

17. La pollution de l'air et les pluies acides

Questions sur la conduite

Dans cette activité, vous allez utiliser des réactions chimiques pour générer des gaz qui sont des émissions atmosphériques courantes d'origine humaine (anthropiques).

- ◆ Les gaz anthropiques présents dans l'atmosphère peuvent-ils abaisser de manière significative le pH de la pluie, de la neige et du brouillard?
- ◆ Si oui, quelles sont les réactions chimiques qui entraînent ce changement de pH?

Contexte

Les pluies acides sont des pluies, ou toute autre forme de précipitation, qui sont acides. Lorsque cette eau acide s'écoule sur et à travers le sol, elle affecte une variété de plantes et d'animaux. Elle peut également accélérer la dissolution des métaux présents dans les sols et les roches. L'intensité des effets dépend de nombreux facteurs, notamment 1) l'acidité de l'eau, 2) la chimie et le pouvoir tampon des sols concernés et 3) les types de poissons, d'arbres et d'autres êtres vivants qui dépendent de l'eau.

Les pluies acides provoquent des fluctuations stressantes et parfois mortelles dans les systèmes d'eau, faisant subir à la vie aquatique des effets de "choc" chimique. Par exemple, lorsque le pH descend à 5,5, le plancton, certains insectes et crustacés commencent à mourir. Les œufs de truites n'éclosent pas bien.

Les effets des pluies acides sont très répandus. Les pluies acides peuvent endommager les structures en béton, en pierre et en métal. Elles peuvent réduire la productivité des cultures et les taux de croissance des forêts, et peuvent enlever les couches protectrices des feuilles des plantes, les rendant ainsi plus sensibles aux maladies. Les pluies acides accélèrent la vitesse à laquelle les métaux "lourds", comme le plomb et le mercure, et les cations nutritifs, comme le magnésium (Mg^{2+}) et le potassium (K^+), sont lessivés des sols, des roches et des sédiments des eaux de surface. Les scientifiques pensent que les pluies acides entraînent une augmentation des concentrations de méthylmercure dans les masses d'eau. Le méthylmercure est une molécule neurotoxique qui s'accumule dans les tissus des poissons et peut provoquer des malformations congénitales chez les populations qui en ingèrent de fortes concentrations.

Matériel et équipement

Pour chaque élève ou groupe:

- ◆ Capteur de pH
- ◆ Fiole d'Erlenmeyer, 50 ml
- ◆ Bouchon en caoutchouc à 1 trou pour la fiole
- ◆ Bécher, 40-mL
- ◆ Pipette graduée, 4-mL et poire à pipette
- ◆ Tube de verre pour bouchon en caoutchouc
- ◆ Tube flexible en Téflon® pour adapter le tube de verre, 20 cm
- ◆ Éprouvette graduée, 50 ou 100 ml
- ◆ Bicarbonate de sodium ($NaHCO_3$), 5 g
- ◆ Bisulfite de sodium ($NaHSO_3$), 5 g
- ◆ Nitrite de sodium ($NaNO_2$), 5 g
- ◆ HCl 1 M (15 mL)
- ◆ Eau ou eau désionisée, 1 L
- ◆ Flacon de lavage contenant de l'eau distillée ou désionisée

Sécurité

Ajoutez ces importantes mesures de sécurité à vos procédures normales de laboratoire:

- ◆ Travaillez sous une hotte ventilée lorsque vous créez du dioxyde de soufre et du dioxyde d'azote.
- ◆ Ne touchez pas l'acide chlorhydrique (HCl). Manipulez la pipette avec HCl avec une extrême précaution.
- ◆ Ne retirez pas le bouchon en caoutchouc de l'erlenmeyer une fois que la réaction a commencé.
- ◆ Après avoir terminé le laboratoire, lavez-vous les mains.
- ◆ Portez des lunettes de sécurité et une blouse ou un tablier de laboratoire.

Procédure

Après avoir terminé une étape (ou répondu à une question), cochez la case () à côté de cette étape.

Créer des générateurs de gaz et mesurer le pH

Vous allez créer du CO₂, du NO₂ et du SO₂, comme suit:

Mélangez du bicarbonate de sodium (NaHCO₃) avec de l'acide chlorhydrique (HCl) pour produire du gaz carbonique (CO₂).

Mélangez du nitrite de sodium (NaNO₂) avec de l'acide chlorhydrique (HCl) pour produire du dioxyde d'azote (NO₂).

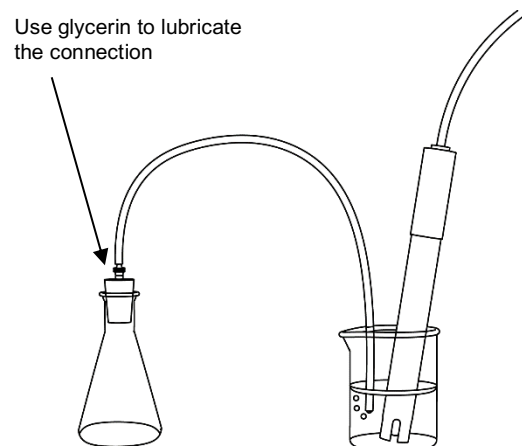
Mélanger du bisulfite de sodium (NaHSO₃) avec de l'acide chlorhydrique (HCl) pour produire du dioxyde de soufre (SO₂).

1. Fais des prédictions: A votre avis, qu'arrivera-t-il au pH de l'eau lorsque vous y dissoudrez ces gaz? Quel gaz produira le plus grand changement de pH?

Partie 1 - Fabrication de dioxyde de carbone (CO₂) gazeux et mesure de son effet sur le pH de l'eau

Mise en place

2. Lancez une nouvelle expérience sur le système de collecte des données.
3. Connectez le capteur de pH au système de collecte des données.
4. Affichez le pH sur l'axe des y d'un graphique avec le temps sur l'axe des x.
5. Mesurez 20,0 ml d'eau à l'aide de l'éprouvette graduée.



6. Versez l'eau dans le bécher de 40 ml.
7. Rincer soigneusement l'électrode de pH avec de l'eau distillée.
8. Placer l'électrode de pH rincée dans le bécher.
9. Obtenir un échantillon de bicarbonate de sodium en poudre (NaHCO_3) auprès du professeur.
10. Mesurez 5 grammes de NaHCO_3
11. Placez le NaHCO_3 mesuré dans l'erenmeyer.
12. Assemblez le bouchon, le tube de verre ou le connecteur barbé, et le tube flexible.

Remarque: si nécessaire, utilisez de la glycérine pour lubrifier le raccord afin que le connecteur ou le tube de verre soit bien placé dans le bouchon en caoutchouc.

13. Pipeter 4 ml d'acide chlorhydrique (HCl) 1,0 M dans l'erenmeyer et boucher immédiatement le flacon.

ATTENTION: L'acide chlorhydrique est un acide fort. Manipulez-le avec précaution. Rincez tout déversement avec beaucoup d'eau.

Collecte des données

14. Placez l'extrémité libre de la tubulure flexible dans l'eau du bécher et commencez immédiatement à enregistrer les données.
15. Enregistrez les données pendant environ 200 secondes (jusqu'à ce que la variation du pH s'arrête ou se stabilise), puis arrêtez d'enregistrer.
16. Nommez votre série pour refléter le type d'échantillon.
17. Éliminez le contenu du flacon et du bécher comme indiqué par votre instructeur.
18. Rincez le bécher, le flacon et la tubulure avec de l'eau.

Partie 2 - Fabrication de gaz de dioxyde de soufre (SO_2) et mesure de son effet sur le pH de l'eau

19. Répétez les étapes de la partie 1 en utilisant 5 g de NaHSO_3 au lieu de NaHCO_3 .

Partie 3 - Fabrication de dioxyde d'azote (NO_2) gazeux et mesure de son effet sur le pH de l'eau

20. Répétez les étapes de la partie 1 en utilisant 5 g de NaNO_2 au lieu de NaHCO_3 .
21. Sauvegardez votre expérience et nettoyez-la en suivant les instructions de votre professeur.

Analyse des données

1. À partir de l'affichage du graphique de chaque série, déterminez les valeurs maximales et minimales du pH et inscrivez-les dans le tableau 1.
2. Complétez le tableau 1.

Tableau 1: Changement de pH dû aux gaz dissous dans l'eau

Gaz	pH final	pH initial	Changement de pH (pHfinal - pHinitial)
Dioxyde de carbone			
Dioxyde de soufre			
Dioxyde d'azote			

Questions d'analyse

1. Votre prédiction était-elle correcte concernant ce qui arriverait au pH lorsque vous y dissolvez les gaz? Pourquoi ou pourquoi pas?
2. Les réactions chimiques suivantes sont impliquées dans ce laboratoire. Ecrivez chaque formule en utilisant la notation chimique.
 - a. Une molécule de gaz carbonique se dissout dans l'eau pour former un ion bicarbonate et un ion hydrogène.
 - b. Deux molécules de dioxyde d'azote gazeux se dissolvent dans l'eau pour former un ion nitrate, un ion nitrite et deux ions hydrogène.
 - c. Une molécule de dioxyde de soufre gazeux se dissout dans l'eau pour former un ion bisulfite et un ion hydrogène.
3. Quel gaz a créé le plus petit changement dans le pH de l'eau?
4. Comparez vos résultats avec ceux des autres groupes. Quels facteurs pourraient être à l'origine d'une partie de la variabilité dans le changement du pH observé?
5. Pour les trois réactions de dissolution de gaz dans l'eau, qu'est-ce qui a provoqué la réduction du pH de l'eau dans laquelle ces gaz sont dissous?

Questions de synthèse

Utilisez les ressources disponibles pour vous aider à répondre aux questions suivantes.

1. Quels sont les gaz industriels ou autres gaz d'origine humaine (anthropiques) émis dans l'atmosphère qui sont considérés comme les principaux gaz à l'origine des pluies acides? Quelles sont les sources de ces gaz?
2. Les scientifiques ont découvert que l'acide sulfurique est le principal acide à l'origine des pluies acides. Quelles sont certaines des réactions chimiques qui produisent de l'acide sulfurique dans l'atmosphère? Pourquoi le rayonnement du soleil accélère-t-il cette réaction?

3. Le charbon provenant d'États de l'ouest des États-Unis, comme le Montana et le Wyoming, a un pourcentage plus faible d'impuretés de soufre (teneur en soufre plus faible) que le charbon trouvé dans l'est des États-Unis. Comment la combustion de charbon à faible teneur en soufre modifierait-elle les pluies acides?
4. Discutez de la relation entre les pluies acides et les cycles du soufre et de l'azote.
5. Quels sont les moyens de traiter les effets des pluies acides?
6. Quels sont les moyens de prévenir la formation de pluies acides?
7. Bien que l'acide carbonique ne produise qu'une faible diminution du pH de l'eau, pourquoi est-il préoccupant pour l'environnement?

Questions à choix multiples

Choisissez la meilleure réponse ou le meilleur complément à chacune des questions ou affirmations incomplètes ci-dessous.

1. Laquelle des affirmations suivantes est vraie à propos des pluies acides?
 - A. Les pluies acides sont liées aux molécules de NO_x et de SO_x dans l'atmosphère.
 - B. Les pluies acides peuvent entraîner la mort de nombreuses espèces d'organismes aquatiques lorsqu'elles provoquent une diminution du pH des lacs à un niveau hors de leur tolérance.
 - C. Les pluies acides affectent la chimie du sol et la capacité des racines des plantes à absorber les nutriments.
 - D. Les pluies acides augmentent la mobilité des métaux toxiques dans les écosystèmes.
 - E. Toutes les réponses ci-dessus sont vraies.
 - F. Seules les réponses A, B et C sont vraies.
2. Lesquels des éléments suivants jouent un rôle important dans la formation des pluies acides?
 - A. Le rayonnement solaire
 - B. Les tampons dans les sols et l'eau
 - C. L'eau dans l'atmosphère
 - D. L'azote gazeux (N₂) dans l'atmosphère
 - E. Toutes ces réponses
 - F. Seulement A et C

3. En général, la pluie exerce des effets néfastes sur les écosystèmes lorsqu'elle descend en dessous d'un pH de
- A. 3.6
 - B. 4.6
 - C. 5.6
 - D. 6.6
 - E. 7.6
4. Les pluies acides ont été liées à
- A. La contamination des poissons par du méthylmercure hautement toxique.
 - B. Les dommages causés aux poissons par des réactions qui créent des concentrations élevées d'aluminium dans l'eau.
 - C. Réduction de l'absorption des nutriments par les racines des arbres.
 - D. Affaiblissement des arbres, de sorte qu'ils deviennent plus sensibles à d'autres types de dommages.
 - E. Toutes ces réponses