

# Etude de documents - Correction

## Les pluies acides

**mots clés :** Pluies acides, lutte physico-chimique contre les pollutions

*Bordas page 14*

### Activité 3

## Les pluies acides

*Depuis les années 1950, on observe une forte augmentation de l'acidité des eaux de pluie dans diverses régions industrielles du monde.*

**Mots-clés :** pluies acides ; lutte physico-chimique contre les pollutions.

**Compétences scientifiques évaluées**

- Faire preuve de curiosité.
- Extraire une information utile.

#### Doc 1 Une définition des pluies acides

« Les pluies acides » est un terme utilisé pour décrire toute forme de précipitation acide (pluies, neige, grêles, brouillard...).

Deux types de polluants, le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote, sont les principales causes des pluies acides. Ces polluants s'oxydent dans l'air pour former de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique, ou leurs sels\*. On les retrouve dans les nuages et les précipitations, parfois à des milliers de kilomètres de leur point d'émission (d'où la notion de pollution transfrontière à longue distance).

Ceci concourt à des dépôts acides et à l'acidification accrue des pluies par rapport à celles résultant de la seule présence de gaz carbonique dans l'air (le pH « naturel » d'une pluie est de l'ordre de 5,6).

D'après le site [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

\* Composés ioniques formés de cations et d'anions.

#### Doc 2 La formation des acides dans l'air

Le dioxyde de soufre dans l'atmosphère provient essentiellement de la combustion de sources d'énergie fossile contenant du soufre.

Le soufre émis dans l'atmosphère est oxydé par l'oxygène atmosphérique pour former du dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>, lui-même oxydé pour former du trioxyde de soufre SO<sub>3</sub>. Le trioxyde de soufre réagit enfin avec l'eau pour former de l'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Les émissions d'oxyde d'azote NO<sub>x</sub> (NO et NO<sub>2</sub>) sont d'origine naturelle (volcans, bactéries...) et surtout anthropique (combustion de sources d'énergie fossile). La température très élevée dans les chambres de combustion des moteurs entraîne l'oxydation du diazote atmosphérique par l'oxygène de l'air en monoxyde d'azote. Ce dernier est oxydé par le dioxygène de l'air pour former du dioxyde d'azote, qui réagit ensuite avec l'eau pour former l'acide nitrique et du monoxyde d'azote.

#### Doc 3 Quelques exemples de pluies acides

- En 1979, le pH de précipitations tombées à Wheeling, en Virginie, est mesuré à 1,5.
- En 1982, le brouillard prélevé à Corona del Mar, en Californie, a un pH de 1,7.



**Fig. 1** Forêt dévastée par les pluies acides en République Tchèque.

#### Doc 4 Quelques pK<sub>a</sub> à 25 °C

Couple	pK <sub>a</sub>
H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> (aq)/H <sub>2</sub> O (l)	0,0
HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (aq)/SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (aq)	1,9
CO <sub>2</sub> (aq), H <sub>2</sub> O (l)/HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (aq)	6,4
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (aq)/CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (aq)	10,3
H <sub>2</sub> O (l)/HO <sup>-</sup> (aq)	14,0

#### Doc 5 pH de survie de diverses espèces aquatiques

pH	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
Truite						
Perche						
Grenouille						
Salamandre						
Mollusque						
Langouste						
Escargot						
Éphémère						

D'après le site [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

## Analyse et synthèse de documents

### Doc 6 Effets des pluies acides

Les pluies acides endommagent les forêts et empoisonnent sols, lacs et rivières.

Dans un premier temps, si le pouvoir tampon des eaux qui reçoivent ces pluies est suffisant, les ions carbonate et bicarbonate (appelés aussi ions hydrogénocarbonate) qu'elles renferment neutralisent l'apport acide sans que leur acidité naturelle ne varie. Mais si les apports acides sont trop importants ou que leur pouvoir tampon est trop faible, leur acidité peut augmenter brutalement.

Lorsqu'elle est suffisante (pH inférieur à 5), l'acidification des eaux met en solution des sels d'aluminium contenus dans des silicates, comme les argiles, et dont la solubilité croît rapidement avec l'acidité du milieu (pour un pH supérieur à 6, l'aluminium n'est pas soluble dans l'eau). Or, très toxiques, ces sels perturbent la photosynthèse des végétaux et la biologie des organismes aquatiques. D'autres métaux toxiques, comme le cadmium et le plomb, jusque-là bloqués dans les sédiments, sont également libérés.

Si l'acidité augmente encore (pH inférieur à 4), les vertébrés et la plupart des invertébrés et des micro-organismes sont détruits. Seules quelques algues et quelques bactéries survivent.

D'après le site [www.cnrs.fr/eau](http://www.cnrs.fr/eau)

### Doc 7 Méthodes de lutte

L'ajout de chaux vive  $\text{CaO}$  (s) (chaulage) permet de rétablir le pH des eaux de lacs et de rivières.

Après réaction avec l'eau, la chaux vive donne de la chaux éteinte  $\text{Ca}^{2+}$  (aq) +  $2\text{HO}^-$  (aq).



Fig. 1 Opération de chaulage.

## Extraire et exploiter des informations

### Définition et causes des pluies acides

- 1 a. Qu'appelle-t-on pluie acide ?  
b. Une pluie dont le pH est 5,6 peut-elle être qualifiée d'acide au sens chimique du terme ? en terme d'environnement ?
- 2 À quoi est due la légère acidité normale d'une eau de pluie ? Écrire l'équation de dissociation de l'acide.
- 3 Quels sont les principaux gaz responsables de l'acidité importante de certaines pluies ?
- 4 a. Écrire les équations de formation de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique.  
b. Ces deux acides sont forts. Qu'est-ce que cela signifie ?

### Conséquences et remèdes

- 5 a. Quelle devrait être la concentration d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique pour que son pH soit égal à celui des précipitations tombées en 1979 à Wheeling ?  
b. Quelles précautions doit-on prendre pour manipuler une telle solution ?
- 6 Quelles sont les espèces aquatiques qui survivraient dans une eau dont la concentration est  $1,6 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  ?
- 7 a. Que signifie « pouvoir tampon des eaux » ?  
b. Quels ions en sont responsables ?
- 8 Expliquer, notamment en écrivant une équation chimique, la neutralisation possible de l'acidité due à l'ion hydrogénosulfate  $\text{HSO}_4^-$  (aq) par les ions carbonate  $\text{CO}_3^{2-}$  (aq).
- 9 Pourquoi répandre de la chaux vive dans un lac ?

### Pour conclure

- 10 Pourquoi et comment les pluies acides se forment-elles ?
- 11 Quels sont les mécanismes naturels ou les remèdes contre l'acidité des pluies ?

### Points de repère

- Les **pluies acides** sont essentiellement dues aux émissions de **dioxyde de soufre** et **d'oxydes d'azote**, qui forment dans l'atmosphère deux acides forts : l'acide sulfurique et l'acide nitrique.
- Les **dommages à l'environnement** sont nombreux. Ces pluies affectent directement les végétaux, mais aussi leurs nutriments en modifiant la composition des sols. Les animaux aquatiques sont également touchés.
- Les ions carbonate et hydrogénocarbonate présents naturellement dans l'eau jouent le rôle de tampon en **neutralisant** dans une certaine mesure l'acidité.

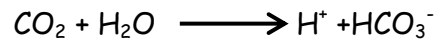
## Etude de documents - Correction

## Les pluies acides

- 1a. Les pluies acides sont toutes les précipitations acides : pluies, neige, grêles, brouillard...  
 b. Une pluie acide dont le pH est de 5,6 est acide au sens chimique du terme car  $\text{pH} < 7$ . En revanche en termes d'environnement, une pluie naturelle a un  $\text{pH} = 5,6$  donc n'est pas considérée comme acide. Il faut que le  $\text{pH} < 5,6$  pour que la pluie soit plus acide qu'elle ne l'est normalement.

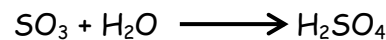
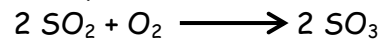
2. La légère acidité normale d'une eau de pluie est due à la présence de dioxyde de carbone dans l'air.

Equation de dissociation de l'acide :

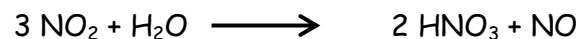
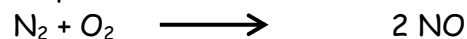


3. Les principaux gaz responsables de l'acidité importante de certaines pluies sont le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote (NO et NO<sub>2</sub>).

- 4a. Equation de formation de l'acide sulfurique:



Equation de formation de l'acide nitrique:



- 4b. Les acides sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et nitrique (HNO<sub>3</sub>) sont forts signifie qu'ils se dissocient totalement dans l'eau en libérant des ions hydrogène H<sup>+</sup>.

- 5a. Afin de trouver la concentration [H<sup>+</sup>] pour que le pH = 1,5 on utilise la formule [H<sup>+</sup>] = 10<sup>-pH</sup>  
 Soit [H<sup>+</sup>] = 10<sup>-1,5</sup> d'où [H<sup>+</sup>] = 3,2 × 10<sup>-2</sup> mol.L<sup>-1</sup>.

- b. Pour manipuler une solution acide on doit porter des gants, une blouse et des lunettes de protection. Les solutions acides sont corrosives.

6. Pour connaître les espèces aquatiques qui survivraient dans une eau dont la concentration en ions H<sup>+</sup> est [H<sup>+</sup>] = 1,6 × 10<sup>-5</sup> mol.L<sup>-1</sup> on utilise la formule  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$

Soit  $\text{pH} = -\log (1,6 \times 10^{-5}) = 4,8$ .

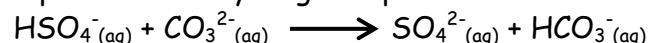
Les espèces qui survivent à un pH de 4,8 sont la perche et la grenouille.

- b. Le système Fe<sup>3+</sup>(aq)/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(aq) est un catalyseur de la réaction de dégradation, il augmente la vitesse sans changer l'état final de la réaction.

- 7a. Le pouvoir tampon d'une solution tampon est la capacité à s'opposer aux variations de pH dues à des ajouts d'acides, de bases ou d'eau (dilution).

- b. Les ions responsables du pouvoir tampon des eaux sont les ions carbonate CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> et hydrogénocarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

8. Dans l'eau les ions hydrogénosulfate HSO<sub>4</sub><sup>-</sup> libèrent des ions hydrogène H<sup>+</sup> responsables de l'acidité. Les ions carbonates vont capter les ions hydrogènes pour limiter l'acidité.



9. La chaux vive réagit avec l'eau du lac pour donner de la chaux éteinte Ca<sup>2+</sup> et des ions hydroxydes HO<sup>-</sup> qui sont basiques. Ces ions hydroxydes vont neutraliser les ions hydrogène pour donner de l'eau.



10. Les pluies acides se forment à cause de polluants présents dans l'atmosphère (dioxyde de soufre et oxydes d'azote). Ces polluants sont dus aux activités humaines et dans une moindre mesure au volcanisme. Ces polluants réagissent avec le dioxygène de l'air pour former des acides qui sont solubles dans l'eau présente dans l'atmosphère (précipitations).