Expérience mondiale pour l'Année internationale de la chimie

Le pH de la planète

Ce document contient une description de l'**Activité pH de la planète** qui fait partie de l'Expérience mondiale lancée à l'occasion de l'Année internationale de la chimie, 2011.

Dans le cadre de cette activité, les élèves prélèveront un échantillon d'eau dans une source naturelle locale. Ils mesureront le pH de l'échantillon à l'aide de solutions d'indicateurs colorés. La moyenne des résultats de la classe sera calculée et transmise à la base de données de l'Expérience mondiale, accompagnée d'informations relatives à l'échantillon et à l'école.

Sommaire

- Instructions relatives à la soumission des résultats à la base de données mondiale 1
- Instructions relatives à l'activité (**Enseignant**) 2
- Feuille de résultats de la classe (vierge) 3
- Fiche d'activité (**Élève**) 4
- Notes à l'intention de l'enseignant 5
- Suggestions pour réaliser des activités complémentaires 10
- Résultats types 11
- Échelle de couleur des indicateurs et code couleur RVB des indicateurs 12

Soumission des résultats à la base de données mondiale

Les informations à soumettre à la base de données sont les suivantes. Si les caractéristiques de l'école et du lieu ont déjà été fournies au titre d'une autre activité, il convient de relier ces résultats au précédent envoi.

Date du prélèvement : _____

Source d'eau locale : _____ (par ex. le Nil)

pH de la source d'eau locale : _____

Nature de l'eau: _____ (douce, salée, d'estuaire, de mer, etc.)

Température : _____ (température lors de la mesure du pH)

Nombre d'élèves participants : _____

N° d'enregistrement de l'école/la classe : _____

Instructions relatives à l'activité (Enseignant)

Description de l'expérience
Les élèves travailleront par groupes (de 2, en général) pour mesurer le pH d'une source d'eau naturelle locale. L'activité comprend deux parties :

- Mesure du pH de l'échantillon prélevé dans la source d'eau locale (et, le cas échéant, d'autres échantillons).
- Analyse et transmission des résultats à la base de données de l'Expérience mondiale.

Produits et matériel

- 6 (six) **récipients** à échantillon (*blancs ou transparents pouvant contenir 1 cm de hauteur de liquide*)
- un **compte-gouttes** ou une pipette
- un flacon **d'eau de rinçage**
- **indicateur** bleu de bromothymol (*du kit, préparé selon les instructions*)
- **indicateur** pourpre de *m*-crésol (*du kit, préparé selon les instructions*)
- **échelles de couleur** des indicateurs
- **échantillon d'eau locale** prélevé dans un plan d'eau naturelle locale

Facultatif

- autres échantillons d'eau
- indicateur universel

Méthode

Partie A - Tester la source d'eau locale

1. Numéroter les récipients à échantillon de 1 à 6 et marquer sur chacun d'eux un trait de repère à 0,5 cm de hauteur.
2. Remplir trois de ces récipients avec l'eau locale prélevée, jusqu'au trait de repère.
3. Ajouter trois gouttes de **bleu de bromothymol** (indicateur) dans chaque récipient et faire tourbillonner pour bien mélanger la solution.
4. Déterminer le pH de chaque solution à l'aide de l'échelle de couleur et inscrire le résultat obtenu pour chaque récipient, à une décimale.
5. Si le pH de l'échantillon est supérieur ou égal à 7,6, répéter 3 fois le test avec le **pourpre de *m*-crésol** comme indicateur et noter les résultats à une décimale.

Partie B – Analyser et transmettre les résultats

6. Déterminer l'indicateur ayant fourni la meilleure mesure du pH de l'échantillon.
7. Calculer la moyenne correspondant à votre échantillon d'eau en utilisant les résultats fournis par le meilleur indicateur.
8. Ajouter votre moyenne sur la feuille de résultats de la classe.
9. Une fois la fiche de résultats de la classe complétée, calculer la moyenne de la classe correspondant à l'échantillon d'eau locale.
10. Avec l'aide de votre enseignant, transmettre la moyenne de la classe établie pour l'échantillon d'eau locale à la base de données de l'Expérience mondiale.

(FACULTATIF Autres échantillons d'eau)

11. Répéter la méthode, Parties A et B, avec d'autres échantillons d'eau.
12. Rincer avec soin les récipients entre chaque test pour éviter toute contamination.

Feuille de résultats de la classe

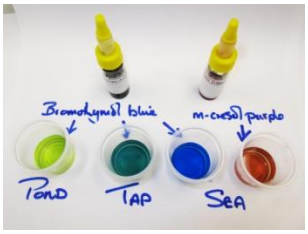
Inscrire les valeurs moyennes du pH obtenues par les élèves pour la source d'eau locale (et, le cas échéant, d'autres sources d'eau - voir Notes à l'intention de l'enseignant). Compléter les données à soumettre à la base de données de l'Expérience mondiale.

	Echantillons d'eau					
Groupe	**Source d'eau locale**	A	B	C	D	E
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
Moyenne						

- Source d'eau locale : _____
- Nature de l'eau : _____
- Date du prélèvement : _____
- Température : _____
- Nombre d'élèves participants : _____

Fiche d'activité (Élève)

Cette activité consiste à mesurer le pH (acidité) d'un échantillon d'eau locale. Le pH est un nombre qui permet de comparer des échantillons d'eau différents. Vous pourrez comparer vos résultats avec ceux d'autres écoles dans le monde.



Partie A - Tester la source d'eau locale

- Numéroter les récipients à échantillon de 1 à 6 et marquer sur chacun d'eux un trait de repère à 0,5 cm de hauteur.
- Remplir trois de ces récipients avec l'eau locale prélevée, jusqu'au trait de repère.
- Ajouter trois gouttes de **bleu de bromothymol** (indicateur) dans chaque récipient et faire tourbillonner pour bien mélanger la solution.
- Déterminer le pH de chaque solution à l'aide de l'échelle de couleur et inscrire le résultat obtenu pour chaque récipient, à une décimale.
- Si le pH de l'échantillon est supérieur ou égal à 7,6, répéter 3 fois le test avec le **pourpre de *m*-crésol** comme indicateur et noter les résultats à une décimale.

	Types d'eau prélevée						
Test	Indicateur	Source d'eau locale	A	B	C	D	E
1	bleu de bromothymol						
2							
3							
4	pourpre de *m*-crésol						
5							
6							
Moyenne							

Partie B – Analyser et soumettre les résultats

- Déterminer l'indicateur ayant fourni la meilleure mesure du pH de l'échantillon.
- Calculer la moyenne correspondant à votre échantillon d'eau en utilisant les résultats fournis par le meilleur indicateur.
- Ajouter votre moyenne sur la feuille de résultats de la classe.
- Une fois la feuille de résultats de la classe complétée, calculer la moyenne de la classe correspondant à l'échantillon d'eau locale. Ce nombre sera transmis à la base de données de l'Expérience mondiale.

Notes à l'intention de l'enseignant

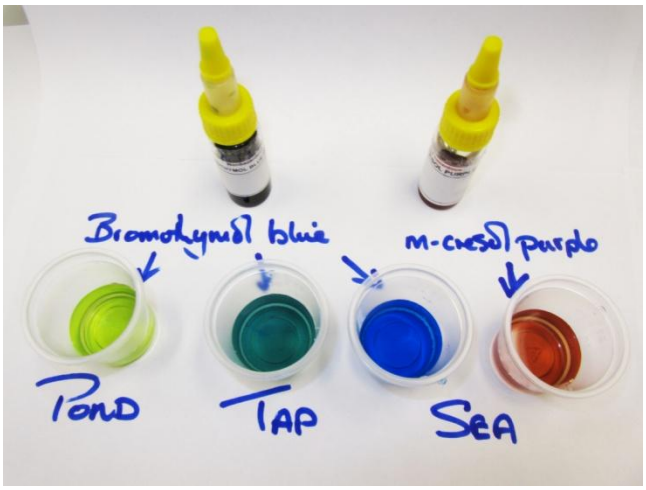
Tout est chimie en nous et autour de nous, dans notre vie quotidienne. Notre connaissance de la chimie nous permet de mieux comprendre notre monde et de faire des découvertes souvent surprenantes et utiles. Les acides sont l'un des premiers groupes de substances dont nous avons à identifier les propriétés chimiques, pour la cuisine et le nettoyage ou encore à l'usine et en laboratoire.

Cette activité permettra à vos élèves d'étudier la notion d'acidité appliquée à nos ressources en eau en utilisant la mesure d'acidité la plus couramment employée, le pH. Ils s'initieront à une méthode de mesure du pH et en contrôleront la fiabilité. Ils soumettront leurs résultats à la base de données de l'Expérience mondiale et pourront les comparer avec ceux d'autres élèves dans le monde.

Réaliser l'activité d'analyse du pH de la planète

Ces notes ont pour but d'aider les enseignants à réaliser l'activité 'pH de la planète' avec leur classe. Elles portent sur les points suivants :

- Contexte et objectif de l'activité
- Résultats d'apprentissage
    - Classes primaires
    - Classes de collège
    - Classes de lycée
- Produits et matériel requis
- Sécurité
- Préparation de l'activité
- Données de base sur le pH et l'acidité
- Activités complémentaires



Contexte et objectif

Cette activité est conçue pour faire partie d'une unité de travail consacrée à l'eau. Toutefois, les enseignants qui le souhaitent peuvent l'utiliser à seules fins de donner à leurs élèves l'occasion de contribuer à une expérience scientifique internationale.

Certaines précisions fournies sur l'activité et les activités complémentaires ont pour but d'aider les enseignants à choisir les options les plus adaptées à leur classe, compte tenu du temps disponible et du niveau de compréhension que peuvent avoir les élèves de l'acidité de l'eau.

Résultats d'apprentissage

Procédés scientifiques :

- Mesure de l'acidité et évaluation de la qualité des données.
- Interprétation des données en termes d'environnement et de nature de l'eau analysée.
- Questions scientifiques.
- Conduite de recherches scientifiques.

Notions élémentaires en chimie.

- Acides et bases.
- Réactions chimiques concernant les acides et les bases.

- pH, mesure de l'acidité.

Niveau primaire – Pour des élèves de primaire, l'activité est une excellente occasion de collecter des données à l'aide d'un matériel simple et de s'initier à la concordance de couleurs.

Les élèves doivent posséder des notions élémentaires sur les décimales et le procédé de calcul de moyennes pour comprendre la partie analytique de l'activité.

L'acidité est l'une des notions importantes en chimie que les élèves connaissent du fait qu'ils sont quotidiennement en contact avec des produits chimiques ménagers et alimentaires.

Elle offre un bon exemple de la différence entre procédés physiques et procédés chimiques et est l'une des premières expériences de réaction chimique que peuvent faire des élèves.

L'échelle de pH fournit une mesure de l'acidité sans tenir compte de la composition chimique. Mais il est inévitable qu'elle paraisse contre-intuitive : un pH bas indique une plus forte acidité.

Il peut être intéressant de mettre l'accent sur l'étude de cette échelle, en soulignant qu'une solution avec un pH égal à 7 est *neutre*, inférieur à 7 est *acide* et supérieur à 7 est *basique*.

Il importe que les élèves apprennent que les substances ayant un pH très supérieur ou très inférieur à 7 sont dangereuses, et le sont d'autant plus que leur pH est éloigné de la neutralité.

Niveau collège – Les explications portent sur les ions hydrogène (H^+) ou (H_3O^+) et, le cas échéant, sur des formules chimiques simples.

Niveau lycée – Les explications portent sur les acides forts et faibles et, le cas échéant, sur le concept d'équilibre chimique. D'autres méthodes de mesure du pH, à l'aide d'un pH-mètre par exemple, peuvent être employées selon le matériel disponible.

Produits et matériel

Échantillons d'eau : Les échantillons d'eau peuvent être recueillis dans des bouteilles en plastique (contenance totale 1,5 l). Les échantillons qui doivent être stockés seront conservés au réfrigérateur ; il faudra ensuite les laisser reposer à température ambiante avant utilisation, puis les utiliser rapidement après ouverture.

L'échantillon d'eau naturelle locale retenu pour figurer dans la base de données de l'Expérience mondiale peut être prélevé dans la mer, une rivière, un lac ou un grand étang. La source choisie sera, de préférence, un lieu repérable et aisément identifiable par des élèves d'autres écoles qui souhaiteraient faire des comparaisons. Le prélèvement d'échantillon sera effectué le plus tard possible avant de procéder aux mesures en classe.

Si plusieurs échantillons locaux différents doivent être analysés, vous pourrez demander à vos élèves de les prélever et de les apporter à l'école. Vous devez vous assurer que vous disposez d'une quantité suffisante d'indicateur universel au cas où le pH des échantillons prélevés par se situe en dehors de l'intervalle correspondant à la plupart des eaux naturelles.

Indicateurs : On peut en général se procurer du bleu de bromothymol dans les magasins d'aquariophilie, car ce produit est utilisé pour analyser les aquariums d'eau douce. Le pourpre de *m*-crésol est employé pour analyser des échantillons d'eau de mer.

Les instituteurs de primaire peuvent également se mettre en relation avec leurs collègues de l'enseignement secondaire pour la préparation de ces indicateurs à partir des échantillons solides fournis dans les kits d'analyse.

Formule du bleu de bromothymol :

Dissoudre 0,1 g de bleu de bromothymol dans 16 ml de NaOH 0,01 M.
Après dissolution complète, ajouter lentement 234 ml d'eau (eau distillée, si possible).
Conserver à température ambiante.

Formule du pourpre de m-crésol :

Dissoudre 0,1 g de pourpre de *m*-crésol dans 26 ml de NaOH 0,01 M.
Après dissolution complète, ajouter lentement 224 ml d'eau (eau distillée, si possible).
Conserver à température ambiante.

Sécurité

Les produits utilisés pour cette activité ne présentent aucun danger s'ils sont utilisés à l'état de solutions diluées comme indiqué dans le mode opératoire. Les indicateurs solides peuvent toutefois provoquer une irritation, notamment en cas d'ingestion. Il convient de les manipuler avec précaution lors de la préparation des indicateurs et de se laver ensuite les mains.

Kit d'analyse

Le kit d'analyse comprend :

- des échantillons des deux indicateurs, 0,1 g bleu de bromothymol et 0,1 g de pourpre de *m*-crésol dans des sachets en plastique.
- échelle de couleur correspondant à chaque indicateur.

Instructions :

- pour réaliser l'expérience
- pour la préparation des indicateurs et la lecture des échelles de couleur.

Données de base - Acidité et pH

Les acides sont souvent le premier groupe de substances que l'on découvre lorsqu'on parle de réactions chimiques. De nombreux acides sont présents dans les produits ménagers, comme le vinaigre, l'acide chlorhydrique ou l'acide citrique. D'autres acides, comme l'acide sulfurique et l'acide phosphorique, sont utilisés dans l'industrie et des millions de tonnes de ces substances sont fabriquées chaque année.

Les acides réagissent avec les bases. Les bases forment un autre groupe de substances tout aussi important, quoique moins connu, qui comprend l'ammoniaque, le bicarbonate de soude et la soude caustique (hydroxyde de sodium). Des milliers d'acides et des milliers de bases ont été identifiés, et bon nombre de ces substances existent à l'état naturel et jouent un rôle important dans les divers processus de la vie.

Les réactions acido-basiques classiques se produisent, le plus souvent, dans l'eau. L'une des particularités de l'eau, comme d'autres substances, est qu'elle peut réagir à la fois comme acide ou comme base. Cette propriété, outre le fait que l'eau est une substance courante et

importante, explique qu'on utilise habituellement l'eau pour séparer les acides et les bases. En présence d'acides, l'eau agit comme base et, en présence de bases, elle agit comme acide. L'eau pure et des solutions de même acidité que l'eau pure sont dites neutres. Les réactions acido-basiques sont souvent appelées réactions de neutralisation.

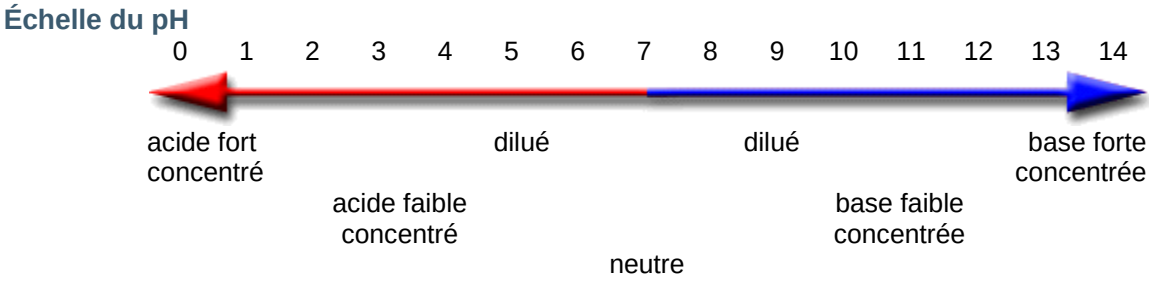
Acide acétique + bicarbonate de soude → eau + acétate de sodium + dioxyde de carbone

Des réactions acido-basiques ont également lieu dans la cuisine, dans toutes les cellules de notre organisme et dans de nombreux processus naturels, à la campagne.

Force des acides – Le degré de réaction d'un acide ou d'une base avec l'eau détermine la force de cet acide ou de cette base. L'acide chlorhydrique est un acide fort classique, qui est présent dans notre estomac et que l'on trouve en vente dans le commerce. Il réagit presque totalement avec l'eau. D'autres acides, comme l'acide acétique contenu dans le vinaigre, ne réagissent que partiellement avec l'eau : ce sont des acides faibles. De même, il existe des bases dites faibles ou fortes.

La force d'une solution acide, son acidité, est une propriété utile à connaître, car elle indique sa capacité de produire une réaction chimique. L'acide chlorhydrique concentré est, par exemple, efficace pour nettoyer du ciment sur du briquetage, tandis que l'acide acétique concentré est beaucoup moins efficace. Si l'on dilue l'acide, on réduit l'acidité d'une solution acide ; ajouter de l'eau est donc une bonne façon de réduire le danger des déversements acides ou basiques.

Échelle du pH - L'échelle du pH sert à mesurer l'acidité de solutions. Le pH des solutions les plus classiques se situe entre 0 et 14. Plus le pH est faible, plus la solution est acide.



Le pH des acides forts se situe dans les valeurs les plus faibles et peut devenir négatif dans le cas d'acides forts concentrés, comme l'acide sulfurique. Le pH des bases fortes se situe dans les valeurs les plus élevées et peut être supérieur à 14. En revanche, l'eau pure est neutre et son pH s'établit autour de 7 en fonction de la température.

L'utilité de l'échelle du pH est liée à ce que l'on cherche à mesurer. La mesure obtenue indique le degré de réaction de l'acide avec l'eau. Avec l'acide chlorhydrique, par exemple :

$$HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$$

Ions hydroniums – Les produits sont des ions (c'est-à-dire des particules chargées) et l'ion H_3O^+ (ion hydronium) est responsable des propriétés acides.

H_3O^+ ou H^+

Il est d'usage, par commodité et par tradition, de désigner les acides par leur concentration en ions hydrogène, H^+, et non en ions H_3O^+. Même si les ions hydrogène n'existent pas en solution aqueuse, on emploie indifféremment ces deux termes.

Les acides constituent une catégorie de substances très intéressante, parce que tous les acides libèrent des ions H_3O^+ et possèdent par conséquent des propriétés communes.

Dans le cas de l'acide chlorhydrique, l'ionisation est par essence totale dans l'eau et HCl est un acide fort. Pour ce qui est de l'acide acétique, la quantité de H_3O^+ libérés est bien moindre et, en général, la plupart des molécules d'acide acétique sont sous forme non ionisée.

La mesure du pH consiste à déterminer la concentration en H_3O^+. Comme celle-ci peut couvrir un large intervalle de valeurs, il est pratique d'utiliser une échelle logarithmique :

$$pH = -\log_{10}[H_3O^+]$$

Autrement dit, la concentration en H_3O^+ pour un pH de 8,5 est égale à un millième de la concentration pour un pH de 5,5 (intervalle classique pour l'eau naturelle).

Mesure du pH – Les deux méthodes les plus couramment appliquées pour mesurer le pH reposent sur l'utilisation d'indicateurs ou de pH-mètres.

Indicateurs – Ce sont des acides faibles colorés, qui virent (changent de couleur) lorsqu'ils subissent une réaction acido-basique et libèrent (formellement) l'ion H^+. Les réactions sont en général réversibles, de sorte que l'indicateur a deux formes moléculaires, une forme acide et une forme basique :

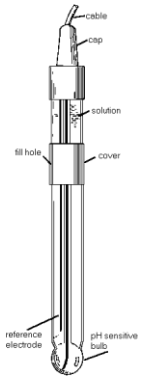
$$\text{bleu de bromothymol} \underset{+H^+}{\overset{-H^+}{\rightleftharpoons}} \text{bleu de bromothymol}^-$$

forme acide — forme basique

Le virage de couleur des indicateurs se produit habituellement quand la concentration en H_3O^+ est multipliée par dix et, donc, que le pH varie d'une unité.

Les solutions d'indicateur qui couvrent des intervalles de pH plus étendus, comme l'indicateur universel, sont des combinaisons de plusieurs indicateurs.

pH-mètre – son principe repose sur la mesure du potentiel d'une électrode de verre sensible au pH. Les membranes de verre sont fragiles et doivent être stockées et manipulées avec précaution si l'on veut les conserver 2 ans, voire plus.



Les électrodes varient au cours du temps, ce qui nécessite d'étalonner régulièrement le pH-mètre. Pour ce faire, on utilise des solutions tampons de pH connu. Les solutions tampons sont, en général, un mélange des formes acide et basique d'un acide faible. On peut préparer des solutions tampons en suivant le mode opératoire indiqué, ou les acheter sous forme de comprimés ou de liquide.

Interprétation des valeurs du pH

Il faut être prudent dans l'interprétation des valeurs du pH obtenues dans le cadre de l'activité. En effet, elles peuvent varier sous l'effet de conditions naturelles liées à la luminosité ou la

température ou de facteurs liés aux différents procédés de mesure. Dans le cas d'une source d'eau douce, la variabilité naturelle est relativement forte et se situe ordinairement entre 6,5 et 8,0. Dans la plupart des cas, les eaux de mer sont tamponnées et le degré de variation du pH est compris entre 8,1 et 8,4.

Les variations de température peuvent entraîner des variations du pH des échantillons et des détecteurs de pH. Ces variations, bien que mineures si la température reste voisine de 20 à 25°C, risquent d'être beaucoup plus marquées à des températures plus extrêmes.

Dans le cas d'une eau naturelle, le pH varie également durant la journée à cause des éléments vivants qu'elle peut contenir. La respiration de ces organismes produit du dioxyde de carbone qui a pour effet d'abaisser le pH de l'échantillon. Sous l'action de la lumière du jour, le pH augmente du fait que les organismes photosynthétiques réduisent la quantité de dioxyde de carbone.

Les caractéristiques géologiques de la région peuvent aussi avoir une incidence sur le pH de l'eau locale. La présence de calcaire peut entraîner une hausse considérable du pH. Dans le cas de l'eau des océans, le calcaire et autres sources de carbonate de calcium leur confèrent un pH de 8,3 en conditions normales, mais le dioxyde de carbone supplémentaire présent dans l'atmosphère à cause des variations climatiques se dissout partiellement dans l'océan, entraînant une diminution du pH (dans des proportions très faibles).

Activités complémentaires

Les activités suivantes sont proposées pour permettre aux élèves d'approfondir leurs connaissances dans le domaine de l'acidité et du pH.

- Variation du pH – expériences destinées à illustrer la variabilité du pH dans différentes situations, par ex. lorsqu'on souffle sur des échantillons d'eau.
- pH dans la vie quotidienne – mesures du pH de liquides utilisés dans la vie courante dans une maison ou de matières, comme les sols.
- Indicateurs naturels – étude d'indicateurs 'faits maison', comme le jus de chou rouge.
- Variation de pH – mesures de la variation naturelle du pH de l'eau durant des cycles réguliers (24 heures) et après la pluie, etc.
- Autres activités etc.

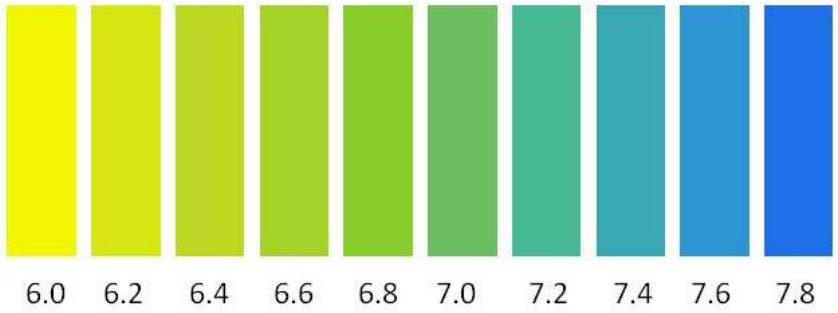
Feuille de résultats de la classe
(données d'essai)

- Inscrire ici la valeur moyenne de pH mesurée par les élèves pour la source d'eau locale et, le cas échéant, d'autres sources d'eau (voir Notes à l'intention de l'enseignant).
- *(Cette série de données a été obtenue selon la méthode ci-dessus par une classe de 25 élèves âgés de 11 ans et travaillant par équipe de 2.)*

	Types d'eau prélevée					
Groupe	Source locale Lac	A Robinet	B Aquarium	C Mer	D	E
1	6,7	8,0	6,6	8,1		
2	6,9	7,9	6,5	8,0		
3	6,5	8,0	6,6	8,1		
4	6,7	8,0	6,7	8,2		
5	6,7	8,4	6,4	8,0		
6	6,9	8,1	6,3	8,0		
7	6,8	7,7	6,3	8,4		
8	6,8	8,0	6,5	8,1		
9	6,8	8,1	6,7	8,4		
10	6,7	8,1	6,7	8,3		
11	6,8	8,2	6,5	8,3		
12	6,6	7,8	6,6	8,1		
13	6,6	7,8	6,4	8,1		
14						
15						
Moyenne	6,7	8,0	6,5	8,2		

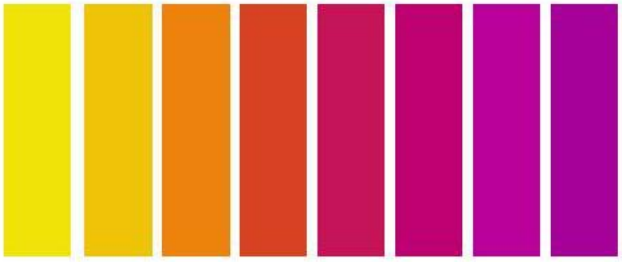
- Source d'eau locale : Rivière Brisbane en face de l'école Oxley
- Nature de l'eau : douce
- Date du prélèvement : 14/02/2011
- Température : 23,5 °C
- Nombre d'élèves participants : 25

Échelle de couleur des indicateurs



Bromothymol Blue

m-Cresol Purple



7.4 7.6 7.8 8.0 8.2 8.4 8.6 8.8

Légendes :
Bromothymol Blue : Bleu de bromothymol
***m*-Cresol Purple : Pourpre de *m*-crésol**

Code couleur RVB des indicateurs

pH	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8
Bleu de bromothymol	241 231 19	216 231 19	189 215 35	165 210 38	137 206 44	108 192 95	70 185 149	57 166 180	44 150 210	30 110 230					
Pourpre de *m*-crésol								240 227 7	239 195 7	237 130 13	215 66 35	198 20 88	189 1 113	186 2 154	166 2 154