



Fiche pédagogique n°1 :  
Les pluies acides :  
une menace invisible



## COMPÉTENCES VISÉES :

Cette activité vise à développer certaines étapes de la démarche scientifique. Les élèves auront ainsi l'occasion de vivre une situation d'investigation en ayant recours à la démarche d'analyse/de recherche documentaire et de conception d'un protocole expérimental.

Au terme de cette activité, les compétences et savoir-faire suivants seront mis en œuvre :

- Analyser des documents en français et/ou en anglais
- Résumer/synthétiser un document
- Analyser et interpréter des résultats d'expériences réalisées en classe
- Proposer un moyen de lutte contre l'acidification d'un milieu naturel
- Concevoir et présenter un protocole expérimental
- Décrire le mécanisme de formation des pluies acides
- Utiliser le vocabulaire spécifique à la thématique

## COMPÉTENCES PRINCIPALES :

- UAA 14 : les solutions aqueuses

Compétence : Sur base d'une démarche d'investigation, identifier le caractère basique ou acide de différentes substances de la vie courante afin de les utiliser à bon escient.

- Lire pour s'informer

- UAA 1 : rechercher l'information

Compétence : naviguer dans des textes et sélectionner les informations adéquates.

- UAA 2 : réduire, résumer et synthétiser pour informer autrui

Compétence : résumer un texte, synthétiser un ensemble de textes portant sur un même sujet.

TOTAL

6½ périodes au cours  
de formation scientifique  
+ 1 période au cours de  
français  
+ 2 périodes (facultative)  
au cours d'anglais



## MISE EN SITUATION :

La ville de TechnoCity a remarqué que ses arbres et forêts étaient malades, que certains monuments historiques se dégradaient et se corrodait avec le temps. Les dirigeants, voyant ce problème s'aggraver, décident de réaliser une expertise scientifique. Les experts (inspecteur des mesures antipollution, chargé d'études en environnement, consultant en environnement, ingénieur chimiste...) devront démontrer la véracité des résultats obtenus à l'aide d'expériences.

Afin d'informer les citoyens sur la dangerosité et l'importance de prendre rapidement des mesures pour remédier au problème, l'Échevin de l'environnement décide d'organiser une rencontre entre les citoyens et les experts.

Les élèves vont jouer le rôle de ces experts scientifiques.



## PRÉREQUIS :

- UAA 14 : les solutions aqueuses

Les élèves sont capables de préparer une solution et peuvent identifier le caractère acide, neutre ou basique d'une solution sur base de la mesure du pH.

Les élèves ont déjà dû suivre un protocole expérimental lors d'une séance de laboratoire.



## DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ :

1 période

### PHASE 1 :

- **Formation des groupes d'experts** : 4 groupes de maximum 4-5 élèves.
- Avant la distribution des documents, **brève description écrite** par chaque élève sur les pluies acides. Cette étape permettra aux élèves de faire appel à leurs représentations initiales. Les élèves doivent conserver leur description pour y revenir ultérieurement.

 **Distribution des documents.** Chaque groupe reçoit les mêmes documents sur les pluies acides. Pour renforcer le travail coopératif au sein d'un même groupe, les informations<sup>(1)</sup> sont réparties en variant les supports<sup>(2)</sup> et leurs contenus<sup>(3)</sup>.

### COMPÉTENCES :

- Stratégie transversale : traiter et utiliser l'information
- Stratégie transversale : mettre en relation des éléments pertinents

### PHASE 2 :

2 périodes

- **Lecture et analyse individuelles des documents** ( 1). Après avoir repéré les points importants, chaque élève répond aux questions. Ces éléments de réponse leur permettront de réaliser le protocole expérimental sur les pluies acides. Si les élèves éprouvent des difficultés pour analyser le document, vous avez à disposition le correctif de l'analyse ( 2).
- Chaque élève réalise ensuite un **résumé** de son document.

### PHASE 3 (COMPLÉMENTAIRE) <sup>(4)</sup> :

2 périodes

-  **Distribution des documents** ( 3 et 4). Chaque élève reçoit un document en anglais avec le lexique et le questionnaire.
- **Compréhension à la lecture.** Les élèves découvrent le contenu du document et s'informent sur le sujet.

Si les élèves éprouvent des difficultés pour analyser le document, vous avez à disposition le correctif de l'analyse. ( 5)

Cette analyse documentaire permet de mettre les élèves en situation d'investigation et de confondre leurs représentations initiales.

### COMPÉTENCES :

- Lire pour s'informer

## PHASE 4 :

1 ½ périodes

- (📄<sup>6</sup>) **Mise en commun** par groupe: chaque groupe d'experts réalise une **synthèse** sur base du résumé de leur document analysé afin de structurer l'information en vue de préparer le protocole expérimental.

## COMPÉTENCES :

- UAA 2 : réduire, résumer et synthétiser pour informer autrui

**Compétence** : résumer un texte, synthétiser un ensemble de textes portant sur un même sujet

## PHASE 5 :

1 ½ périodes

- **Réalisation** par groupe d'un protocole expérimental (📄<sup>7</sup>) sur le concept et la formation des pluies acides. Celui-ci comprendra les éléments suivants amenés par les différents élèves du groupe<sup>(5)</sup>:

- le matériel à utiliser,
- le mode opératoire,
- une image (schéma) de l'expérience.

## COMPÉTENCES :

- Stratégie transversale : communiquer en utilisant un vocabulaire spécifique et un langage adéquat

## PHASE 6 :

1 ½ périodes

- Après élaboration du protocole, **désignation d'un rapporteur** dans chaque groupe (par exemple : par tirage au sort)<sup>(6)</sup>. Celui-ci sera chargé de présenter et de justifier le protocole. Chaque expert rapporteur aura un timing prédéfini par l'enseignant pour sa présentation.
- **Création éventuelle d'un panneau** comme support pour la présentation<sup>(7)</sup>.
- Les autres experts du groupe devront répondre aux **questions** susceptibles d'être posées par les élèves-citoyens à l'issue de la présentation. Ils devront donc être capables de répondre à toute question concernant leur protocole.
- Les élèves-citoyens sont les élèves ne faisant pas partie du groupe présentant le protocole. Ceux-ci écoutent attentivement la présentation afin de pouvoir poser des questions à l'issue de l'exposé.
- Disposition du local et **aménagement** spatial pour la présentation (espace de présentation, cartons de présentation des différents experts...) Les experts se placent face aux élèves.
- **Présentation du protocole** de chaque groupe aux élèves-citoyens. Cette étape permet de communiquer les résultats de leur recherche à toute la classe et de participer à une discussion scientifique.

## COMPÉTENCES :

- Stratégie transversale : communiquer en utilisant un vocabulaire spécifique et un langage adéquat

## PHASE 7 :

- **Structuration** : l'enseignant présente l'expérience correspondant au protocole élaboré par les élèves, soit devant les élèves si une hotte est disponible (car production d'un gaz irritant) sinon sous forme de capsule vidéo (une qu'il aura lui-même réalisée ou une trouvée sur internet (  8).

Ces différentes phases permettent de mettre les élèves en situation d'investigation et de remettre en cause leurs représentations initiales. Les élèves prennent ainsi conscience des causes et des conséquences des pluies acides.

- **Distribution des parcours de formations** liés aux métiers découverts dans cette activité (disponible dans la boîte à métiers).

A l'issue de cette activité, les élèves auront joué le rôle d'experts scientifiques et auront découvert les métiers suivants. Vous pouvez retrouver dans la boîte à métiers les parcours de formation permettant d'accéder à ces métiers :

- Chargé d'étude en environnement (PF1, PF4, PF6, PF15)
- Consultant en environnement (PF1, PF4, PF6, PF10, PF11, PF12)
- Ingénieur chimiste (PF6, PF15)
- Inspecteur des mesures antipollution (PF4, PF6)



Pour plus d'informations, consultez les fiches métiers sur le site [metiers.siep.be](https://www.metiers.siep.be).



Vous pouvez également découvrir ces métiers dans la Technosphère 2.0 lors du dimensionnement de la station d'épuration et pour sa construction.

- (1) Cette étape peut être réalisée grâce aux TIC, pour familiariser les élèves avec les outils informatiques et les mettre dans la peau d'un scientifique.
- (2) Vidéo, article, extrait de livre...
- (3) Informations complémentaires sur la thématique : formations, causes, conséquences, propriétés des pluies acides.
- (4) Cette phase est à destination d'élèves en technique de qualification et non pour des sections professionnelles.
- (5) L'enseignant peut désigner un élève pour lister le matériel, un autre pour schématiser l'expérience et les autres pour rédiger le protocole.
- (6) Important que l'enseignant informe les élèves de cette démarche dès la phase 5.
- (7) Support pour la présentation sous forme d'affiche, de panneau ou simplement utilisation du tableau.



## RESSOURCES PÉDAGOGIQUES :

- **Environnement un monde de solutions. Les pluies acides et leurs impacts [en ligne]. 2009.**  
Disponible sur : <http://environnement.mongroupe.ca/les-pluies-acides-et-leurs-impacts> (27/05/2019).
- **Espaces naturels. Que sont les pluies acides devenues [en ligne], Robert J.Delmas. 2004.**  
Disponible sur : <http://www.espaces-naturels.info/que-sont-pluies-acides-devenues> (27/05/2019).
- **Lelivrescolaire.fr. les conséquences des pluies acides [en ligne]. 2019.**  
Disponible sur : <https://www.lolivrescolaire.fr/#manuel/1673386/physique-chimie-3e-2017/chapitre/1673503/dossier-brevet/page/1674950/les-consequences-des-pluies-acides/lecon> (27/05/2019).
- **Omer7. Pollution de l'eau et des sols [en ligne]. 2010.**  
Disponible sur : <http://omer7.sedoo.fr/mallette/fiches/Pollution-de-l-eau-et-des-sols> (27/05/2019).
- **Wiki Science et technologie de l'environnement. La pluie acide et ses conséquences [en ligne].**  
Disponible sur : <http://sciencepasteur.pbworks.com/w/page/47890776/La%20pluie%20acide%20et%20ses%20cons%C3%A9quences> (27/05/2019).
- **Les pluies acides [en ligne]. 2016.**  
Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=vGypDDwJpSw> (27/05/2019).
- **Les pluies acides : l'enfer sur terre [en ligne]. 2013.**  
Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=3-LJDN7Do0> (27/05/2019).
- **TPE-Les pluies acides : une menace invisible [en ligne]. 2016.**  
Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=cMjrJtMRVMk> (27/05/2019).
- **Maxicours.com. Cours de Physique-chimie Terminale S - Les pluies acides [en ligne].**  
Disponible sur : <https://www.maxicours.com/se/fiche/4/8/391284.html/ts> (27/05/2019).

### EXPÉRIENCES SO<sub>2</sub>

- **Simulation d'une pluie acide [en ligne]. 2011.**  
Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=JPH1Vce4Ftk> (27/05/2019).
- **Les pluies acides. Expérience: simulation d'une pluie acide [en ligne].**  
Disponible sur : <http://pluiesacides-tpe.e-monsite.com/pages/content/sommaire/vi-experience-simulation-d-une-pluie-acide.html> (27/05/2019)
- **TPE-Les pluies acides. Expérience 1 : la formation des pluies acides soufrées [en ligne].**  
Disponible sur : <https://tpepluiesacidesclemenceau.wordpress.com/experience-1-la-formation-des-pluies-acides-soufrees/> (27/05/2019).

### ANGLAIS

- **National geographic. Acid rain, explained [en ligne].**  
Disponible sur : <https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/acid-rain/> (27/05/2019).

### D'AUTRES LIENS, POUR ALLER PLUS LOIN POUR LA COMPRÉHENSION À LA LECTURE EN ANGLAIS :

- **Livescience. Acid rain : Causes, effects and solutions [en ligne].**  
Disponible sur : <https://www.livescience.com/63065-acid-rain.html> (27/05/2019).
- **Scitable by nature education. Toxic Rain: The Effect of Acid Rain on the Environment [en ligne].**  
Disponible sur : [https://www.nature.com/scitable/blog/green-science/toxic\\_rain\\_the\\_effect\\_of](https://www.nature.com/scitable/blog/green-science/toxic_rain_the_effect_of) (27/05/2019).



## OUTIL PÉDAGOGIQUE 1 : AIDE POUR L'ANALYSE DES DOCUMENTS

1) Quel est le pH de la pluie naturelle ? Est-elle acide, basique ou neutre ?

---

---

---

2) Quel(s) phénomène(s) la rend(ent) ainsi ?

---

---

---

---

---

3) Quelles molécules provoquent le phénomène de pluies acides ? Quelle peut être la gamme du pH des pluies acides ?

---

---

---

---

---

4) Que veulent dire les termes « charges critiques » et « niveaux critiques » ?

---

---

---

---

---

5) Les pluies acides sont-elles dues à une pollution de proximité ou peuvent-elles provenir d'une pollution à plus longue distance ?

---

---

---

---

---

## OUTIL PÉDAGOGIQUE 1 : AIDE POUR L'ANALYSE DES DOCUMENTS

6) Quelle est la cause de l'augmentation de l'acidité de l'eau de pluie ? L'homme en est-il la cause principale ?

---

---

---

---

7) Comment l'homme a-t-il constaté que les pluies étaient acides ?

---

---

---

---

---

---

---

---

8) Quels sont les effets des pluies acides

A. sur les eaux de surface ?

---

---

---

---

---

---

---

---

B. sur la végétation et les forêts ?

---

---

---

---

---

---

---

---

C. Sur les animaux et sur l'homme ?

---

---

---

---

---

---

---

---

## OUTIL PÉDAGOGIQUE 1 : AIDE POUR L'ANALYSE DES DOCUMENTS

**D. Sur les sols ?**

---

---

---

---

---

---

**E. Sur les bâtiments ?**

---

---

---

---

---

---

**9) Si les sols sont acides, quelles sont les conséquences pour les arbres qui y vivent ?**

---

---

---

---

**10) Comment a évolué l'acidité des pluies depuis les années 1980 et quelles sont les perspectives pour l'avenir ?**

---

---

---

---

**11) Peut-on obtenir une pluie basique ?**

---

---

---

---

**12) Quelles sont les solutions pour diminuer l'acidification des pluies ?**

---

---

---

---





## OUTIL PÉDAGOGIQUE 2 : AIDE POUR L'ANALYSE DES DOCUMENTS : CORRECTIF

- 1) Quel est le pH de la pluie naturelle ? Est-elle acide, basique ou neutre ?  
La pluie est naturellement à un pH de 5,6, elle est donc acide naturellement.
- 2) Quel(s) phénomène(s) la rend(ent) ainsi ?  
C'est la dissolution du CO<sub>2</sub> en carbonates et bicarbonates dans l'eau puis la formation d'acide carbonique qui rend l'eau de pluie naturellement acide. Dans l'atmosphère, les SO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub> sont oxydés en sulfates et nitrates en phases gazeuse et aqueuse. Ce qui provoque, quand ils se combinent avec l'eau atmosphérique (des nuages), la présence d'acides dans l'atmosphère.
- 3) Quelles molécules provoquent le phénomène de pluies acides ? Quelle peut-être la gamme du pH des pluies acides ?  
Les acides nitriques, sulfuriques et organiques viennent accentuer l'acidité de l'eau de pluie. Si les concentrations de SO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub> et hydrocarbures sont au-dessus de leur concentration normale dans l'atmosphère, les pluies (et les précipitations en général) deviennent encore plus acides, elles sont appelées « pluies acides ».  
Le SO<sub>2</sub> est un gaz dense, incolore et toxique, il crée des irritations quand il est inhalé. On l'utilise comme antiseptique, conservateur et désinfectant. Il provient principalement des industries (principalement les centrales au charbon, les centrales qui s'occupent du traitement des gaz naturels et les centrales qui font de la fusion de minerais).  
Le SO<sub>2</sub> produit réagit avec l'eau pour former de l'acide sulfurique, ce qui augmente l'acidité de l'eau de pluie :
- $$\text{SO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 (\text{g})$$
- $$\text{H}_2\text{SO}_3 (\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{aq})$$
- 
- $$\text{SO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$$
- Le NO<sub>x</sub> (NO et NO<sub>2</sub> principalement) est un gaz odorant et toxique qui provoque aussi des irritations. Il est issu de la combustion de carburants (pour les véhicules, le chauffage, les centrales électriques, etc...)  
Le NO<sub>x</sub> produit réagit avec l'eau pour former de l'acide nitrique, ce qui augmente l'acidité de l'eau de pluie :
- (1)  $2 \text{NO} (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{NO}_2 (\text{g})$  ou/et  $\text{N}_2 (\text{g}) + 2 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{NO}_2 (\text{g})$
- (2)  $3 \text{NO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow 2 \text{HNO}_3 (\text{aq}) + \text{NO} (\text{g})$
- Une pluie est considérée comme acide si elle a un pH en-dessous de 5,6. La pluie la plus acide enregistrée avait un pH de 2,4 et le brouillard le plus acide un pH de 1,69.
- 4) Que veulent dire les termes « charges critiques » et « niveaux critiques » ?  
Ce sont les doses de polluants atmosphériques qui peuvent être tolérées sans dommages pour divers éléments sensibles de l'environnement (la faune et la flore, les sols, les écosystèmes...)  
« Charge critique » s'exprime en retombées massiques annuelles à ne pas dépasser par unité de surface, on l'utilise pour les polluants comme les composés du soufre et de l'azote.  
Le « niveau critique » s'exprime en concentration à ne pas dépasser par unité de temps, on l'utilise pour les polluants gazeux comme l'ozone.
- 5) Les pluies acides sont-elles dues à une pollution de proximité ou peuvent-elles provenir d'une pollution à plus longue distance ?  
Les polluants (les acides) peuvent parcourir des milliers de km depuis leur lieu de production (production due aux industries et aux transports).

## OUTIL PÉDAGOGIQUE 2 : AIDE POUR L'ANALYSE DES DOCUMENTS : CORRECTIF

6) Quelle est la cause de l'augmentation de l'acidité de l'eau de pluie ? L'homme en est-il la cause principale ?  
Oui, cette augmentation de l'acidité est provoquée par une utilisation de l'homme de produits riches en soufre et en azote et aux dégagements intensifs de  $\text{CO}_2$ , provoqués par l'utilisation des moyens de transport et par l'industrie. Ces composés réagissent avec l'eau de l'atmosphère pour produire des acides. Donc la cause de l'augmentation d'acidité est due à l'émission de polluants primaires par les véhicules et l'industrie. Les pluies acides sont principalement dues à l'activité humaine mais un pourcentage presque négligeable est dû à l'environnement (éruption des volcans).

7) Comment l'homme a-t-il constaté que les pluies étaient acides ?  
En 1872, les scientifiques utilisaient ce terme pour décrire une pollution observée sous le vent de certaines industries. Dans les années 1950-60, dans les lacs scandinaves, on observe la disparition de la moitié des poissons et une prolifération des algues. Dans les années 1970-80, les pays industrialisés mènent des études atmosphériques qui montrent une forme de télé-pollution (pollution à distance) alors qu'au même moment, en Allemagne, les forêts montrent des signes de maladie. L'opinion publique et les politiques ont pris des mesures un peu rapidement sans que les scientifiques n'aient eu le temps de confirmer la thèse. En 1987, les scientifiques ont mis en évidence le manque de preuves quant à la culpabilité des pluies acides sur les observations forestières. Mais, heureusement, ces mesures furent salutaires pour la santé publique et la réduction de la pollution atmosphérique par les composés soufrés. Les pluies acides ont des effets néfastes et avérés sur la santé, les bâtiments, les sols, les eaux de surface même si les effets sur les forêts restent discutables. Depuis les années 1990, les émissions de composés soufrés ont considérablement baissé en Europe et en Amérique du nord, grâce aux efforts de désulfuration, à la diminution d'utilisations de charbon et une diminution de l'activité industrielle. Malheureusement, les bateaux naviguant au voisinage de l'Europe ont continué de polluer (émettant du  $\text{SO}_2$  et  $\text{NO}_x$ ) et d'autres régions du globe sont susceptibles d'être touchées par les pluies acides, comme les pays en développement industriel (l'Asie, par exemple). En 2020, les sols de Chine, Corée et Japon auront dépassé leur capacité à absorber les dépôts acides. Les émissions de composés soufrés diminuent, mais ils ne sont pas les seuls responsables de la création des pluies acides, l'augmentation non-stop du  $\text{CO}_2$  due aux industries et les transports ne cessent de s'accroître. Donc, les pluies acides ne cesseront pas pour autant si nous ne diminuons pas notre production de  $\text{CO}_2$  comme nous l'avons fait pour les composés soufrés.

8) Quels sont les effets des pluies acides ?  
Les pluies acides affectent la biodiversité, ralentissent la croissance de l'agriculture et de la sylviculture et détruisent les écosystèmes.

### A. sur les eaux de surface ?

Les cours d'eau et les lacs sont sensibles aux polluants acides, cela provoque l'acidification de l'eau, qui est dangereuse pour l'écosystème aquatique. A cause des pluies acides, on observe :

- Différents effets sur les poissons tels que le ralentissement de la croissance, un dépôt d'œufs moins abondant, des malformations, une plus grande fragilité des embryons et des adultes. Les poissons meurent donc et des espèces disparaissent.
- Développement des algues filamenteuses et régression des plantes supérieures.
- Régression du plancton.
- Régression, puis disparition des écrevisses et mollusques.

### B. sur la végétation et les forêts ?

Les pluies acides font beaucoup de mal aux végétaux, les précipitations, le brouillard et les vapeurs acides :

- détruisent la cuticule (couche externe qui protège les feuilles) ce qui provoque des dégâts aux cellules, aux chloroplastes et aux stomates, ce qui provoque la perturbation de la photosynthèse (les feuilles perdent leur couleur verte et deviennent jaune-orangé puis rouges).

- provoquent une transpiration accrue.
- occasionnent la détérioration de la surface des feuilles et des aiguilles.
- entraînent une moins bonne résistance au froid et aux maladies, ce qui fragilise la plante vis-à-vis des

parasites, des champignons des insectes et des virus.

- altèrent la croissance et réduisent la reproduction et la germination.

Cela mène à la mortalité des populations sensibles et à la réduction de la biomasse, ce qui perturbe le fonctionnement de l'écosystème.

### C. sur les animaux et sur l'homme ?

Le manque de qualité et de quantité de plantes affecte directement les animaux.

Les pluies acides éliminent le calcium et malheureusement cet élément est important dans le régime alimentaire des oiseaux. Sans Ca, les œufs sont mal formés et fragiles. Le manque de Ca va occasionner la disparition des mollusques et des crustacés.

Tous ces impacts sur ces espèces affectent l'équilibre de l'écosystème, ce qui va faire diminuer la biodiversité. De plus pour l'homme, le  $\text{SO}_2$  contenu dans les pluies acides réagit avec la vapeur d'eau et d'autres composants chimiques formant du sulfate. Le sulfate est un des gaz qui composent le « smog ». Le sulfate est dangereux pour la santé humaine. Le sulfate cause de l'inflammation et endommage les tissus des poumons, il provoque des problèmes cardiaques et respiratoires.

S'il pleuvait de l'acide sulfurique sur terre, la plupart des êtres vivants seraient directement changés en colonne de carbone.

### D. sur les sols ?

Les effets des pluies acides sur les sols sont le (l') :

- lessivage des éléments nutritifs des sols, l'aluminium qui est normalement lié dans le sol est entraîné dans les nappes phréatiques.
- élimination des éléments nutritifs essentiels aux plantes tels que Ca, K et Mg.
- diminution des micro-organismes. Or, ils permettent la libération d'éléments nutritifs provenant de la décomposition des matières organiques.
- accumulation et sortie du sol des métaux lourds et toxiques (aluminium, cadmium et mercure) à cause de leurs réactions avec les acides.

### E. sur les bâtiments ?

Les pluies acides accélèrent la dégradation des bâtiments, des monuments et des matériaux. Elles provoquent la corrosion des matériaux métalliques et un phénomène de salissure de la surface dû aux dépôts des particules. Le calcaire et le marbre se transforment en gypse. Les constructions en acier vont devenir friables, granuleuses et cassantes.

### 9) Si les sols sont acides, quelles sont les conséquences pour les arbres qui y vivent ?

Les arbres sont fragilisés. Les pluies acides produisent de l'aluminium (élément toxique pour les plantes, il endommage leurs racines et ainsi affecte leur absorption d'eau) et dissolvent les éléments nutritifs. Un sol avec une concentration trop forte en Al provoque la mort des nématodes et vers de terre. Cela rend les arbres plus sensibles aux parasites, virus, champignons et insectes nuisibles, et donc peut causer la mort de l'arbre. Les pluies acides provoquent un lessivage d'éléments nutritifs (Ca, Mg, K), ce qui entraîne une carence minérale donc un affaiblissement ou même la mort pour les arbres. Elle occasionne aussi la perte de l'enduit cireux sur les feuilles et provoque l'apparition de taches brunes sur celles-ci, ce qui perturbe et limite la photosynthèse, diminue la nourriture et la production d'énergie.

### 10) Comment a évolué l'acidité des pluies depuis les années 1980 et quelles sont les perspectives pour l'avenir ?

Les réformes des années 1970 pour réduire les émissions des gaz qui provoquent ou qui sont à l'origine des pluies acides ( $\text{SO}_2$ ) ont permis d'en réduire le nombre des pluies acides, mais il y a encore des efforts à faire.

### 11) Peut-on obtenir une pluie basique ?

Non, car les matières basiques résultent principalement des métaux, et une fois que les métaux atteignent l'atmosphère, ceux-ci restent solides et ne réagissent donc pas avec l'eau pour s'évaporer, ils ne feront donc pas partie des nuages.

## OUTIL PÉDAGOGIQUE 2 : AIDE POUR L'ANALYSE DES DOCUMENTS : CORRECTIF

12) Quelles sont les solutions pour diminuer l'acidification des pluies ?

Une des solutions vient des Suédois : ils jettent du calcaire dans les lacs acides pour augmenter son pH et ainsi éviter la « mort » du lac.

Une autre solution est de jeter du calcium (Ca) sur la terre des plantes pour neutraliser le pH quand elles sont arrosées avec des pluies acides. En effet, les pluies acides dépouillent le sol du Ca, élément essentiel pour les plantes.

Malheureusement, ces solutions ne sont pas permanentes, elles permettent de réduire les effets mais elles ne diminuent pas le nombre de pluies acides !

13) A ton échelle, que peux-tu faire pour améliorer la situation ?

On peut tous essayer de moins polluer et d'économiser l'eau et l'énergie, diminuer notre empreinte écologique et aquatique.

- Diminuer notre consommation de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel).
- Mettre des panneaux solaires et des éoliennes.
- Installer des filtres à nos cheminées pour diminuer la production des gaz.
- Utiliser un pommeau de douche à débit réduit.
- Mettre en marche le lave-vaisselle et le lave-linge seulement lorsqu'ils sont chargés à pleine capacité.
- Suspendre le linge pour le faire sécher.
- Éviter d'utiliser le broyeur d'ordures de l'évier.
- Isoler votre sous-sol, vos portes et vos fenêtres.
- Baisser le chauffage la nuit.
- Rechercher les produits homologués EnergyStar ou Éco-logo ou utiliser des produits locaux.
- Opter (plutôt que pour la voiture) pour la marche, le vélo, l'autobus ou encore favoriser le covoiturage.
- Éviter aussi d'utiliser des CFC que l'on retrouve notamment dans les systèmes de réfrigération, les aérosols et dans les mousses isolantes.

14) Quelle(s) réaction(s) te permettraient de produire facilement en laboratoire du  $\text{SO}_2$ , un des principaux acteurs des pluies acides ?

La combustion du soufre :  $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$

15) Comment pourrais-tu par une expérience, démontrer que la pluie est naturellement acide. Et aussi montrer que le  $\text{SO}_2$  et le  $\text{NO}_2$  accentuent cette acidité et provoquent les pluies acides ?

Nous pourrions mesurer le pH d'une eau de bouteille ou du robinet et le comparer au pH de l'eau de pluie.

Pour montrer que le  $\text{SO}_2$  et  $\text{NO}_2$  acidifient encore plus l'eau de pluie, nous pourrions faire une expérience en mélangeant ces gaz avec de l'eau et mesurer le pH.



## OUTIL PÉDAGOGIQUE 3 : DOCUMENT EN ANGLAIS

Liens vers le texte et la vidéo: <https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/acid-rain/>

**ACID RAIN : THIS DANGEROUS PRECIPITATION CAN HAVE SERIOUS CONSEQUENCES FOR THE ECOSYSTEM.**

### Causes

Acid rain describes any form of precipitation with high levels of nitric and sulfuric acids. It can also occur in the form of snow, fog, and tiny bits of dry material that settle to Earth.

Rotting vegetation and erupting volcanoes release some chemicals that can cause acid rain, but most acid rain falls because of human activities. The biggest culprit is the burning of fossil fuels by coal-burning power plants, factories, and automobiles.

When humans burn fossil fuels, sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) and nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) are released into the atmosphere. These chemical gases react with water, oxygen, and other substances to form mild solutions of sulfuric and nitric acid. Winds may spread these acidic solutions across the atmosphere and over hundreds of miles. When acid rain reaches Earth, it flows across the surface in runoff water, enters water systems, and sinks into the soil.



(A virtual tree-graveyard of Norway spruce trees in Poland bears the scars of acid rain. Caused when rain droplets absorb air pollution like sulfur and nitrogen oxides, acid rain weakens trees by dissolving nutrients in the soil before plants can use them. Photograph by David Woodfall/Getty Images)

## OUTIL PÉDAGOGIQUE 3 : DOCUMENT EN ANGLAIS

### Effects

Acid rain has many ecological effects, but none is greater than its impact on lakes, streams, wetlands, and other aquatic environments. Acid rain makes waters acidic, and causes them to absorb the aluminum that makes its way from soil into lakes and streams. This combination makes waters toxic to crayfish, clams, fish, and other aquatic animals.

Acid rain also damages forests, especially those at higher elevations. It robs the soil of essential nutrients and releases aluminum in the soil, which makes it hard for trees to take up water. Trees' leaves and needles are also harmed by acids.

The effects of acid rain, combined with other environmental stressors, leave trees and plants less able to withstand cold temperatures, insects, and disease. The pollutants may also inhibit trees' ability to reproduce. Some soils are better able to neutralize acids than others. In areas where the soil's "buffering capacity" is low, the harmful effects of acid rain are much greater.

### What can be done?

The only way to fight acid rain is by curbing the release of the pollutants that cause it. This means burning fewer fossil fuels. Many governments have tried to curb emissions by cleaning up industry smokestacks and promoting alternative fuel sources. These efforts have met with mixed results. But even if acid rain could be stopped today, it would still take many years for its harmful effects to disappear.

### Liste de vocabulaire :

to be able to	être capable de	mild	doux
the biggest culprit	le principal coupable	a needle	une aiguille
to burn	brûler	to reach	atteindre
a clam	une palourde	to release	libérer
a coal-burning power plant	la centrale à charbons	to rob	dépouiller
a crayfish	une écrevisse, une langoustine	rotting vegetation	la végétation qui pourrit
to curb	freiner, réduire	the soil	le sol
a disease	une maladie		
fewer	moins de	a way of...	une manière, une façon de...
the fuels	les combustibles, les carburants	to weaken	affaiblir
to harm	endommager	a nutrient	un nutriment
a leaf > leaves	les feuilles (d'arbre)	to withstand	résister à
to leave	laisser	none	aucun
a stream	un courant	a volcano (-es)	un volcan
the wetlands	les zones humides	a chemical	un produit chimique
to occur	se produire	to damage	endommager
to settle to...	s'installer sur...	to spread	se répandre
the Earth	La Terre	runoff waters	les eaux de ruissellement
to sink	couler	a pollutant	un polluant
the soil	le sol	to inhibit	inhiber
a graveyard	un cimetière	the buffering capacity	la capacité protectrice
a spruce (tree)	un épicéa	the industry smokestacks	les cheminées, les fumées de l'industrie
to bear	porter	to promote	promouvoir
a scar	une cicatrice	a (rain) droplet	une goutte de pluie





## OUTIL PÉDAGOGIQUE 5 : ANALYSE DU DOCUMENT EN ANGLAIS : CORRECTIF

Lis le document et réponds aux questions suivantes :  
Formule tes réponses en français.

1. Cite quelques causes des pluies acides.

La végétation en décomposition, les éruptions volcaniques et l'activité humaine (la combustion de combustibles fossiles (carburants) dans les centrales à charbon, les usines, les voitures) sont des causes de la production de pluies acides.

2. Quels sont les gaz rejetés lorsque l'on brûle des combustibles fossiles et quel est le résultat final ?

Les dioxydes de soufre ( $\text{SO}_2$ ) et les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) sont des gaz qui, lorsqu'ils réagissent avec l'eau, l'oxygène et d'autres substances produisent des solutions d'acide sulfurique et d'acide nitrique.

3. Cite quelques effets néfastes des pluies acides.

Les pluies acides ont beaucoup d'effets néfastes sur l'écologie. Elles rendent l'eau acide et causent l'absorption d'aluminium par les milieux aquatiques. Cette combinaison rend l'eau toxique pour les écrevisses, les palourdes, les poissons et les autres animaux aquatiques.

Elles causent beaucoup de dommages aux forêts (spécialement en haute altitude). Elles privent les sols de nutriments, elles libèrent de l'aluminium dans les sols et elles endommagent les feuilles et les aiguilles des arbres.

Elles rendent les arbres et les plantes moins résistants aux températures froides, aux insectes et aux maladies, elles inhibent la capacité des arbres à se reproduire.

4. (Bonus) Quelles sont les actions à réaliser pour diminuer la production de pluies acides ?

Il faut freiner notre libération de polluants qui sont à l'origine des pluies acides. Par exemple : brûler moins de combustibles fossiles, de carburants.



## OUTIL PÉDAGOGIQUE 6 : CONSIGNES POUR SYNTHÈSE

SUITE AUX DOCUMENTS ANALYSÉS, RÉDIGE UNE SYNTHÈSE QUI EXPLIQUE ET ILLUSTRÉ LES PLUIES ACIDES.

- Avant de te lancer dans la rédaction, il est important d'avoir une lecture attentive des documents. Pour ce faire, établis le plan de ton texte en répondant au(x) questionnaire(s) distribué(s) en classe.
- Construis ensuite ton récit en utilisant des paragraphes (contexte - corps - conclusion) :
  - Dans le contexte, décris le cadre de l'activité.
  - Dans le corps, résume tes analyses et mets en évidence les causes et les conséquences des pluies acides. N'oublie pas que chaque thème/idée doit être développé(e) dans des sous-paragraphes distincts.
  - Dans la conclusion, exprime de manière succincte ce que tu as découvert lors de cette activité.
- Rédige le texte en employant des connecteurs logiques afin de fluidifier la synthèse et en respectant le champ lexical.

Attention, il s'agit d'une synthèse : il est nécessaire de retranscrire des faits dans un ordre logique (les causes avant les conséquences) et de ne pas donner ton avis.



## OUTIL PÉDAGOGIQUE 7 : PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

EXPÉRIENCE POUR L'ACIDIFICATION DE L'EAU DE PLUIE PAR  $\text{SO}_2$

Matériel :

---

---

---

Mode opératoire :

---

---

---

---

---

Schéma expérimental :

---

---

---

---

---

Observations :

- Quel est le pH de chaque eau analysée ?

---

---

---

- Classe les différentes eaux de la moins acide à la plus acide.

---

---

---

## OUTIL PÉDAGOGIQUE 7 : PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

- Lors de la combustion du soufre, écris l'équation de la réaction. Quel composé est produit ?

.....

.....

- Décris le gaz : couleur, odeur, opaque ou pas, plus lourd que l'air ou pas ?

.....

.....

- Lorsque le gaz est mélangé à l'eau, quelle substance est produite lors de la réaction ?  
Ce gaz est-il soluble dans l'eau ?

.....

.....

- Que peux-tu conclure ? Est-ce que les composés soufrés sont responsables des pluies acides ?

.....

.....

### EXPÉRIENCE POUR L'ACIDIFICATION DE L'EAU DE PLUIE PAR $\text{NO}_2$

Matériel :

.....

.....

Mode opératoire :

.....

.....

.....

.....

## OUTIL PÉDAGOGIQUE 7 : PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Schéma expérimental :

---

---

---

---

---

---

---

---

Observations :

- Quel est le pH de chaque eau analysée ?

---

---

---

---

- Classe les différentes eaux de la moins acide à la plus acide.

---

---

---

---

- Décris le gaz : couleur, odeur, opaque ou pas, plus lourd que l'air ou pas ?

---

---

---

---

- Lorsque le gaz est mélangé à l'eau, quelle substance est produite lors de la réaction ? Ce gaz est-il soluble dans l'eau ?

---

---

---

---

- Que peux-tu conclure ? Est-ce que les composés nitreux sont responsables des pluies acides ?

---

---

---

---



## OUTIL PÉDAGOGIQUE 8 : PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL : CORRECTIF

Expérience pour l'acidification de l'eau de pluie par  $\text{SO}_2$

Matériel :

- 2 à 3 récipients en verre (bêcher ou verre normal)
- 1 petit pot à combustion (creuset)
- 1 bec bunsen ou un instrument pour faire une flamme continue
- Du soufre solide
- 1 hotte
- 1 pince en bois (pour tenir le petit pot lors de la combustion)
- 1 grand récipient en verre fermé par un couvercle contenant du dioxygène
- De l'eau de pluie
- De l'eau en bouteille ou du robinet
- Des gants, des lunettes de protection et une blouse
- 1 pH-mètre ou du papier pH

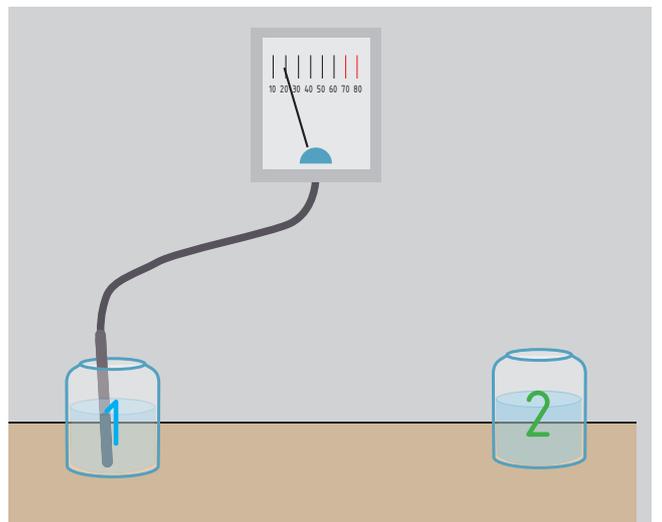
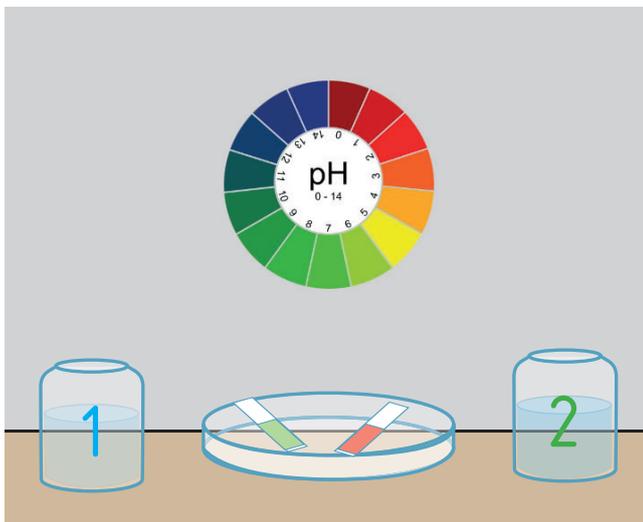
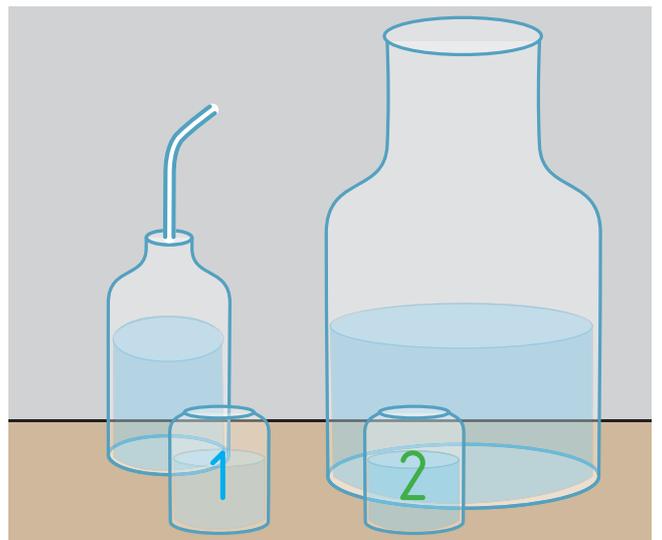
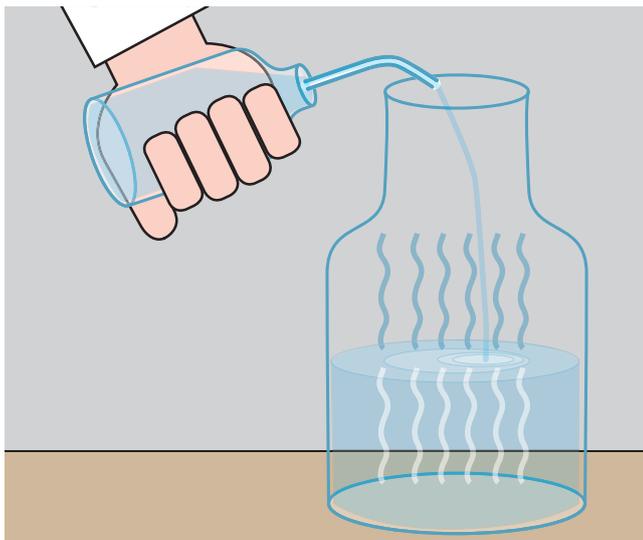
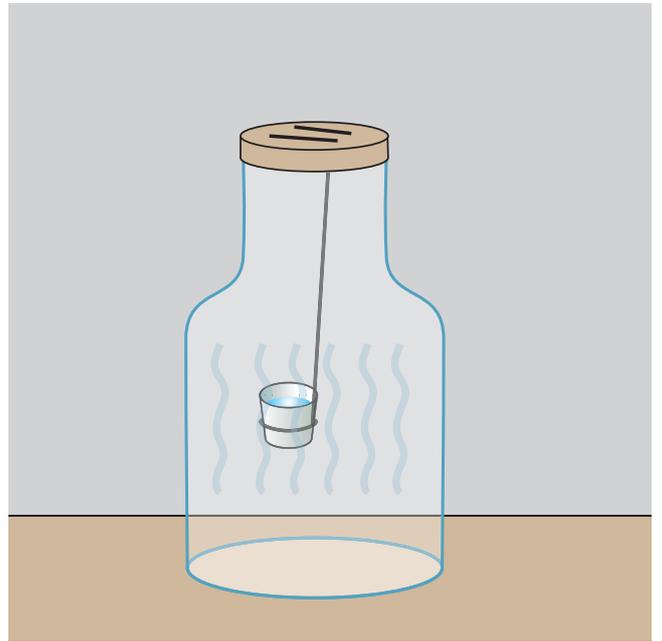
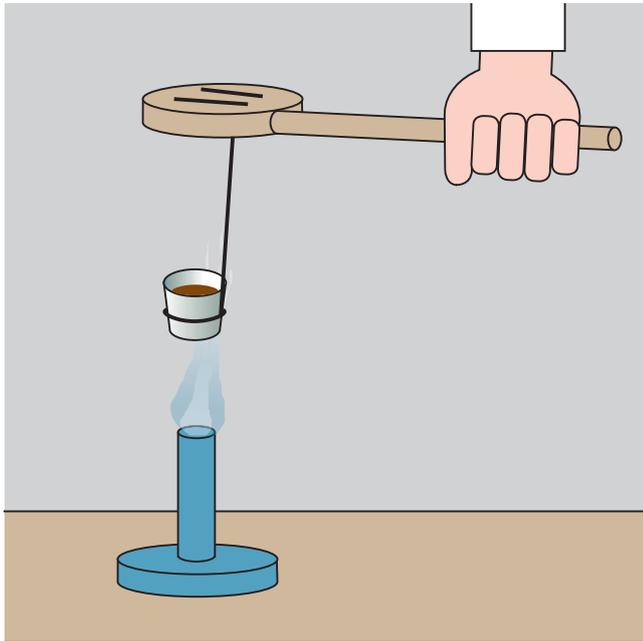
Mode opératoire :

- Mets des gants, une blouse et des lunettes de protection.
- Mesure le pH des deux eaux (eau de pluie et l'eau en bouteille ou du robinet).
- Place le morceau de soufre dans le creuset tenu à l'aide de la pince en bois.
- Place le creuset au-dessus du bec bunsen allumé ou d'une flamme.
- Attends la fusion totale du soufre. Place ensuite le creuset dans le grand récipient en verre contenant le dioxygène et referme-le avec le couvercle. Mets le tout sous la hotte.
- Ajoute l'eau de pluie dans le récipient dans lequel le gaz a été produit et agite énergétiquement (en refermant le récipient).
- Mesure le pH de la solution obtenue.

## OUTIL PÉDAGOGIQUE 8 : PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL : CORRECTIF

Schéma expérimental :

<https://tpepluiesacidesclenceau.wordpress.com/experience-1-la-formation-des-pluies-acides-soufrees/>



## OUTIL PÉDAGOGIQUE 8 : PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL : CORRECTIF

### Observations :

- Quel est le pH de chaque eau analysée ?

L'eau bouteille : 6,5

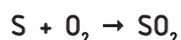
L'eau de pluie : de 5,6 à 6

L'eau mélangée avec le  $\text{SO}_2$  : de 2,5 à 3,5

- Classe les différentes eaux de la moins acide à la plus acide.

Eau bouteille–Eau de pluie–Eau de pluie avec  $\text{SO}_2$

- Lors de la combustion du soufre, écris l'équation de la réaction. Quel composé est produit ?



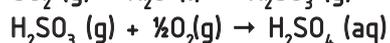
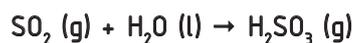
- Décris le gaz : couleur, odeur, opaque ou pas, plus lourd que l'air ou pas ?

Le gaz est opaque, incolore et toxique. Il est odorant, il pique au nez et il est plus lourd que l'air.

- Lorsque le gaz est mélangé à l'eau, quelle substance est produite lors de la réaction ?

Ce gaz est-il soluble dans l'eau ?

Lors de la réaction, de l'acide sulfurique est produit. Oui, ce gaz est soluble dans l'eau.



- Que peux-tu conclure ? Est-ce que les composés soufrés sont responsables des pluies acides ?

Nous pouvons conclure que les composés soufrés créent du  $\text{SO}_2$ . Le  $\text{SO}_2$  est soluble dans l'eau, il peut donc facilement se mélanger à l'eau de pluie. Il réagit avec l'eau pour produire de l'acide sulfurique. Donc, si les charges critiques sont dépassées, nous obtenons une pluie acide, à cause du  $\text{SO}_2$ .

## OUTIL PÉDAGOGIQUE 8 : PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL : CORRECTIF

### Expérience pour l'acidification de l'eau de pluie par $\text{NO}_2$

#### Matériel :

- 2 à 3 récipients en verre (bêcher ou verre normal)
- 1 grand récipient en verre fermé par un couvercle contenant du diazote
- 1 hotte
- De l'eau de pluie
- De l'eau en bouteille ou du robinet
- Des gants, des lunettes de protection et une blouse
- 1 pH-mètre ou du papier pH

#### Mode opératoire :

- Mets des gants, des lunettes de protection et une blouse.
- Fais l'expérience sous une hotte.
- Mesure le pH des deux eaux (eau de pluie et eau en bouteille ou du robinet).
- Verse l'eau de pluie dans le récipient contenant le diazote et agite énergétiquement en fermant le récipient avec un couvercle.
- Mesure le pH de la solution obtenue.

#### Schéma expérimental :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyde\\_d%27azote](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyde_d%27azote)



#### Observations :

- Quel est le pH de chaque eau analysée?  
L'eau bouteille : 6,5  
L'eau de pluie : de 5,6 à 6  
L'eau mélangée avec le  $\text{NO}_2$  : de 2,5 à 3,5

## OUTIL PÉDAGOGIQUE 8 : PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL : CORRECTIF

- Classe les différentes eaux de la moins acide à la plus acide.

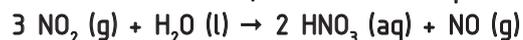
Eau bouteille–Eau de pluie–Eau avec NO<sub>2</sub>

- Décris le gaz : couleur, odeur, opaque ou pas, plus lourd que l'air ou pas ?

Un gaz odorant de couleur rousse et toxique. Il est plus lourd que l'air.

- Lorsque le gaz est mélangé à l'eau, quelle substance est produite lors de la réaction ? Ce gaz est-il soluble dans l'eau ?

Lors de la réaction, de l'acide nitrique est produit.



- Que peux-tu conclure ? Est-ce que les composés nitreux sont responsables des pluies acides ?

Le NO<sub>2</sub> est soluble dans l'eau, il peut donc facilement se mélanger à l'eau de pluie. Il réagit avec l'eau pour produire de l'acide nitrique. Donc, si les charges critiques sont dépassées, nous obtenons une pluie acide, à cause du NO<sub>2</sub>.

