de NaOH de 0.1 M
- Si NAG $_{pH}$ ≤ 2, titrer avec la solution de NaOH de 0.5 M

Il est recommandé de titrer à pH de 4.5 et de 7 pour permettre une meilleure interprétation des résultats. La titration à pH de 4.5 permet d'évaluer l'acidité due au fer (Fe), à l'aluminium (Al) et aux ions hydrogène. L'acidité supplémentaire entre le pH de 4.5 et de 7 est due aux métaux solubles comme le cuivre (Cu) et le zinc (Zn).

10 Calcul du NAG de l'échantillon

10.1 Le NAG est calculé en appliquant la formule :

$$NAG = (49 * V * N)/M$$

Avec:

- NAG: net acid generation (kg H_2SO_4/t)
- V: volume de NaOH utilisé lors de la titration (ml)
- N : normalité de la solution de NaOH utilisée (mol/l)
- M : masse de l'échantillon (g)

Si la valeur du NAG obtenue est supérieure à 25 kg H_2SO_4/t, reprendre l'essai avec une masse plus petite d'échantillon (1 g)

11 Interprétation des résultats

11.1 L'interprétation du potentiel de génération d'acide avec la valeur du NAG est résumée comme suit :

- Si NAG =0, l'échantillon est non générateur d'acide
- Si NAG = 5, l'échantillon a une capacité de génération d'acide faible

PROJET

- Si NAG > 5, l'échantillon est potentiellement générateur d'acide

11.2 Le NAG $_{pH}$ peut également donner une indication sur le potentiel de génération d'acide de l'échantillon :

Si NAG $_{pH}$ = 4.5, l'échantillon est non générateur d'acide
Si NAG $_{pH}$ < 4.5, l'échantillon à un potentiel de génération d'acide faible ou élevé

12 Enregistrement

S.O.

13 Référence

13.1 FR-CSD-MET-PO-0107 Utilisation concasseur a mâchoire

13.2 FR-CSD-MET-PO-0819 Utilisation pulvérisateur à anneaux

14 Signature

S.O.

BROUILLON

1 But

L'essai PN-PA consiste à determiner le potentiel de neutralisation (PN) et le potentiel d'acidification (PA) d'un échantillon donné. Le PN et le PA permettent de calculer le potentiel net de neutralisation (PNN) de l'échantillon. A partir du PNN, on evalue le potentiel de génération d'acide (PGA) de l'échantillon: générateur d'acide, incertain ou non générateur d'acide.

2 Responsable

- Le technicien est responsable de préparer les équipements et d'appliquer la procédure
- Le métallurgiste est responsable de faire appliquer la procédure

3 Équipements de sécurité

Botte/soulier de sécurité

Lunette de sécurité

Gants

Hotte poussière

Chemise/Sarrau

Masque à poussières

Tablier

Visière

4 Équipements

- Plaque agitatrice chauffante
- Béchers
- Appareil de titration
- Erlenmeyer de 90 ml
- Fioles jaugées

BROUILLON

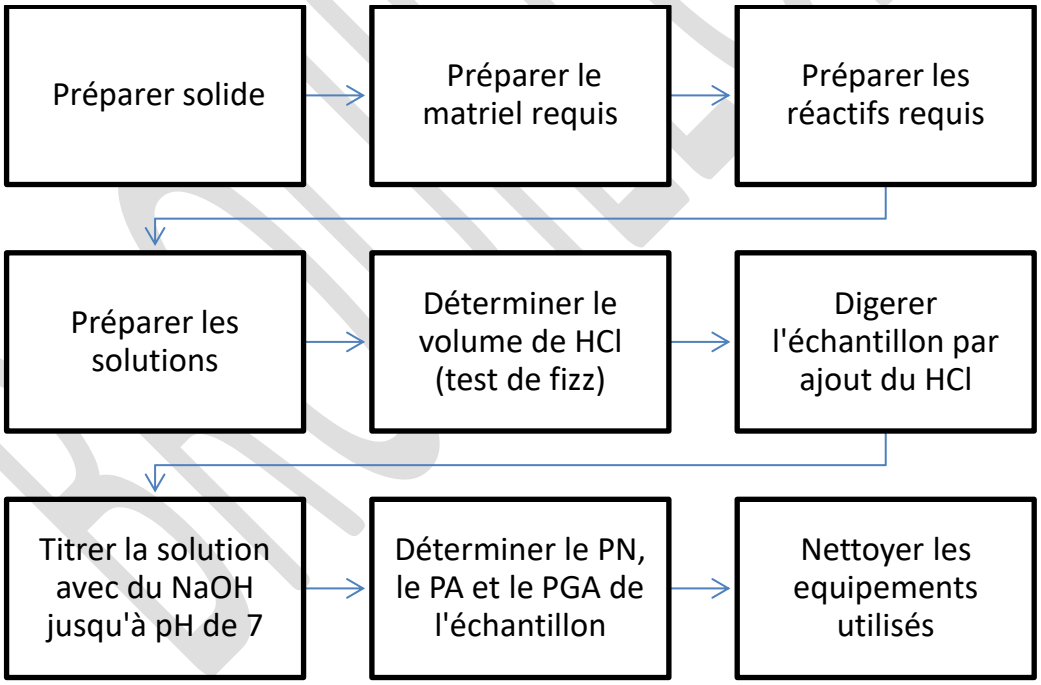
5 Réactifs

- Acide chlorydrhique HCl
- Hydorxyde de sodium NaOH

6 Prérequis

- Avoir suivi une formation pratique sur la réalisation de l'essai
- Avoir suivi une formation sur la manipulation des produits chimiques
- Avoir les caractérisations minéralogiques de l'échantillon, ainsi que sa teneur en soufre total

7 Schéma / Organigramme



8 Préparation de la solution de NaOH à 0.1 M

8.1 Préparer le volume désiré de la solution de NaOH à 0.1 M en appliquant la formule :

$$V_{NaOH} = \frac{m_{NaOH}}{N * M_{NaOH}}$$

Avec :

- V_{NaOH} : volume de la solution (l)
- m_{NaOH} : masse de NaOH à peser (g)
- N : normalité de la solution (0.1 mol/l)
- M_{NaOH} : Masse molaire de NaOH (40 g/mol)

9 Préparer la solution de HCl à 25%

9.1 Calculer le facteur de dilution en appliquant la formule :

$$\frac{C_{Sol.m}}{C_{Sol.d}} = \frac{P_{Sol.m}}{P_{Sol.d}} * \frac{D_{Sol.m}}{D_{Sol.d}} = facteur\ de\ dilution$$

Avec :

- $C_{sol.m}$ et $C_{sol.d}$: les concentrations molaires respectives des solutions de HCl concentrée et diluée respectivement
- $P_{sol.m}$ et $P_{sol.d}$: les pourcentages massiques respectifs de la solution concentrée et diluée
- $D_{sol.m}$ et $D_{sol.d}$: les densités respectives de la solution concentrée et diluée

BROUILLON

9.2 Calculer le volume à prélever de la solution concentrée en appliquant la formule :

$$V_{prev} = \frac{V_{des}}{facteur\ dilution}$$

Avec :

V_{prev} : volume à prélever de la solution concentrée

V_{des} : Volume désiré de la solution diluée

9.3 Dans une fiole jaugée, ajouter un peu déionisée et verser le volume prélevé de la solution concentrée

9.4 Compléter au trait de jauge avec de l'eau déionisée.

10 Préparation de la solution de HCl à une normalité donnée

10.1 Préparer le volume désiré de la solution de HCl avec la normalité désirée en appliquant la formule :

$$V_{Sol.m} = \frac{N_{sol.d} * V_{Sol.d}}{N_{Sol.m}}$$

Avec :

- $V_{sol.m}$: volume à prélever de la solution mère (acide concentré)
- $V_{sol.d}$: volume désiré de la solution acide dilué
- $N_{sol.m}$: normalité de la solution mère (acide concentré)
- $N_{sol.d}$: normalité désirée de la solution acide dilué

10.2 Ajouter un peu d'au déionisée dans une fiole jaugée (volume de la fiole dépendamment du volume de solution diluée désiré), et y ajouter le volume prélevé de la solution mère de HCl concentré

10.3 Compléter au trait de jauge avec de l'eau déionisée.

11 Détermination de la solution de HCl à utiliser (test de fizz)

BROUILLON

11.1 Peser 0.5 g de l'échantillon dans un bécher.

11.2 Ajouter goutte à goutte la solution de HCl à 25% et évaluer l'effervescence (fizz)

11.3 Déterminer le volume de HCl à partir du taux d'effervescence :

- Effervescence nulle : 20 ml de HCl à 0.1 M
- Effervescence faible : 40 ml de HCl à 0.1 m
- Effervescence modérée : 40 ml à 0.5 M
- Effervescence forte : 80 ml de HCl à 0.5 M

L'évaluation du taux de Fizz dépend de l'expérience de celui qui réalise l'essai. La détermination de la solution de HCl à utiliser est donc subjective.

12 Détermination de la solution de HCL à utiliser (calcul minéralogique)

12.1 Le volume de la solution de HCl à utiliser est calculé par l'équation :

$$V_{HCl} = \sum_{i=1}^{k} \left(\frac{2 * \left(\frac{mi * \frac{xi}{100}}{P_{Mi}}\right)}{N_{HCl}} * 1000 \right)$$

Avec :

- VHCl : volume de la solution de HCl pour neutraliser 1 g du minéral carbonaté (ml)
- Mi : poids du minéral carbonaté (g)
- Xi : pourcentage massique du minéral carbonaté (%)
- P_{Mi} : poids moléculaire du minéral carbonaté
- N_{HCl} : molarité de la solution de HCl
- 1000 : facteur de conversion pour avoir le volume de HCl en ml
- K : nombre de minéraux carbonatés dans l'échantillon.

Cette méthode permet d'éliminer la subjectivité liée au test de fizz, mais nécessite d'avoir une caractérisation minéralogique de l'échantillon au préalable.

PRODUCTION

13 Digestion de l'échantillon avec du HCl

13.1 Peser 2 g de l'échantillon et mettre dans un erlenmeyer

13.2 Ajouter 90 ml d'eau déionisée.

13.3 Ajouter le volume de la solution de HCl appropriée selon le test de fizz

13.4 Mettre sur la plaque agitatrice chauffante à 90 °C sans agitation

13.5 Attendre disparition complète des bulles engendrées par la réaction HCl-échantillon

13.6 Retirer l'erlenmeyer de la plaque et laisser refroidir

13.7 Titrée la solution avec la solution de NaOH à 0.1 M jusqu'à pH de 7

13.8 Noter le volume de NaOH utilisé

Porter les EPI requis pour la manipulation des produits chimiques

14 Détermination du PN, du PA, du PNN et du PGA

14.1 Le potentiel de neutralisation (PN) est déterminé par l'équation :

$$PN = \left[\frac{(N_{HCl} * V_{HCl}) - (N_{NaOH} * V_{NaOH})}{m}\right] * 50$$

Avec :

- PN : potentiel de neutralisation en Kg $CaCO_3$/t
- N_{HCl} et N_{NaOH} les molarités de HCl et NaOH respectivement
- V_{HCl} et V_{NaOH} les volumes de HCl et NaOH respectivement
- M : masse de l'échantillon

14.2 Le potentiel d'acidité (PA) est déterminé par l'équation :

$$PA = w.t\ \%\ S_{tot} * 31.25$$

Avec :

- PA : potentiel d'acidité (Kg $CaCO_3$/t)
- w.t % S_{tot}: pourcentage massique du soufre total dans l'échantillon

BROUILLON

14.3 Le potentiel net de neutralisation (PNN) est déterminé par l'équation :

$$PNN = PN - PA$$

14.4 Le PNN permet d'évaluer le potentiel de génération d'acide (PGA) de l'échantillon :

Si le PNN > 20 Kg $CaCO_3$/t, l'échantillon non générateur d'acide

Si le PNN < -20 Kg $CaCO_3$/t, l'échantillon est générateur d'acide

Si -20 Kg $CaCO_3$/t < PNN < 20 Kg $CaCO_3$/t, le potentiel de génération d'acide de l'échantillon est incertain

15 Calcul et exemple

S.O.

16 Interprétation des résultats

S.O.

17 Enregistrement

S.O.

18 Référence

18.1

19 Signature

S.O.

BROUILLON

1 But

Le SFE (*Shake Flask Extraction*) test est utilisé pour évaluer la lixiviation à court terme des elements en trace d'un échantillon donné. Il consiste à mettre l'échantillon en agitation continue avec de l'eau déionisée pendant 24 h. Le lixiviat final est recupéré et analyse pour avoir les teneurs des différents élements chimiques.

2 Responsable

- Le technicien est responsable de préparer les équipements et d'appliquer la procédure
- Le métallurgiste est responsable de faire appliquer la procédure

3 Équipements de sécurité

Botte/soulier de sécurité

Lunette de sécurité

Gants

Hotte poussière

Chemise/Sarrau

Masque à poussières

Tablier

Visière

4 Équipements

- Agitateur
- Appareil de filtration
- Filtre 0.45 µm
- Erlenmeyer
- pH-mètre

BROUILLON

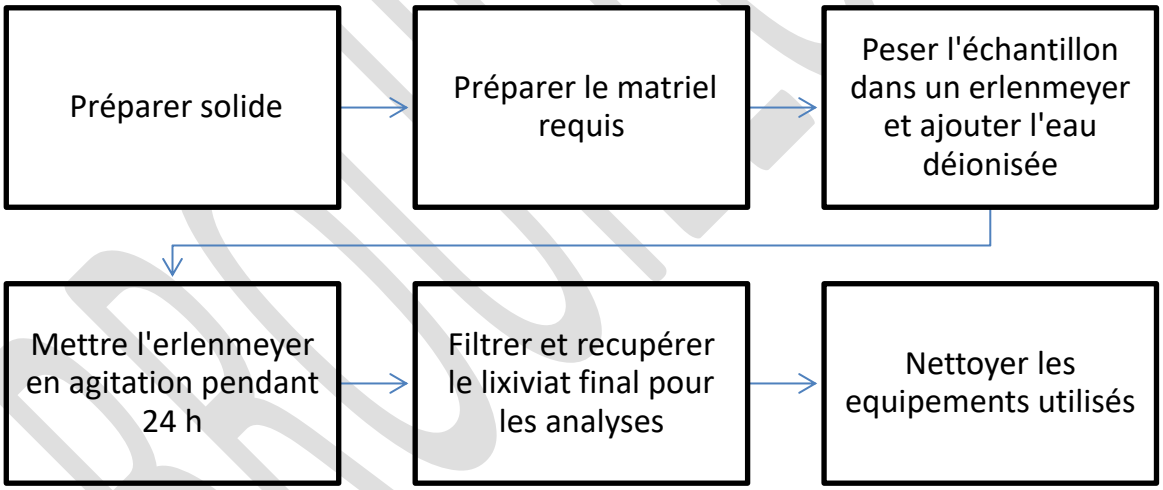
5 Réactifs

Acide nitrique HNO_3

6 Prérequis

- Avoir suivi une formation pratique sur la réalisation de l'essai
- Avoir suivi une formation sur l'utilisation de la pulverisette à anneaux
- Au besoin, avoir suivi une formation sur l'utilisation des concasseurs (mâchoire et rouleaux)

7 Schéma / Organigramme



8 Préparation de l'échantillon solide

8.1 Si l'échantillon est grossier, concasser à un diamètre inférieur à 4 mm.

8.2 Prendre un sous-échantillon représentatif, et le pulvériser à un diamètre inférieur à 75 µm.

Valider avec le métallurgiste responsable de la technique de division de l'échantillon au besoin.

Avoir suivi une formation sur l'utilisation des concasseurs (mâchoire et rouleaux).

Avoir suivi une formation sur l'utilisation de la pulverisette à anneaux.

9 Réalisation de l'essai

9.1 Peser 250 g de l'échantillon dans un erlenmeyer de 1 L

9.2 Ajouter 750 ml d'eau déionisée et couvrir avec un papier film

9.3 Mettre l'erlenmeyer en agitation sur l'agitateur pendant 24 h

9.4 A la fin, arrêter l'agitateur et faire une mise à énergie zéro (débrancher de la prise électrique)

9.5 Prendre la valeur du pH final

9.6 Filtrer la solution finale et récupérer le lixiviat

9.7 Envoyer le lixiviat au laboratoire pour analyse ICP-AES

Si les analyses ne seront pas faites dans l'immédiat après la filtration, préserver l'échantillon en y ajoutant 2% d'acide nitrique par rapport au volume du lixiviat à analyser

10 Calcul et exemple

S.O.

11 Interprétation des résultats

S.O.

12 Enregistrement

S.O.

13 Référence

BROUILLON

13.1 FR-CSD-MET-PO-0107 Utilisation concasseur a mâchoire

13.2 FR-CSD-MET-PO-0819 Utilisation pulvérisateur à anneaux

14 Signature

S.O.

BROUILLON

1 But

L'essai SPLP (*Synthetic Precipitation Leaching Procedure*) permet de simuler la lixiviation des rejets exposés aux pluies acides. L'échantillon solide est mis en contact avec une solution de lixiviation appropriée à un ratio liquide/solide de 20 dans une bouteille. La bouteille est ensuite mise en rotation à une vitesse de 30 trs/minute pour une durée de 18 h. A la fin, l'échantillon est filtré. Sur le lixiviat obtenu on détermine les concentrations en métaux. Ces concentrations permettent d'évaluer le potentiel de lixiviation des métaux, et donc d'évaluer le risque environnemental que ceux-ci peuvent causer.

2 Responsable

- Le technicien est responsable de préparer les équipements et d'appliquer la procédure
- Le métallurgiste est responsable de faire appliquer la procédure

3 Équipements de sécurité

Botte/soulier de sécurité

Lunette de sécurité

Gants

Hotte poussière

Chemise/Sarrau

Cadenas personnel

Masque à poussières

Tablier

Visière

4 Équipements

- Rouleaux horizontaux ou inclinés
- Digitubes de 50 ml
- pH-mètre
- Système de filtration sous vide

BROUILLON

- Tamis 9.5 mm
- Four à 60 °C
- Agitateur chauffant
- Verre de montre
- Barreau magnétique
- Filtre 0.45 µm
- Béchers

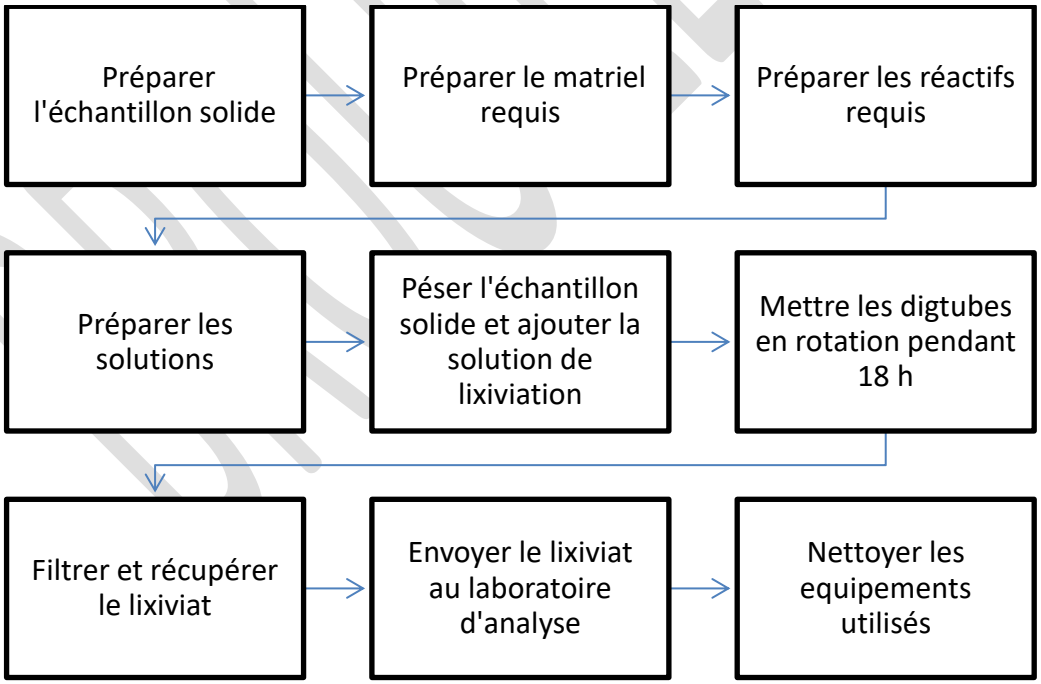
5 Réactifs

- Acide nitrique HNO_3
- Acide sulfurique

6 Prérequis

- Avoir suivi une formation pratique sur la réalisation de l'essai
- Avoir suivi une formation sur la manipulation des produits chimiques

7 Schéma / Organigramme



8 Préparation de l'échantillon

8.1 Vérifier que l'échantillon solide à une granulométrie inférieure à 9.5 mm

8.2 Si non, passer l'échantillon au concasseur à rouleaux, et utiliser le tamis 9.5 mm pour vérifier la granulométrie

Voir la procédure sur l'utilisation du concasseur à rouleaux

9 Préparation de la solution mère

9.1 Verser 14 ml d'acide nitrique dans un bécher

9.2 Ajouter lentement 16 ml d'acide sulfurique

Porter les EPI requis pour la manipulation des produits

10 Préparation de la solution tampon

10.1 Verser 950 ml d'eau deionisée dans un bécher de 2 L

10.2 Mettre un barreau aimanté, et mettre sous agitation (sans chauffage)

10.3 A l'aide d'une pipette, ajouter goutte à goutte la solution mère jusqu'à ce que le pH soit de 4.2±0.05

10.4 Compléter à 1 L avec de l'eau

Porter les EPI requis pour la manipulation des produits chimiques

Ajuster la quantité de la solution tampon à préparer en fonction du nombre d'essais à effectuer.

11 Réalisation de l'essai

11.1 Peser 1 g d'échantillon solide dans un digitube de 50 ml

11.2 Ajouter 20 ml de la solution de tampon

L'essai SPLP est réalisé sur la base d'un ratio liquide/solide de 20. On peut donc le réaliser avec une masse d'échantillon différente tant que ce ratio est respecté

BROUILLON

11.3 Mesurer et noter le pH initial

11.4 Fermer le digitube et le mettre dans une bouteille allant sur les rouleaux horizontaux ou inclinés pour une période de 18 h±2 h, à une vitesse de rotation de 30±2 tours/minute

Certains échantillons contenant des carbonates peuvent dégager du gaz durant la lixiviation. Il est souhaitable de s'assurer de l'absence de gaz dans le digitube après une heure en ouvrant le bouchon sous une hotte

11.5 A la fin de la lixiviation, arrêter les rouleaux et faire une mise à énergie zéro

11.6 Enlever le/les digitube(s) et laisser décanter

11.7 Filtrer sur un filtre de 0.45 µm, et mesurer le pH final

11.8 Envoyer le lixiviat au laboratoire pour analyse ICP-AES

Si les analyses ne seront pas faites dans l'immédiat après la filtration, préserver l'échantillon en y ajoutant 2% d'acide nitrique par rapport au volume du lixiviat à analyser

12 Calcul et exemple

S.O.

13 Interprétation des résultats

S.O.

14 Enregistrement

S.O.

15 Référence

15.1 CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC (CEAEQ). 2012. Protocole de lixiviation pour les espèces inorganiques. Méthode d'analyse (MA. 100 – Lix.com. 1.1), p.17

16 Signature

S.O.

BROUILLON

1 But

Le micro-broyage, suivit de la micro-cyanuration consiste à broyer finement le matériel avec des séquences de broyage (15 s de broyage par séquence), de préléver deux échantillons (5 g ou 10 g) par séquence, de cyanurer un des échantillons de chaque séquence et de faire une analyse granulométrique (Microtrac) de l'autre. Cela permet d'évaluer la libération de l'or à chaque séquence de broyage, et de déterminer le dégré de libération pour avoir une en or donnée.

2 Responsable

- Le technicien est responsable de préparer le matériel et d'effectuer le micro-broyage et la micro-cyanuration.
- Le métallurgiste est responsable de faire appliquer la procédure.

3 Équipements de sécurité :

Botte/soulier de sécurité

Douche d'urgence

Lunette de sécurité

Gants

Masque à poussière

Détecteur de gaz (HCN)

Cadenas personnel

Hotte chimique

Hotte poussière

Chemise/Sarrau

Protection auditive

4 Équipements

- Digitube
- Plateaux de digitube

BROUILLON

- Chariot
- Brosse
- pH-mètre, sonde oxymètre et sonde ORP
- Erlenmeyer
- Filtres
- Büchner
- Agitateur aimanté
- Plaque agitatrice
- Spatule
- Sonotube
- 2 Dispenseurs automatiques 0-25 mL
- Bouteille vaporisateur d'eau
- Balance de précision pour réactifs (à ±0,01 g)
- Montage de titration au nitrate d'argent

5 Réactifs

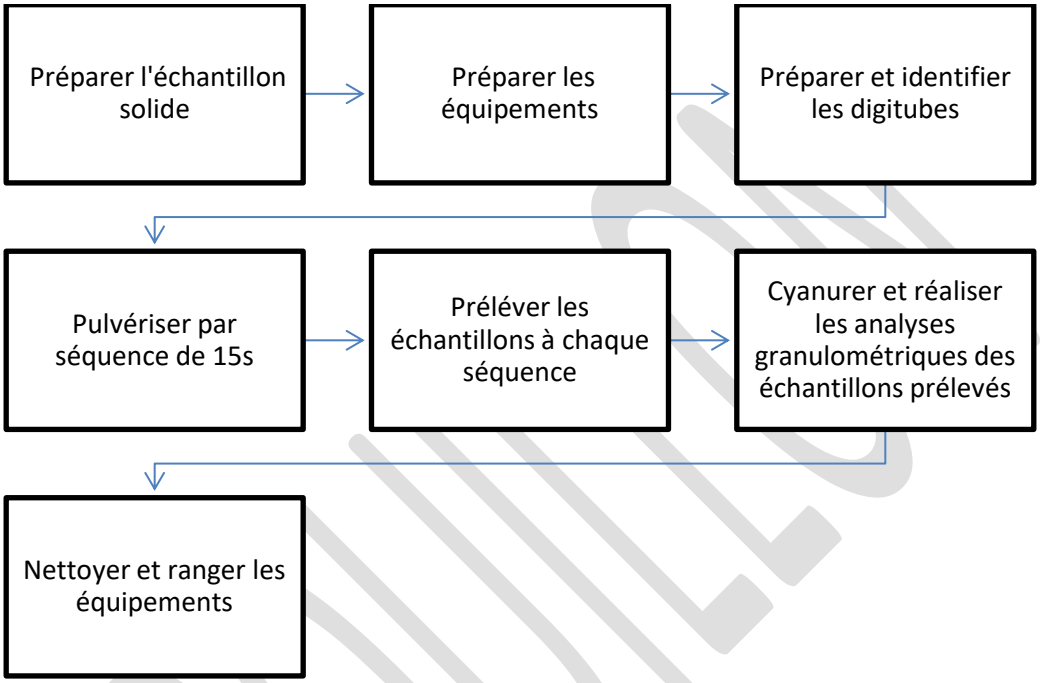
- Acétone/Méthanol
- Cyanure de sodium en poudre (NaCN) >95 %
- Soude Caustique (Pastilles 99% NaOH) ou chaux hydratée
- Nitrate de plomb solide ($PbNO_3$) >95 %
- Oxygène >99,5 % (optionnel)
- Solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) 8,663 g/L
- Iodure de potassium (KI) 5 %
- Solutions tampons (7,10 et 12)

6 Prérequis

- Avoir suivi une formation sur l'utilisation du pulvérisateur à anneaux.
- Avoir suivi une formation sur la cyanuration
- Connaissance des fiches signalétiques des réactifs utilisés.
- Connaissance des procédures en santé & sécurité (utilisation des acides et bases concentrés, manipulation du cyanure, manipulation de contenant sous pression).

BROUILLON

7 Schéma / Organigramme



8 Préparation de l'échantillon et des équipements.

8.1 Vérifier la disponibilité et rassembler tous les équipements et réactifs requis. Valider les dates de péremption des réactifs pour utiliser des réactifs frais, actifs.

Permets d'éviter les pertes de temps.

8.2 S'assurer d'avoir tous les EPI (équipements de protection individuelle) à sa disposition.

8.3 Préparer les documents d'essais : fichiers bilan, feuille de laboratoire et étiquettes. Il est recommandé de s'aider du fichier de planification.

Éviter les pertes de données en notant toute information sur la feuille de laboratoire.

8.4 Préparer les instruments de mesure (pH-mètre, oxymètre) et les calibrer selon les procédures (voir section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

S'assurer de la fiabilité des mesures. Calibrer tous les jours ou au besoin.

8.5 Identifier les digitubes. Noter la masse de chacun vide.

L'identification permet d'éviter le risque de mélanger les échantillons entre eux.

8.6 Préparation de l'échantillon solide : homogénéiser et diviser pour avoir un échantillon de 250 g pour alimenter le pulvérisateur à anneaux.

8.7 Identifier les digitubes : une paire de digitubes par séquence : un pour la micro-cyanuration et un autre pour l'analyse granulométrique.

8.8 Peser et noter le poids des digitubes vides (seulement celui pour la cyanuration)

9 Étape du micro-broyage

9.1 Homogénéiser l'échantillon initial (méthode des coins) et prélever deux échantillons de 10 g dans les digitubes.

Il est préférable de faire des prélèvements de 15 g pour avoir une plus grande masse pour les analyses. Valider la masse à prélever avec le métallurgiste.

9.2 Mettre le reste du matériel dans le bol du pulvérisateur à anneaux et pulvériser pendant 15 s.

Utiliser le chariot pour le transport du bol du pulvérisateur.

BROUILLON

9.3 Prélever deux échantillons de 10 g directement dans le bol du pulvérisateur et mettre dans deux digitubes distincts. Noter les masses.

9.4 Pulvériser pour une autre séquence de 15 s et prélever deux nouveaux échantillons. Noter les masses.

9.5 Répéter les séquences de pulvérisation de 15 s avec prélèvement des échantillons jusqu'à épuisement du matériel ou selon le temps de broyage défini par le métallurgiste. Noter les masses.

9.6 A la fin des séquences de pulvérisation, peser et garder le reste de l'échantillon (s'il en reste).

9.7 Nettoyer le bol du pulvérisateur avec de la silice.

9.8 Peser et noter les poids des digitubes + échantillons.

10 Étape de la micro-cyanuration

10.1 Préparer la solution de cyanuration :

10.1.1 Valider les paramètres de cyanuration (pH, taux d'O_2 dissout, quantité de nitrate de plomb, quantité de cyanure, % solide) avec le métallurgiste.

10.1.2 Dans un erlenmeyer de 1 L, remplir avec de l'eau embouteillée

10.1.3 Ajouter de la chaux pour atteindre le pH définit, et noter la masse de la chaux utilisée

10.1.4 Ajuster le pH à 11,5 à l'aide de la chaux hydratée ou de la soude caustique.

10.1.5 Peser et ajouter la quantité de cyanure.

Manipuler les cyanures avec soin. Nettoyer la balance et le matériel qui a été en contact avec le cyanure. Utiliser au besoin le gaz-badge HCN lors des manipulations.

10.1.6 Ajouter un agitateur aimanté et mettre sur une plaque agitatrice.

10.1.7 Agiter 5 minutes pour dissoudre le cyanure.

10.1.8 Ajouter de l'oxygène pour atteindre le taux d'oxygène dissout défini

A la fin, fermer la bonbonne d'oxygène et ouvrir la valve pour dépressuriser. Fermer et cadenasser les valves de distribution de l'oxygène après utilisation.

BROUILLON

10.2 Dans chaque digitube, prélever et ajouter le volume de la solution de cyanuration définit en fonction du % solide ciblé.

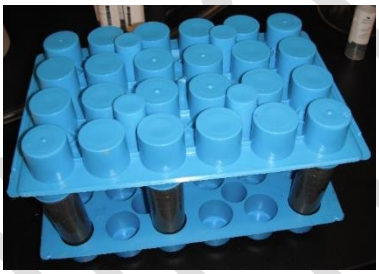
10.3 Agiter les digitubes pour humidifier tout le solide.

10.4 Prendre les valeurs initiales des paramètres (pH, température, O_2, ORP) dans chaque digitube.

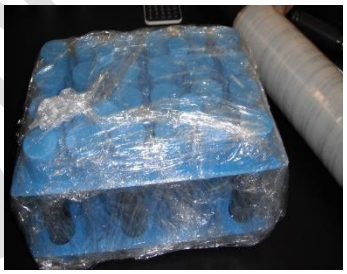
10.5 Mettre en place le digitubes pour la cyanuration en suivant les étapes définies dans le schéma ci-contre :

(1)

(2)

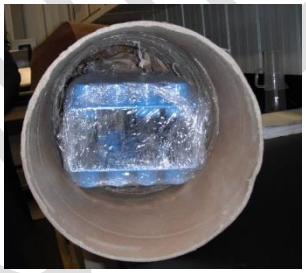


(3)



(4)

(5)



(6)

(7)

(8)

10.6 Mettre le rouleau Sonotube contenant les supports à digitubes sur les rouleaux horizontaux à 32 RPM en mode continu pour une cyanuration de 16 h à 18 h.

Partir la cyanuration en après-midi (après 14 h) pour les 18 h de cyanuration (arrêt autour de 8 h le lendemain)

10.7 Prendre les valeurs finales des paramètres (pH, température, O_2, ORP) dans chaque digitube.

10.8 A la fin de la cyanuration, peser et noter la masse des digitubes.

10.9 Filtrer chaque digitube et récupérer la solution mère

Préparer plusieurs filtres en même temps. On peut aussi filtrer sur les büchners.

Figure 1: Rouleaux horizontaux et filtration après cyanuration

10.10 Prélever 10 mLde la solution mère pour la détermination des cyanures libre à l'aide d'une titration au nitrate d'argent. Envoyer le restant au laboratoire d'analyse.

Valider avec le métallurgiste les analyses à demander au laboratoire d'analyse

10.11 Récupérer et sécher les rejets de cyanuration au four.

10.12 Après séchage, envoyer au laboratoire d'analyse

Valider avec le métallurgiste les analyses à demander au laboratoire d'analyse

10.13 Nettoyer et ranger les équipements utilisés

11 Exemples et calculs

11.1 Eau nécessaire selon le % solide cible (ex. : 40 % solide et 1000 g minerai sec)

$$Masse\ de\ pulpe\ =\ masse\ solide\ sec\ /\%solide\ =\ 1000\ g\ sec\ minerai\ /\ 0{,}4\ =\ 2500\ g\ pulpe$$

$$Masse\ d'eau\ =\ Masse\ de\ pulpe - masse\ solide\ sec\ =\ 2500\ g\ pulpe - 1000\ g\ sec\ =\ 1500\ g\ d'eau$$

11.2 Densité de la pulpe (ex. : pulpe : 40 % solide, densité spécifique fixée à 2,6 g/mL)

$$\rho(\text{pulpe}) = \frac{1}{\frac{\%\text{masse}}{\text{densité}}(liquide) + \frac{\%masse}{densité}(solide)}$$

$$Densité\ pulpe\ =\ =\ 1/((0{,}4/2{,}6) + (0{,}6/1))\ =\ 1{,}327\ g/mL$$

11.3 Volume de pulpe (ex : 1000 g de minerai et 1500 g d'eau)

$$Volume\ de\ pulpe\ =\ Masse\ de\ pulpe/densité\ de\ pulpe$$

$$Volume\ de\ pulpe =\ 2500\ g\ pulpe\ /\ 1{,}327\ g/mL\ =\ 1{,}884\ mL\ de\ pulpe$$

11.4 Masse de nitrate de plomb (ex. :$250\ g/t\ dans\ une\ pulpe\ de\ 1000\ g\ de\ solide\ sec$)

Conversion de grammes (g) en tonne métrique (t) : 1 t = 1000000 g

$$Masse\ de\ nitrate\ de\ plomb =\ Dosage\ en\ nitrate\ de\ plomb\ *\ masse\ de\ solide\ \text{sec}\ en\ tonne\ métrique$$

$$Masse\ de\ nitrate\ de\ plomb =\ 250\frac{g}{t} * \frac{1000\ g}{1000000\frac{g}{t}} = 0{,}25\ g$$

PROJET

- INCERTITUDES : Si la masse de nitrate de plomb est trop faible pour les précisions de pesée des balances disponibles, choisir un ajout liquide. Voir section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

11.5 Masse de cyanure (ex. : 1 g/L ou 1000 mg/L dans une solution de 1500 mL), toujours calculé en fonction des de solution (liquide seul).

$$Masse\ de\ cyanure\ =\ Volume\ de\ liquide\ en\ L\ *\ dosage\ de\ cyanure\ en\ g/L$$

$$Masse\ de\ cyanure = \left(1500\ mL * \frac{1\ L}{1000\ mL}\right) *\ 1\frac{g}{L} =\ 1{,}5\ g\ de\ cyanure$$

- INCERTITUDES : Si la masse de cyanure de sodium est trop faible pour les précisions de pesée des balances disponibles, choisir un ajout liquide. Voir section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

Dans le cas d'une cyanuration intensive, le volume de liquide doit être substitué par la masse de liquide (1L de liquide n'est pas égale à 1 kg), donc si on exprime des valeurs en % NaCN. Par exemple 20 g/L NaCN ≠ 2% NaCN.

BROUILLON

12 Exemple de planification d'essais

12.1 Cyanuration de 24 hres :

Tableau 1: Exemple de planification sur une semaine

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
Pesé échantillon	96x				
Préparer solutions	2x				
Départ Cyanurations	24x (PM)	24x (PM)	24x (PM)	24x (PM)	
Fin Cyanurations		24x (AM)	24x (AM)	24x (AM)	24x (AM)
Filtrations		AM/PM	AM/PM	AM/PM	AM/PM
Préparation échantillons					96x

.

13 Enregistrement

S.O.

14 Référence

14.1 METLAB-PRE-03-Homogénéisation échantillonnage solide sec poudre

14.2 FR-CSD-MET-PO-1301 Cyanuration en bouteille1

14.3 FR-CSD-MET-GF-0517 Manipulations ajout oxygène à une pulpe1

14.4 FR-CSD-MET-PO-0502 Filtration sous vacuum1

14.5 FR-CSD-MET-PO-0217 Calibration et utilisation sonde oxymètre Orion Star 329A1

14.6 FR-CSD-MET-PO-0216 Utilisation sonde ORP Orion 3 Star portable1.docx.0rvb0id

14.7 FR-CSD-MET-PO-0215 Calibration pH mètre Orion A329 portable1

14.8 FR-CSD-MET-PO-1202 Manipulation Cyanures3

14.9 Ajouter la procédure d'utilisation du pulvérisateur à anneaux

15 Signature

S.O.

PROJET