

GLOBE Suisse

Hydrologie

Un projet scolaire d'étude de l'eau

Eau Hydrologie

GLOBE

SCHWEIZ • SUISSE • SVIZZERA • SWITZERLAND

| | |
|--|-----------|
| Avant-propos | 1 |
| Introduction | 3 |
| Qu'est ce que l'hydrologie? | 3 |
| Mesures hydrologiques dans les lacs et les rivières..... | 4 |
| Quels facteurs influencent les paramètres hydrologiques? | 4 |
| L'hydrologie comme étude scientifique..... | 5 |
| Suivi de l'environnement hydrologique..... | 5 |
| L'hydrologie en Suisse..... | 5 |
| Réseaux nationaux et internationaux | 6 |
| Observations hydrologiques réalisables dans le cadre de GLOBE..... | 6 |
| Le cycle hydrologique | 7 |
| L'hydrosphère..... | 7 |
| L'eau au cours des saisons | 9 |
| Température, turbidité et autres paramètres chimiques – observations hydrologiques au cours des saisons..... | 9 |
| Et l'évolution climatique?..... | 10 |
| Étude de l'hydrologie dans l'enseignement scolaire | 12 |
| L'approche du monde des sciences dans le programme GLOBE..... | 12 |
| Concepts scientifiques..... | 12 |
| Choix du site d'étude de l'hydrologie | 13 |
| Comment choisir le site d'étude de l'hydrologie? | 13 |
| Guide de terrain pour le positionnement par GPS..... | 15 |
| Fiche de description du site d'étude de l'hydrologie | 17 |
| Fiche de relevé des coordonnées géographiques par GPS..... | 19 |
| Décalage de position GPS (Offset)..... | 20 |
| Mesure de la température de l'eau | 23 |
| Pourquoi mesurer la température de l'eau?..... | 23 |
| Fiche de protocole sur la mesure de la température de l'eau..... | 24 |
| Guide de terrain pour la température de l'eau..... | 25 |
| Informations à l'usage des enseignants..... | 27 |
| Analyse des résultats | 28 |
| Exemple de projet | 29 |
| Mesure de la transparence de l'eau | 35 |
| Pourquoi mesurer la transparence de l'eau? | 35 |
| Fiche de protocole sur la mesure de la transparence de l'eau..... | 36 |
| Guide de terrain pour la transparence de l'eau..... | 39 |
| Annexe turbidité: couverture nuageuse | 40 |
| Informations à l'usage des enseignants..... | 41 |
| Analyse des résultats | 42 |
| Exemple d'étude menée par des élèves | 43 |

| | |
|--|------------|
| Mesure de la conductivité électrique..... | 49 |
| Pourquoi mesurer la conductivité électrique?..... | 49 |
| Fiche de protocole sur la mesure de la conductivité électrique | 50 |
| Guide de terrain pour la conductivité électrique..... | 53 |
| Informations à l'usage des enseignants..... | 55 |
| Analyse des résultats..... | 56 |
| Exemple de projet | 56 |
| Mesure du degré d'acidité, pH de l'eau | 63 |
| Pourquoi mesurer le pH de l'eau?..... | 63 |
| Fiche de protocole sur la mesure du pH de l'eau | 64 |
| Guide de terrain pour le pH (acidité)..... | 67 |
| Informations à l'usage des enseignants..... | 69 |
| Instructions pour la mesure de l'acidité de l'eau (pH) | 73 |
| Analyse des résultats..... | 79 |
| Exemple de projet | 80 |
| Mesure de l'alcalinité de l'eau | 83 |
| Pourquoi mesurer l'alcalinité de l'eau?..... | 83 |
| Fiche de protocole sur la mesure de l'alcalinité de l'eau | 84 |
| Guide de terrain pour l'alcalinité (effet tampon) | 85 |
| Informations à l'usage des enseignants..... | 87 |
| Analyse des résultats..... | 89 |
| Exemple de projet | 90 |
| Mesure de la teneur en oxygène dissous de l'eau | 97 |
| Pourquoi mesurer la quantité d'oxygène dissous de l'eau? | 97 |
| Fiche de protocole sur la mesure de la quantité d'oxygène dissous de l'eau | 98 |
| Guide de terrain pour l'oxygène dissous | 101 |
| Procédure de contrôle de qualité pour l'oxygène dissous..... | 102 |
| Guide de laboratoire..... | 102 |
| Annexe (oxygène dissous contrôle de qualité)..... | 104 |
| Informations à l'usage des enseignants..... | 105 |
| Analyse des résultats..... | 107 |
| Exemple de projet | 108 |
| Mesure de la teneur en nitrates de l'eau | 111 |
| Pourquoi mesurer la teneur en nitrates de l'eau?..... | 111 |
| Fiche de protocole sur la mesure de la teneur en nitrates de l'eau | 112 |
| Guide de terrain pour la mesure du taux de nitrates | 113 |
| Procédure de contrôle de qualité pour le nitrate | 115 |
| Préparation de la solution étalon de nitrate de 1000 ppm | 116 |
| Préparation de la solution étalon de nitrate de 2 ppm..... | 117 |
| Informations à l'usage des enseignants..... | 119 |
| Analyse des résultats..... | 122 |
| Exemple de projet | 124 |

| | |
|---|------------|
| Fiches de relevé des mesure d'hydrologie | 127 |
| Transparence de l'eau | 127 |
| Température de l'eau | 129 |
| Oxygène dissous | 129 |
| PH de l'eau | 129 |
| Alcalinité | 130 |
| Nitrate total | 130 |
| Appendix | 131 |
| Glossaire | 131 |
| Littérature | 138 |
| Liens | 139 |

Impressum

GLOBE Suisse, 1ère édition, octobre 2006

Élaboration: Coordination nationale Suisse, Henri Bossert, Lausanne

Graphisme: Christian Jaberg, Soleure

Photos: Henri Bossert, Lausanne,

Glacier d'Aletsch (VS): <http://www.natureimages.de/images/1024/aletsch.jpg>

Chutes du Rhin (SH): <http://www.iconeoclaste.com/Spafi/Spafi11.htm>

L'Arve (GE): <http://www.pbase.com/zobroc/image/52297556>

Rhône et Arve (GE): http://www.gap-optique.unige.ch/Tour/Images/Rhone_Big.jpg

Lac Léman (Image satellite Landsat): <http://www.archipress.org/images/strategie/leman.jpg>

Grottes de Vallorbe (VD): <http://www.nobs-photo.ch/voyages/grottes/GrottesdeVallorbe/index2.html>

Avant-propos

L'hydrologie s'intéresse à l'eau et à toutes ses formes apparentes, comme la pluie, la neige, la grêle, l'humidité de l'air, les nuages et le brouillard, ou les rivières, les fleuves, les lacs et les glaciers ou encore les eaux souterraines. Un intérêt particulier est porté à la répartition des différentes masses d'eau au cours du temps et selon les lieux (distribution temporelle et spatiale) ainsi qu'à leur comportement dans le cycle de l'eau. Les hydrologues étudient les propriétés biologiques, chimiques et physiques de l'eau et les interactions entre l'eau l'environnement.

Notre pays est considéré à juste titre comme le château d'eau de l'Europe. Les lacs naturels, les glaciers et la nappe phréatique représentent six pour cent des réserves d'eau douce du continent. Près de 45 pour cent de l'eau qui s'écoule par le Rhin dans la mer du Nord provient de Suisse. Le volume des précipitations, qui s'élève à plus de 1400 millimètres par an en moyenne dans notre pays, est presque deux fois plus élevé que la moyenne européenne.

Afin de pouvoir exploiter les ressources hydrauliques de manière à la fois économique et écologique et de protéger l'homme contre les effets dévastateurs de l'eau, des connaissances sur la qualité et la quantité des ressources en eaux superficielles et souterraines sont indispensables. Elles nous sont fournies par l'hydrologie.

Vu sa position privilégiée en tant que château d'eau de l'Europe et des responsabilités qui y sont liées, de nombreux efforts ont déjà été entrepris par nos ancêtres pour rechercher et capter de nouvelles réserves d'eau. La confédération, les cantons, des instituts de recherche et des particuliers, fournissent des données hydrologiques fondamentales depuis plus de 140 ans. Il s'agit d'informations concernant le niveau des lacs, le débit, la température, le transport de sédiments et la qualité de l'eau ainsi que sur des recherches et des analyses sur les phénomènes qui y sont liés. Les connaissances ainsi acquises profitent finalement aussi à tous les pays situés en aval de notre pays et qui bénéficient de l'eau provenant de la Suisse.

L'hydrologie est un domaine complexe qui touche des domaines aussi variés que les sciences exactes, chimie, physique, biologie, écologie, ou que les sciences humaines, géographie, histoire, économie, agriculture et santé. Une telle richesse thématique ne peut que profiter à la qualité d'un enseignement riche, varié et ouvert sur le monde.

Nous vous encourageons donc vivement à tenter cette expérience avec vos élèves.

Manfred Spreafico, Dr. sc. tech.
Chef de Division, Division Hydrologie, Office fédéral de l'environnement (OFEV)

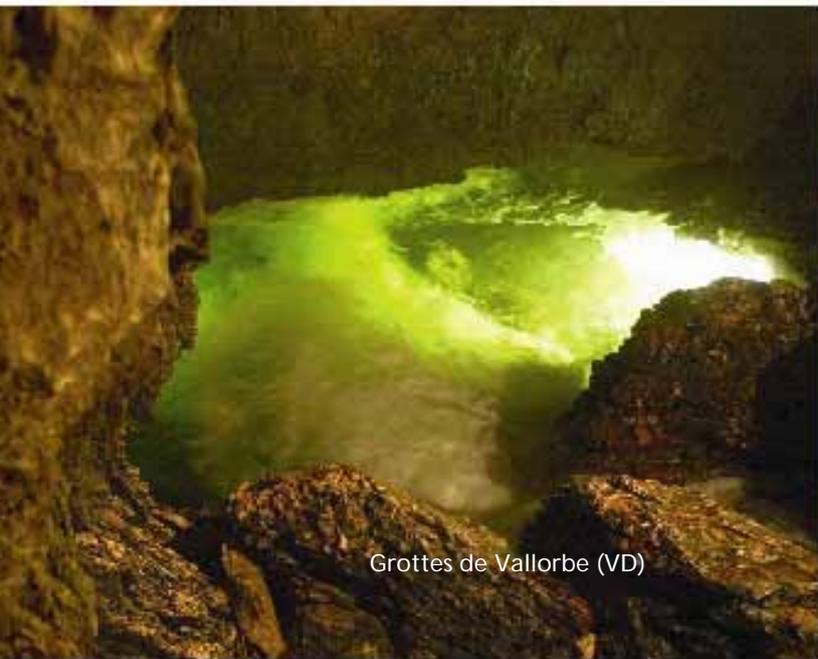
Christian Koch, Géographe dipl.
Chef de Section, Section Elaboration des données et information,
Division Hydrologie, OFEV



Glacier d'Aletsch (VS)



Chutes du Rhin (SH)



Grottes de Vallorbe (VD)



Lac léman (Image satellite Landsat)



L'Arve (GE)



Rhône et Arve (GE)

Introduction

C'est pour nous un grand plaisir que de pouvoir vous présenter ce nouveau dossier sur l'hydrologie. Nous espérons parvenir à vous convaincre de toute la richesse apportée par les observations hydrologiques dans l'enseignement scolaire. Les fiches de protocole (instructions de travail) sont simples d'emploi et maintes fois éprouvées. La coordination nationale de GLOBE Suisse se tient à votre disposition pour toutes questions et informations complémentaires.

La première partie de ce dossier est conçue comme une source d'informations à l'usage des enseignants ou des élèves des cycles supérieurs. Elle permet de situer les domaines étudiés par l'hydrologie, et donne aussi des indications sur les principaux facteurs qui influencent le cycle hydrologique.

La deuxième partie contient les fiches de protocole (instructions de travail) s'adressant tant aux enseignants qu'aux élèves. Au début de chaque protocole, un court paragraphe décrit l'importance du paramètre étudié et informe sur ses principales connexions avec les phénomènes qui lui sont liés, en particulier les interactions possibles avec le monde vivant.

Les mesures hydrologiques conviennent en principe à tous les niveaux scolaires. Les notions de base, température, turbidité et conductivité, sont plus facilement accessibles pour les classes des degrés primaires. Les notions de pH et d'alcalinité conviennent pour les classes du degré secondaire, et les mesures de l'oxygène dissous et de la teneur en nitrates pourront être vues au gymnase.

Nous souhaitons adresser des remerciements particuliers à MM. M. Spreafico, chef de Division et M. C. Koch, chef de la Section Elaboration des données et informations à la Division Hydrologie de l'Office fédéral de l'environnement. Le projet GLOBE hydrologie leur est très reconnaissant pour leurs apports au sujet de l'hydrologie en Suisse.

La collaboration, dans ce cadre, entre l'enseignement et la recherche va tout à fait dans le sens du programme scolaire international de GLOBE.

Coordination nationale GLOBE Suisse, août 2006

Qu'est ce que l'hydrologie?

L'eau recouvre plus des trois quarts de la surface du globe terrestre. Malgré cette apparente abondance, moins de 1% de cette eau est disponible pour les besoins de l'humanité. Le reste de l'eau est soit trop salé, soit situé dans des réserves souterraines inaccessibles, ou se trouve gelé dans les calottes polaires. La science de l'hydrologie étudie justement la distribution et les échanges entre les différentes masses d'eau, ainsi que les variations de paramètres comme la température, ou la composition minérale qu'elles subissent au cours du temps et de leur déplacement.

La température de l'eau, sa transparence, sa teneur en oxygène dissous et en sels minéraux sont des paramètres importants pour l'hydrologie, et varient suivant les lieux ou l'époque de l'année. Ils sont les signes indicateurs des échanges qui ont lieu entre l'hydrosphère et les autres compartiments physiques du globe, comme l'atmosphère (échanges gazeux, précipitations) ou la lithosphère (érosion, minéraux dissous) ainsi que les échanges et la distribution de l'énergie solaire reçue par la Terre (Gulf Stream, «El Niño», changements climatiques).

La compréhension de ces différents phénomènes est l'un des buts de l'hydrologie.

Mesures hydrologiques dans les lacs et les rivières

Un lac, un étang ou une retenue d'eau constituent des réservoirs d'eau généralement alimentés par un ou plusieurs cours d'eau affluents, au débit généralement variable et capricieux en provenance du bassin versant. L'eau accumulée est généralement évacuée par un cours d'eau effluent, au débit plus régulier. Un lac a donc un effet régulateur sur le débit et sur la composition minérale de l'eau qui s'y accumule. Suivant la taille et le volume du lac, l'eau apportée par les affluents séjournera plus ou moins longtemps avant de quitter le lac. Dans le Léman, par exemple, l'eau reste environ 12 années avant de le quitter par le Rhône, à Genève.

Les variations de la composition de l'eau d'un lac sont donc lentes et faibles. Au contraire, pour les cours d'eau affluents, les variations sont parfois rapides et très fortes. Elles sont généralement liées aux événements météorologiques qui surviennent en amont du bassin versant. La composition des eaux des cours d'eau affluents d'un lac varie donc selon l'intensité du débit, et est affectée par l'érosion et la nature géologique des sols qui se trouvent sur leurs parcours.

Au cours des semaines et des saisons, le lac ou la rivière étudiés présenteront des aspects changeants et variés qui sauront surprendre les élèves et attiser leur curiosité. Le questionnement sur la nature des phénomènes observés lors des différentes sorties constituera un moyen d'approfondissement original et passionnant pour les différents domaines d'études abordés en classe, comme la géographie, les sciences, et les mathématiques. L'intégration des différentes connaissances liées à ces domaines sera renforcée d'autant par l'expérience vécue!

Quels facteurs influencent les paramètres hydrologiques?

Observé régulièrement au cours des saisons, le cours d'eau qui coule près de chez vous prend des aspects variés et changeants. Pourquoi l'eau est-elle parfois claire et transparente puis soudainement brunâtre et trouble? À quelles périodes de l'année le lit est-il presque asséché, et à quels autres moments observe-t-on un débit élevé? Pourquoi les poissons et les autres organismes aquatiques meurent-ils parfois en masse en été, durant les fortes chaleurs?

Pour répondre à toutes ces différentes questions, il faut savoir que la qualité de l'eau qui s'écoule à un instant donné dans un cours d'eau dépend étroitement des différents événements météorologiques, climatiques et aux différentes activités humaines qui se sont déroulés précédemment aux différents points du bassin versant qui alimente le ruisseau.

L'eau peut avoir différentes origines, comme de la neige accumulée qui fond au printemps, des précipitations prolongées et régulières, ou des précipitations orageuses localisées, ou encore des nappes d'eau souterraines. Dans tous les cas, l'eau purifiée déversée par les nuages sous forme de pluies ou de chutes de neige commence par s'infiltrer dans le sous-sol.

Au contact de la terre et des roches, l'eau effectue un long travail d'érosion chimique. Ses propriétés lui permettent de dissoudre lentement les roches et les minéraux présents, elle se charge donc progressivement en éléments minéraux. Le calcaire ou les nitrates utilisés comme fertilisant pour les cultures sont les minéraux les plus solubles, donc les plus rapidement dissous. Suivant la nature géologique du sol, certains minéraux seront présents alors que d'autres manqueront. Dans certaines régions, on trouve des sources d'eau salée, car la roche contient du sel.

L'infiltration de l'eau dans le sol est lente, et en cas de fortes pluies ou de fonte des neiges printanières, le sol détrempe ne parvient plus à absorber toute l'eau qui arrive. L'excédent s'écoule donc directement dans les cours d'eau, provoquant des crues importantes. Le courant est très fort et l'eau arrache et entraîne avec elle des particules de terre et de sable provenant des berges et du lit de la rivière. L'eau se trouble et prend

alors une couleur plus ou moins brune. Il s'agit d'un phénomène d'érosion mécanique. La force du courant agit sur le terrain.

Avec le temps, la combinaison de ces différents phénomènes laisse une empreinte marquée sur le relief d'une région, creusant des vallées, des grottes ou laissant des dépôts sédimentaires pour former des plaines fertiles.

Si la tendance au réchauffement climatique devait se maintenir, on observerait alors des événements météorologiques plus violents qu'actuellement. Les crues et les sécheresses seraient plus intenses et l'érosion plus active. En montagne, la fonte des glaciers est déjà très importante. La taille de la majorité des glaciers est en très net recul et la quantité d'eau en réserve est de plus en plus faible. Qu'en sera-t-il dans quelques décennies?

De plus, en haute montagne, là où le sol est normalement gelé et dur en permanence ("permafrost"), on observe un dégel estival du terrain. Ce phénomène est particulièrement dangereux, car il déclenche des éboulements menaçants pour les habitants des vallées. Plusieurs accidents ont déjà eu lieu en Suisse (Viège, Gondo). L'observation des variations de l'hydrologie permet de vérifier ces hypothèses.

L'hydrologie comme étude scientifique

L'hydrologie cherche à déterminer et à comprendre les interactions qui existent entre l'eau et les autres compartiments physiques du globe terrestre.

Les résultats des études hydrologiques sont utiles dans différents domaines, par exemple pour:

- La gestion des réserves d'eau potables
- La recherche de nouvelles sources d'eau
- La prévention des crues
- La prévention des inondations
- La prévision des sécheresses
- La protection contre l'érosion
- Le contrôle du niveau des lacs
- L'irrigation des cultures

Suivi de l'environnement hydrologique

L'intensité des crues et des inondations, ou la longueur des périodes de sécheresse dépendent fortement des conditions climatiques qui déterminent l'arrivée des pluies et de la neige.

Un changement marqué et persistant de ces phénomènes peut être interprété comme un signe de changement climatique.

En participant à ce projet, vous pourrez constater, par vos propres moyens, comment les systèmes hydrologiques proches de chez vous réagissent aux différents événements météorologiques et climatiques. Vous participerez à la récolte de précieuses informations qui permettront de vérifier l'hypothèse d'un changement climatique.

L'hydrologie en Suisse

Dans notre pays, les plus anciennes mesures connues relatives à l'observation des hautes et des basses eaux des lacs remontent au XVI^e siècle. C'est sur le mur de la halle aux grains («Kornhaus») de Rorschach, que se trouve une plaque portant les marques des plus hautes eaux du lac de Constance, relevées en 1511 et 1566. En 1808 commence l'observation régulière du niveau du Rhin à Bâle, et en 1863, la Société Helvétique des Sciences Naturelles crée une Commission hydrométrique, qui était l'ancêtre de l'actuel Service de l'hydrologie rattaché à l'Office Fédéral de l'Environnement (OFEV).

La publication régulière des données hydrologiques annuelles commence en 1917 avec la sortie du premier Annuaire hydrologique de la Suisse. Le suivi et la gestion des ressources en eau est donc une pratique ancienne dans notre pays, car de nombreuses activités importantes, comme la navigation sur le Rhin ou la prévision des inondations, en dépendent.

Réseaux nationaux et internationaux

En 1972, les Offices Fédéraux en charge de l'environnement (OFEFP), de la géologie (OFEG) et des eaux (EAWAG), suivis par l'institut suisse de recherche sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) en 2003 mettent en place le premier réseau national d'observation des eaux de surface (NADUF).

Le réseau national d'observation NADUF assure le contrôle des débits et des concentrations de substances nutritives ou nocives pour les eaux des principaux cours d'eau de notre pays. Un suivi en continu et à long terme est effectué sur les stations de base du réseau. Elles ont une importance internationale, car elles sont situées sur le Rhin, l'Aar, le Rhône, la Thur, le Tessin et l'Inn. En plus de ces mesures continues, le programme NADUF s'occupe de projets de recherches ponctuels visant à déterminer les sources de certains composants, ou à mieux connaître le fonctionnement d'un bassin versant, etc.

Le projet NADUF collabore aussi à d'autres programmes de mesures et de recherche, au niveau national et international. En Suisse, la collaboration avec les réseaux d'observation des eaux souterraines (NAQUA), des sols (NABO), et de l'air (NABEL) est très active. La collaboration avec les pays voisins est également soutenue à travers plusieurs commissions qui assurent le suivi et la protection des eaux des grands lacs suisses avec les pays limitrophes. On trouve la CIPEL pour le Léman, la CIPAIIS pour les lacs Majeur et de Côme, l'IGKB pour le lac de Constance, et l'IGKR qui regroupe tous les pays qui se trouvent sur le cours du Rhin. Ces collaborations sont importantes, car nous buvons tous l'eau de l'un ou de l'autre de ces lacs ou fleuves. Chacune de ces commissions publie des rapports et des informations accessibles au grand public.

Dans le domaine de l'éducation, GLOBE constitue un réseau mondial de mesure et d'échange de savoirs, qui tisse progressivement des liens avec différents programmes scientifiques existants.

Observations hydrologiques réalisables dans le cadre de GLOBE

Le programme GLOBE offre différentes possibilités d'intégrer et d'étudier le thème de l'hydrologie et de l'eau au sein des programmes de l'enseignement scolaire. Les fiches de protocole suivantes sont déjà disponibles:

1. Mesure de la température de l'eau
2. Mesure de la transparence (turbidité) de l'eau
3. Mesure de la conductivité de l'eau
4. Mesure de l'acidité (pH) de l'eau
5. Mesure de l'alcalinité (dureté) de l'eau
6. Mesure de la teneur en oxygène dissous
7. Mesure de la teneur en nitrates

Toutes les fiches de protocole sont disponibles en anglais en format pdf, sur le site web www.globe.gov ainsi qu'en français et en allemand sur le site web www.globe-swiss.ch

Le cycle hydrologique

L'hydrosphère

Vue de l'espace, la terre, notre planète, nous offre un aspect tout à fait unique: de l'eau sous deux différentes formes, liquide et solide, recouvre environ 75% de sa surface. Il semble que l'eau s'y écoule depuis plus de 3,8 milliards d'années, soit la majeure partie de l'existence de la Terre. La présence d'eau, milieu vital essentiel à la nutrition et au développement de tout organisme vivant place la Terre comme une planète à part dans notre système solaire. À l'état liquide, l'eau est source de vie!

À plus large échelle, l'hydrosphère constitue l'un des trois compartiments physiques du système Terre. L'eau ne s'y trouve pas seulement à l'état liquide, comme dans les océans, les systèmes fluviaux et les eaux souterraines, mais aussi à l'état solide, dans la glace des calottes polaires ou dans les glaciers, et finalement à l'état gazeux dans l'atmosphère, où la vapeur d'eau forme des nuages et donne des précipitations. L'hydrosphère et les autres compartiments du globe terrestre (lithosphère et atmosphère) entretiennent des relations permanentes et complexes. D'importants échanges de matière et d'énergie sont observés, et sont à la base des réserves d'eau potable, de la fertilité des sols ainsi que de la régulation climatique.

L'hydrologie est la science qui étudie le comportement et l'évolution des masses d'eau terrestre. Elle tente de déterminer les phénomènes et les mécanismes physiques et chimiques qui interviennent dans l'hydrosphère pour donner une image globale de la circulation de l'eau à l'échelle planétaire. L'hydrologie permet de comprendre le rôle joué par les océans dans les phénomènes climatiques, elle permet aussi de montrer clairement la fragilité du milieu aquatique face aux diverses sources de pollutions et la menace d'une utilisation abusive des réserves d'eau douce et potable.

Le cycle hydrologique décrit le cheminement de l'eau durant le trajet fait par les molécules d'eau pour passer de la surface de la Terre à l'atmosphère et pour y revenir. Dans ce gigantesque système, mu par l'énergie du soleil, de l'eau est échangée en permanence entre les océans, l'atmosphère et le sol.

Des recherches ont montré qu'environ 90% de l'humidité présente dans l'atmosphère provient des océans, des mers et des autres masses d'eau de surface (lacs, rivières, ruisseaux). L'évaporation permet à l'eau de passer directement de l'état liquide à l'état gazeux à partir de ces différentes sources. Une autre partie de la vapeur d'eau atmosphérique, plus faible, provient du phénomène de sublimation qui transforme directement la glace et la neige en vapeur d'eau, même si la glace ne fond pas! Les 10% d'humidité restants sont fournis par la transpiration des végétaux. Les plantes terrestres absorbent de l'eau par leurs racines afin de donner de la sève nutritive à leurs feuilles. Dans les feuilles, une partie de l'eau s'évapore et s'échappe dans l'atmosphère. Toutes ces sources confondues, en plus de l'émission de gaz d'origine volcanique, fournissent la totalité de la vapeur d'eau trouvée dans l'atmosphère. L'eau évaporée dans la basse atmosphère est transportée en haute altitude par des courants d'air ascendants et se refroidit progressivement. En perdant sa chaleur, la vapeur finit par se condenser en fines gouttelettes ou en fins cristaux, donnant ainsi naissance aux diverses formations nuageuses, ou conduisant à des précipitations (comme la pluie, la neige ou la grêle). C'est par ce mécanisme que l'eau évaporé dans l'atmosphère regagne la surface terrestre.

Lors des précipitations, l'eau tombée sur le sol, peut suivre différents chemins. Une partie peut s'évaporer à nouveau, alors qu'une autre partie peut ruisseler à la surface du sol ou s'infiltrer dans le sol. L'eau se retrouvera alors dans l'humidité de la terre ou dans les nappes d'eau souterraines et finira par s'écouler par des sources dans des ruisseaux et des rivières. Finalement, l'eau regagnera l'océan où d'autres masses d'eau de surface et sera prête pour un nouveau cycle.

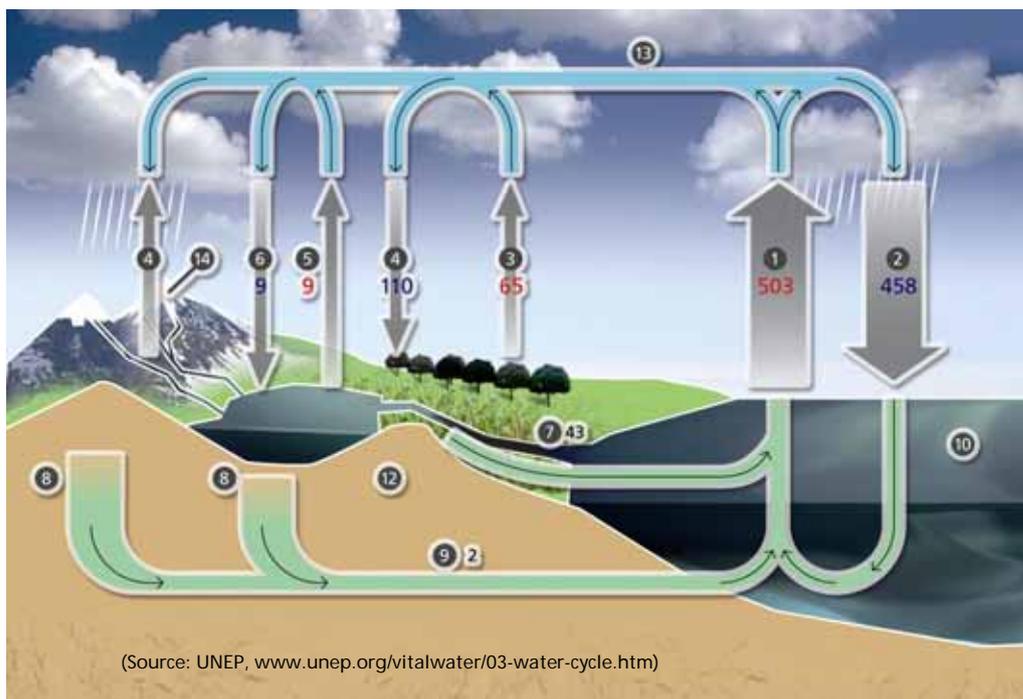
Au cours du cycle hydrologique, une partie de l'eau peut être captée pour l'usage et les besoins des humains ou des autres organismes vivants.

Réduite à une couche liquide recouvrant la surface de la Terre, la totalité de la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère aurait une épaisseur de 2,5 centimètres seulement! Sur une année, la quantité d'eau évaporée représenterait une couche de 97 centimètres.

À travers le cycle hydrologique, on le voit, une molécule d'eau peut cheminer de manières très variées en passant encore et toujours par l'un des trois états solide, liquide ou gazeux. Ainsi, une molécule évaporée dans l'océan Atlantique, au large de l'Islande, peut se précipiter sur les hauteurs du Jura, s'infiltrer dans le sous-sol calcaire et séjourner de nombreuses années dans une nappe phréatique au pied du Jura, avant de ressurgir par une source comme celle de la Venoge ou celle de l'Aubonne pour se jeter dans le lac Léman. En été, elle pourra s'évaporer pour former l'un des nombreux cumulus qui bordent le bassin lémanique et éclatent en orages en fin de journée. Revenue à l'état liquide, elle pourra être absorbée par les racines d'un plan de maïs du côté de la plaine de l'Orbe, s'évaporer à nouveau par ses feuilles et retomber en pluie dans le lac de Neuchâtel, d'où elle finira par s'écouler jusqu'à la mer du Nord par le Rhin. Enfin, les courants marins l'emmèneront très au nord, dans l'océan Arctique où elle sera emprisonnée dans la glace polaire, avant de recommencer son infatigable voyage, siècle après siècle.

Cycle de l'eau

Circulation et répartition des masses d'eau entre les différents compartiments de l'hydrosphère



Circulation de l'eau dans l'hydrosphère

- 1 Evaporation océanique
- 2 Précipitations océaniques
- 3 Transpiration végétale
- 4 Précipitations continentales
- 5 Evaporation locale (lacs et cours d'eau)
- 6 Précipitations locales
- 7 Ecoulements de surface, cours d'eau
- 8 Infiltrations dans le sol
- 9 Ecoulements souterrains

Distribution de l'eau dans l'hydrosphère

- 10 Océans
- 11 Eaux de surface, lacs
- 12 Eaux souterraines, nappes phréatiques
- 13 Vapeur d'eau atmosphérique, nuages
- 14 Neige, glaciers, glaces polaires

Valeurs indiquées en 1000 km³ par an

(Source: UNEP, www.unep.org/vitalwater/03-water-cycle.htm)

L'eau au cours des saisons

Température, turbidité et autres paramètres chimiques – observations hydrologiques au cours des saisons

L'hydrologie est une science complexe qui regroupe des paramètres aussi nombreux et variés que les conditions météorologiques et climatiques, la situation géographique, ou la géologie du sous-sol. Les différents paramètres observables sont donc très fortement liés aux conditions climatiques et géologiques locales et peuvent ainsi varier très rapidement. Il est donc important de choisir avec soin le site d'étude de l'hydrologie, et de réunir toutes les connaissances possibles au sujet du **bassin versant** étudié, avant de commencer les observations. Dans la partie **protocoles** de ce document, on trouvera pour chaque paramètre observé, une introduction donnant un aperçu des principaux facteurs qui influencent directement sur le paramètre. Il est donc important d'en prendre connaissance.

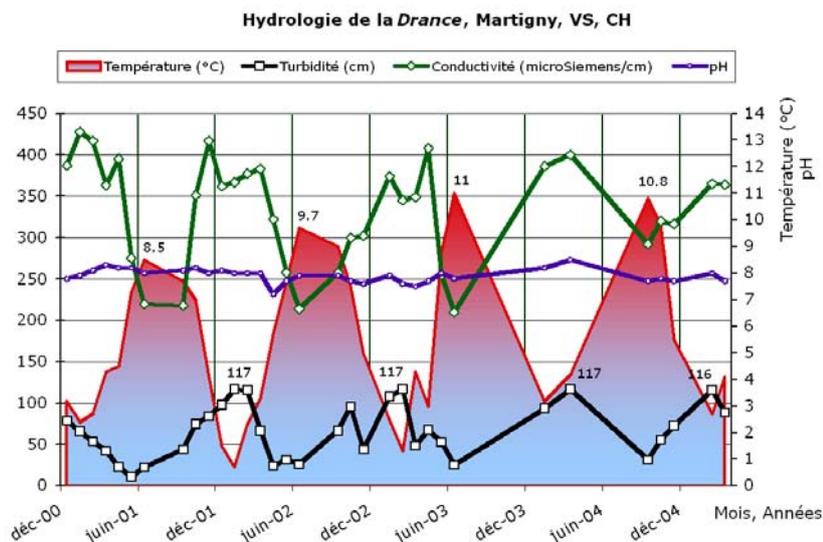
On peut considérer l'hydrologie comme une longue chaîne, qui commence avec l'apport en eau donnée par les précipitations, et qui se termine par le retour des eaux terrestres à l'océan. Entre les deux, l'eau sera distribuée et gardée en réserve sur une durée plus ou moins longue dans les différents compartiments de l'hydrosphère: les nuages, la neige et la glace, les lacs et rivières, ainsi que les nappes phréatiques.

Pour la Suisse, la situation météorologique dominante en été et en hiver donne lieu à de longues périodes de temps sec et beau. Il règne alors une relative **sécheresse** durant laquelle les précipitations sont minimales, ou alors les eaux de surfaces se trouvent gelées par le froid. Les **réserves d'eau souterraine** sont alors mises à contribution et les débits sont faibles dans les cours d'eau. Comment mettre en évidence l'origine souterraine des eaux qui s'écoulent à cette période? Et quel autre paramètre dépend également de la force du courant?

Au contraire, le printemps et l'automne sont marqués par la fonte des neiges et des périodes de précipitations ininterrompues. Les cours d'eau sont alors gonflés par ces apports d'eau massifs, et on assiste aux crues saisonnières. À ce moment, la force du courant est suffisante pour déplacer de nombreuses particules minérales solides arrachées au sol ou au lit des rivières (sable, limon, gravier), l'eau devient trouble et prend une coloration brune ou grise caractéristique des phénomènes d'**érosion**. Quelle caractéristique est la plus marquante pour les eaux de fonte des neiges ou de pluie? Par quelle mesure peut-on montrer les phénomènes d'érosion? Et comment la température de l'eau évolue-t-elle au cours des différentes saisons? A-t-elle une influence sur d'autres paramètres?

L'étude de l'hydrologie peut être entreprise indépendamment des mesures météorologiques et climatiques, mais l'étude du thème ne saurait se passer d'une instruction au sujet de l'influence des saisons sur le cycle de l'eau, ainsi que sur le thème de l'érosion.

Les séries d'observations hydrologiques peuvent aussi servir de contenu et de base de discussion pour l'enseignement de la géographie, de la physique ou de la chimie, ou encore d'introduction à des travaux pratiques de sciences naturelles élémentaires.



Exemple d'étude de l'hydrologie réalisée par une classe de Martigny, en Valais, sur une durée de quatre ans.

Et l'évolution climatique?

«Bientôt plus de glaciers en Suisse?» – tel était le titre d'une nouvelle de la télévision suisse romande publié en février 2006. Les mesures effectuées en 2005 par l'école polytechnique fédérale de Zürich sur 91 glaciers Suisses montrent que la majorité d'entre eux continuent de reculer. Les études montrent que la masse de glace diminue principalement à cause de la faiblesse des précipitation hivernale

Parallèlement, une étude publiée en septembre 2003 dans la revue Nature par des chercheurs de l'université de Leipzig a montré que les crues annuelles des grands fleuves européens n'étaient pas plus nombreuses et plus intenses que par le passé. Ce résultat est basé sur l'étude des crues annuelles depuis l'an 1021 pour l'Elbe et l'an 1269 pour l'Oder!

Actuellement, les effets d'un changement climatique ne se font pas encore nettement sentir sur l'hydrosphère en général, mais comme le montrent l'exemple de la fonte des glaciers, des changements certains sont en train de s'opérer. Toutefois, il est certain que des modifications dans les systèmes hydrologiques ne seront pas sans conséquences sur les sociétés humaines et l'environnement.

www.tsr.ch/tsr/index.html?siteSect=200003&sid=6449621
www.scnat.ch/f/Media_Corner/Pressemitteilungen/Archiv/

Mudelsee M, Börngen M, Tetzlaff G, Grünwald U (2003): No upward trends in the occurrence of extreme floods in central Europe. Nature 425:166–169.
www.uni-leipzig.de/~meteo/MUDELSEE/publ/pdf/flood.pdf

Les variations climatiques peuvent avoir les effets suivants:

Des cyclones de plus en plus violents, les glaciers et les calottes polaires qui fondent, des sécheresses et des inondations catastrophiques. Tous ces événements, qui font la une des informations quotidiennes, nous frappent et nous laissent penser que le climat global se réchauffe progressivement. Même si les systèmes hydrologiques ne semblent pas encore trop perturbés pour l'instant, on assiste néanmoins à une profonde et constante modification de la répartition des masses d'eau entre les différents compartiments de l'hydrosphère. La plus sensible est la fonte des glaces et du permafrost, qui est déjà la cause de glissements de terrain et de crues torrentielles soudaines. À plus long terme, on prévoit une élévation du niveau des océans de plusieurs mètres, une augmentation de la nébulosité, et la saturation des sols en eau. Les conséquences de cette nouvelle répartition de l'eau seront extrêmement graves sur les ressources en eau, si importantes pour la population mondiale et l'agriculture. Le suivi des systèmes hydrologiques est donc d'une importance cruciale pour la gestion des ressources en eau à l'avenir.

Si globalement les systèmes hydrologiques ne se trouvent pas encore affectés par le changement climatique, il est possible que des modifications soient déjà observables au niveau local. De tels signes ne peuvent se détecter que par des observations régulières effectuées sur le long terme.

Étude de l'hydrologie dans l'enseignement scolaire

L'approche du monde des sciences dans le programme GLOBE.

Dans le programme GLOBE, l'approche du monde des sciences repose essentiellement sur l'immersion des élèves au cœur du sujet étudié. Ce type d'approche sensorielle, visuelle et tactile, où l'élève observe et touche directement les phénomènes étudiés, lui permet d'éveiller et de développer une conscience et un questionnement propre et intime sur la nature des événements considérés. Après cette phase de prise de conscience, l'élève sera tenté d'élaborer toute une série d'hypothèses pour répondre à ses diverses questions. Les différentes hypothèses proposées, seront par la suite confrontées à la réalité et l'élève tentera de déterminer leur validité pour finalement arriver à une explication cohérente de la nature des faits.

Contrairement au cours magistral, peu impliquant, l'élève devient ici l'élément actif de la construction de son savoir. Les processus mis en œuvre lui permettent de forger ses propres connaissances par un moyen beaucoup plus puissant et durable que par un simple apprentissage livresque. Le maître apparaît ici comme un élément de ressource, qui peut orienter les élèves vers des moyens et des documents complémentaires utiles à la maîtrise du savoir.

Concepts scientifiques

Sciences de la Terre et de l'Espace

L'eau est présente sur l'ensemble du globe terrestre.

On peut observer l'eau dans chacun de ses états physiques: gaz, liquide, solide, ainsi que les différents changements d'état.

L'eau est un solvant, elle dissout et transporte des gaz, des minéraux et des sédiments, elle participe activement à l'érosion.

L'eau absorbe et répartit l'énergie du soleil tout autour du globe terrestre.

L'atmosphère, l'eau sous ses différentes formes, les roches et les sols sont en interaction permanente.

Tous les paramètres chimiques et physiques du milieu aquatique sont des grandeurs mesurables, qui varient dans le temps et selon le lieu d'observation (dans l'espace).

Sciences de la Vie

L'eau est un milieu vivant

Les organismes vivants ne peuvent survivre que dans un environnement qui permet de satisfaire tous leurs besoins vitaux.

L'accès aux ressources vitales est un besoin essentiel.

Sur Terre, il existe des environnements très variés, dans lesquels cohabitent des groupes d'organismes diversifiés et adaptés aux conditions locales.

Les organismes vivants survivent dans un environnement en changement perpétuel.

L'homme influence et modifie son environnement naturel.

Choix du site d'étude de l'hydrologie

Comment choisir le site d'étude de l'hydrologie?

Idéalement, votre site de mesure pour l'hydrologie devrait se situer à proximité de votre école. Selon les possibilités, choisissez un site facilement accessible, et où les différentes mesures de l'hydrologie (température de l'eau, transparence, pH, oxygène dissous, alcalinité, conductivité électrique, nitrates et bioindication) pourront être effectuées sans difficultés. Dans la mesure du possible, choisissez un plan ou un cours d'eau qui présentent un intérêt particulier. On choisira par ordre d'intérêt:

1. Une rivière ou un ruisseau
2. Un lac naturel ou artificiel
3. Un étang
4. Un canal de drainage ou d'irrigation, si l'une des autres possibilités n'est pas disponible.

Il est nécessaire de toujours effectuer le prélèvement des échantillons d'eau à la même place, qui sera appelée le site d'échantillonnage.

Dans le cas où votre site d'étude est un cours d'eau (lotique), choisissez de préférence votre site d'échantillonnage vers un seuil de la rivière (endroit où le fond du cours d'eau remonte et provoque une accélération de l'eau et des turbulences), plutôt que vers des rapides ou de l'eau stagnante. Dans le cas où votre site d'étude est constitué d'un plan d'eau, comme un lac ou un réservoir d'accumulation (lentique), choisissez un emplacement situé vers l'exutoire ou le milieu du plan d'eau pour votre site d'étude, et évitez de choisir un emplacement situé à proximité de l'embouchure. Un pont ou une jetée sont de bons choix.

Pour l'étude des macroinvertébrés (bioindication), effectuez la collecte des organismes à proximité de votre site d'échantillonnage. Comme les organismes présents dépendent des conditions locales d'habitat, le protocole Bioindication vous renseignera précisément sur le meilleur choix pour un site d'étude.



Guide de terrain pour le positionnement par GPS



Objectif

Déterminer la longitude, la latitude et l'altitude du site de mesure par GPS.
Transformer les coordonnées en degrés décimaux.

Matériel nécessaire

- Fiche de mesure GPS
- Appareil récepteur GPS
- Montre
- Crayons ou stylos

Sur le site de mesure

1. Complétez votre Fiche de mesure GPS en indiquant vos noms, la date et le nom du site.
2. Placer le récepteur GPS à l'endroit exact du site dont on doit déterminer la position.
3. Mettre le récepteur en marche, s'assurer que l'appareil est tenu verticalement et que rien ne perturbe le dégagement entre l'antenne et le ciel. Dans la majorité des appareils, l'antenne est interne et se trouve sur dans la partie supérieure.
4. Après un affichage d'un message d'introduction, l'appareil change automatiquement vers la recherche des satellites. Certains appareils affichent les dernières coordonnées mesurées durant la recherche des satellites.
5. Attendre la confirmation que l'appareil reçoit bien 4 satellites au minimum et que le niveau du signal est suffisant. La plupart des appareils l'indiquent en affichant le message «3D».
6. Répéter la mesure 5 fois de suite à une minute d'intervalle, en évitant de se déplacer de plus de 1 mètre du lieu choisi. Noter les valeurs affichées en indiquant tous les chiffres significatifs, et symboles affichés par l'appareil pour
 - a. La longitude
 - b. La latitude
 - c. L'altitude
 - d. L'heure
 - e. Le nombre de satellites reçus
 - f. Les icônes affichées «2D» ou «3D».
7. Eteindre l'appareil.
8. Calculer la moyenne des latitudes, longitudes et altitudes sur les 5 mesures.
9. Contrôler que le résultat corresponde à la réalité. (En comparant avec les valeurs d'une carte par exemple).
10. Incrire les coordonnées de votre site sur la fiche de mesure GPS (en degrés décimaux, voir pour la calculation le site www.swisstopo.ch/NAVREF).
11. Saisir les coordonnées de votre site de mesure sur le serveur GLOBE.
12. Recommencer la mesure pour tout nouveau site d'observation.

Il est aussi possible déterminer les coordonnées avec une carte suisse 1:25 000 et de les transformer en coordonnées WGS84 (degrés décimaux, voir www.swisstopo.ch/NAVREF).

Fiche de description du site d'étude de l'hydrologie

(*indications exigées)



Nom de l'école:

Adresse de l'école:

Noms des observateurs, classe ou groupe:

*Date des mesures:

Année:

Mois:

Jour:

*Nom du site d'observation:

 Nouveau site Mise à jour***Situation, coordonnées:**

Pour le positionnement par GPS, indiquez les coordonnées moyennes sur 3 à 5 mesures, sous la forme de degrés décimaux (exemple: 46.7328°)

Source de données: GPS carte géographique

Indiquez les coordonnées moyennes

Latitude: _____ degrés N ou SLongitude: _____ degrés E ou O

Altitude: _____ mètres au-dessus du niveau de la mer

Caractérisation de la masse d'eau observée

*Nom du cours d'eau:

Indiquez le nom courant, figurant sur les cartes. Si le nom n'existe pas, indiquez la source ou la destination du cours d'eau (ou les deux).

Exemples:

Cours d'eau sans nom, affluent du Rhône

Cours d'eau sans nom, effluent du Marais Rouge

*Type d'eau

 Salée (>25 ppt) Saumâtre (2-25 ppt) Douce (<2 ppt)



Type de point d'eau

Eau courante

Ruisseau Rivière Autre

Largeur approximative du cours d'eau: _____ mètres

Plan d'eau

Baie Lac Étang Bassin Fossé Estuaire Autre

Taille du plan d'eau

< 50 x 100 m 50 x 100 m > 50 x 100 m

Le cas échéant – surface approximative de l'eau stagnante: _____ km²

Profondeur moyenne de l'eau stagnante: _____ mètres

Lieu de prélèvement des échantillons

Crique Berge Pont Bateau Embouchure Jetée

Caractéristiques géologiques

Le fond est – il visible?

Oui Non

Matériaux constituant le lit / la berge: (cocher tout ce qui convient)

Sol en terre nue Roche Béton Berge végétale

Nature du sous-sol rocheux: (cocher tout ce qui convient)

Granite Calcaire Roche volcanique Sédiments mixtes Inconnue

Biotope d'eau douce

Substrat rocheux Rive végétalisée

Substrat vaseux Substrat sableux

Végétation submergée Troncs

Informations sur les kits d'analyse chimique

Mesure de la teneur en oxygène dissous

Marque LaMotte Hach Autre – nom du modèle: _____

Mesure de l'alcalinité

Marque LaMotte Hach Autre – nom du modèle: _____

Mesure de la teneur en nitrates

Marque LaMotte Hach Autre – nom du modèle: _____

Description générale du site et commentaires: (Metadata)

Fiche de relevé des coordonnées géographiques par GPS

Nom de l'école:

Adresse de l'école:

Noms des observateurs, classe ou groupe:

Date des mesures:

Année:

Mois:

Jour:

Nom du site d'observation:

Type de site d'étude: (cocher le type correspondant)

- École Couverture végétale
 Atmosphère Phénologie
 Hydrologie Autre
 Sol

Nom du site d'observation:

Nom de l'école:

Adresse de l'école:

Relevé de position

Ne pas enregistrer de donnée, tant que le récepteur GPS n'est pas «calé».

Attendre au moins une minute entre deux mesures.

Relever les mesures qui apparaissent sur l'écran du GPS.

| Essai | Latitude Degrés décimaux N/S | Longitude Degrés décimaux N/S | Altitude Mètres | Heure H:M:S TU | Nombre de satellites | Message (entourer si apparent) |
|-------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 1 | | | | | | 2D 3D |
| 2 | | | | | | 2D 3D |
| 3 | | | | | | 2D 3D |
| 4 | | | | | | 2D 3D |
| 5 | | | | | | 2D 3D |

| | | | |
|--|--|--|------------|
| | | | < Moyennes |
|--|--|--|------------|

Informations sur le récepteur GPS

Marque de l'appareil:

Numéro de modèle:



Décalage de position GPS (Offset)

Au cas où le GPS ne trouve pas assez de satellites (vallons, rivière difficilement accessible, etc.). Déterminer donc les coordonnées au prochain endroit possible et corriger d'après le principe ci-bas.

Nom de l'école:

Adresse de l'école:

Noms des observateurs, classe ou groupe:

Date des mesures:

Année:

Mois:

Jour:

Nom du site d'observation:

Type de site d'étude: (cocher le type correspondant)

- École Couverture végétale
 Atmosphère Phénologie
 Hydrologie Autre
 Sol

Mesure du décalage de position GPS (offset, cocher les cases correspondantes)

Latitude mesurée: _____ degrés N ou S

Longitude mesurée: _____ degrés W ou E

Direction du site GLOBE vers la position décalée: N ou S

Décalage entre le site GLOBE et la position du GPS (distance): _____ mètres

Calculs

Différence de latitude = $\frac{\text{Distance } ______ \text{ mètres}}{110\,000 \text{ mètres/deg}} = ______ \text{ degrés}$

Latitude du site GLOBE: (cocher la case correspondante)

N S

Si le décalage est plus au nord que le site:

Latitude = _____ (Latitude GPS) - _____ (Différence de latitude) = _____ degrés

Si le décalage est plus au sud que le site:

Latitude = _____ (Latitude GPS) + _____ (Différence de latitude) = _____ degrés

Longitude du site GLOBE: (cocher la case correspondante)

W E Longitude _____ degrés (identique à la longitude GPS)

Altitude du site GLOBE:

_____ mètres, sur une carte topographique, avec les coordonnées mesurées.



Mesure de la température de l'eau

Pourquoi mesurer la température de l'eau?

Relever la température est très facile à faire. Cependant, c'est une mesure très importante car elle permet aux scientifiques de mieux comprendre d'autres mesures hydrologiques comme celles de l'oxygène dissous, du pH et de la conductivité. La température a une influence sur la quantité et la diversité de la vie aquatique. Les lacs qui sont froids en hiver accueillent peu de plantes aquatiques. Mais, avec l'arrivée du printemps, puis de l'été, la vie végétale reprend. La température monte et les eaux du fond, riches en nutriments, se mélangent aux eaux de surface. Grâce à ce brassage et à la hausse de la température de l'eau, l'arrivée du printemps est suivie par une croissance rapide de plantes et d'animaux aquatiques microscopiques. De nombreux poissons et d'autres animaux aquatiques se reproduisent à cette période de l'année, car ils disposent d'eaux plus chaudes et de nourriture en abondance. Les lacs peu profonds font exception à ce cycle, car leurs eaux sont brassées tout au long de l'année.

La température de l'eau est importante pour d'autres raisons: trop chaude, elle peut être fatale à certaines espèces telles que la truite ou le saumon, qui ont besoin d'eau froide et riche en oxygène. Or, plus l'eau est chaude, moins elle contient d'oxygène dissous.

Enfin, il est important de connaître la température de l'eau si l'on veut comprendre les différents scénarios climatiques à l'échelle locale et mondiale. La température de l'eau ne change pas à la même vitesse que celle de l'air: elle se refroidit moins vite. En effet, l'eau a une capacité thermique plus élevée que celle de l'air. Les processus d'évaporation et de condensation de l'eau jouent également un rôle dans le changement de température de l'air.

Fiche de protocole sur la mesure de la température de l'eau

Tâche

Mesurer la température de l'eau, sur le site d'hydrologie.

Durée de l'expérience

10 minutes, calibration: 5 minutes

Fréquence des mesures

Hebdomadaire

Calibration tous les trois mois

Vue d'ensemble

Les élèves utilisent un thermomètre à alcool pour mesurer la température de l'eau.

Matériel et documents

- Fiches de Relevé des données pour les expériences d'hydrologie
- Guide de terrain sur le protocole de mesure de la température de l'eau
- Un thermomètre à alcool (éventuellement électronique)
- Gants en latex
- Une horloge ou une montre
- Une ficelle suffisamment longue pour plonger le thermomètre dans l'eau

Pour l'étalonnage, il faut aussi:

- Fiche Guide de laboratoire: étalonnage du thermomètre à alcool
- Thermomètre à alcool
- 400mL de glace pilée
- Eau distillée
- Bécher ou récipient de 500 mL

Objectifs d'apprentissage

Les étudiants apprendront ainsi à:

- Utiliser un thermomètre
- Examiner les raisons pour lesquelles un plan d'eau change de température
- Échanger et communiquer les résultats de leurs expériences avec d'autres écoles GLOBE
- Collaborer avec d'autres écoles GLOBE, du même pays ou de pays différents
- Partager leurs observations en les transmettant aux archives de GLOBE

Compétences requises pour pratiquer les mesures

- Utiliser un thermomètre pour relever la température de l'eau.
- Identifier les questions auxquelles on peut répondre.
- Mettre sur pied et conduire une expérience scientifique
- Se servir des notions de mathématiques adéquates pour analyser les données
- Fournir des descriptions et des explications, et pouvoir les justifier
- Reconnaître et analyser des explications alternatives (autres possibilités)
- Transmettre les procédures et les explications

Niveau scolaire requis

Tous les niveaux

Préparation, conditions préalables

Aucune

Guide de terrain pour la température de l'eau



Tâche

Mesurer la température de l'eau.

Matériel nécessaire

- Fiches de mesure Hydrologie
- Thermomètre à alcool (attaché à une ficelle ou un élastique)
- Une montre
- Gants de protection
- Crayons ou stylos

Sur le site de mesure

1. Complétez votre Fiche de mesure Hydrologie en indiquant vos noms, la date et le nom du site.
2. Mettre les gants de protection. Passer l'élastique autour du poignet pour éviter de perdre ou de laisser tomber le thermomètre.
3. Contrôler la colonne de liquide de votre thermomètre pour vous assurer qu'elle ne contient pas de bulles d'air. Si le liquide s'est séparé, avertir le maître.
4. Plonger le bulbe du thermomètre dans l'échantillon d'eau, à une profondeur de 10 cm. Laisser le thermomètre dans l'eau pendant 3 minutes.
5. Lire la température, sans retire le bulbe de l'eau!
6. Replonger le thermomètre dans l'eau pour une minute de plus.
7. Lire la température à nouveau. Si la température n'a pas varié, continuer au point 10. Si la température a varié depuis la première lecture, recommencer au point 8 jusqu'au moment où la température reste inchangée.
8. Incrire la température mesurée dans la Fiche de mesure Hydrologie.
9. Répéter la mesure avec deux autre groupes et de nouveaux échantillons d'eau.
10. Calculer la valeur moyenne de ces trois mesures.
11. Toutes les températures mesurées ne doivent pas s'écarter de plus de 1.0°C de la moyenne. Si c'est le cas, répéter la mesure.

Informations à l'usage des enseignants

Au préalable

Utilisez le document Application des protocoles: Activité d'apprentissage Température de l'eau afin d'aider les élèves à explorer les différentes sources d'erreurs lors des relevés de température.

Assurez-vous que le thermomètre a été calibré dans les 3 derniers mois.

Protocoles complémentaires

Proposés parallèlement au présent protocole, le Protocole de mesure de la température de l'air et le Protocole de mesure de la température du sol fournissent un excellent exemple de la façon dont différentes substances transfèrent et retiennent la chaleur. Cela permet de mieux comprendre la manière dont l'énergie est transférée et emmagasinée au sein du système terrestre.

Activités pédagogiques

La mesure de la température de l'eau fournit aux enseignants l'opportunité d'introduire les concepts fondamentaux d'exactitude et de précision des données. Les données sont exactes si la moyenne de l'échantillon (moyenne observée par les élèves) correspond à la moyenne réelle. Les données sont précises si les observations des élèves sont très rapprochées les unes des autres. Les résultats peuvent être exacts, mais manquer de précision, si les observations des élèves sont éloignées les unes des autres. Enfin, les résultats peuvent être précis, mais manquer d'exactitude, si les observations des élèves sont très proches les uns des autres mais que la moyenne calculée n'est pas égale à la moyenne réelle.

Le Protocole de mesure de température de l'eau développé par GLOBE a été conçu de façon à ce que les données fournies par les élèves soient à la fois exactes et précises. Il est demandé aux élèves d'effectuer au moins trois mesures puis d'en calculer la moyenne. Si les observations s'écartent de plus de 1°C de la moyenne, les mesures seront refaites afin d'augmenter la précision des données.

Procédés de mesure

Parce que la température de l'eau est facile à relever, les élèves renoncent parfois à suivre le protocole. Les sources d'erreur sont les suivantes: le thermomètre n'est pas laissé suffisamment longtemps dans l'eau pour qu'il se stabilise; le thermomètre est retiré de l'eau, et la température indiquée change avant qu'elle ne soit lue; le thermomètre n'est pas à la hauteur des yeux lors de la lecture.

La température de l'eau est relevée avant toute autre mesure, excepté celle de la transparence.

Il est nécessaire de relever la température de l'eau aussi vite que possible après avoir prélevé l'échantillon car la température peut changer très rapidement après que le prélèvement a été effectué.

Lire la température affichée sur le thermomètre en laissant le bulbe dans l'eau. L'indication de la température peut changer très rapidement une fois le thermomètre retiré, en particulier si la température de l'air est très différente de celle de l'eau ou s'il y a du vent. En effet, le vent peut provoquer une évaporation rapide, faisant ainsi baisser la température.

La température doit être relevée au même endroit chaque semaine. Il peut y avoir plusieurs degrés de différence sur une petite surface du même plan d'eau: zones plus ou moins ensoleillées ou plus ou moins profondes.

Attachez une ficelle au thermomètre. Elle doit être suffisamment longue pour atteindre l'eau. Fixez un élastique à l'autre extrémité de la ficelle, et assurez-vous que les élèves passent l'élastique autour de leur poignet afin d'éviter qu'ils ne perdent ou ne laissent tomber l'instrument.

Il est possible que des bulles d'air se soient formées dans la colonne d'alcool, en particulier si le thermomètre n'est pas rangé verticalement. Demander aux élèves de vérifier le thermomètre et de signaler toute anomalie. Les bulles d'air peuvent

être facilement éliminées en tenant fermement le thermomètre à son extrémité et en le secouant.

Trucs et astuces

Utiliser le document *Guide du Laboratoire Calibration du thermomètre à alcool* pour vérifier l'exactitude de tout nouveau thermomètre.

Contactez le fabricant si les températures affichées par le thermomètre sont incorrectes.

Entretien du matériel

1. Avant chaque utilisation, assurez-vous que ni la ficelle ni l'élastique ne sont usés.
2. Conserver le thermomètre en position verticale dans un bécher ou tout autre récipient, pour éviter la formation de bulles d'air dans la colonne d'alcool.
3. Assurez-vous qu'il n'y ait pas de bulles d'air dans la colonne d'alcool.

Quelques questions d'approfondissement

- Quelle influence un brusque changement de la température de l'air a-t-il sur la température de l'eau?
- Les températures observées à proximité de vastes plans d'eau sont-elles différentes de celles qui règnent loin de tout plan d'eau?
- Existe-t-il une différence entre la température de l'eau et celle de l'air en hiver? Et en été?

Analyse des résultats

Les résultats obtenus sont-ils probants?

La température de l'eau est généralement caractérisée par de fortes variations saisonnières. Dessinez un graphique de la variation de la température de l'eau dans le temps avoir une vue d'ensemble de ces variations. Les données isolées devraient être facilement identifiables. Une donnée isolée a une valeur très différente des autres données relevées juste avant ou juste après la donnée en question. Faites également un graphique représentant la température de l'eau et celle de l'air. Etant donné que la température de l'eau varie moins vite que celle de l'air, vous devriez observer un délai (allant de quelques jours à quelques semaines) entre le changement de la température de l'eau et celle de l'air.

La fourchette des températures de l'eau sera aussi plus réduite que celle de l'air.

La température de l'eau peut-elle descendre en dessous de zéro? De nombreux élèves croient avoir une erreur en lisant une température négative. Or, 0,0°C est le point de congélation de l'eau distillée. Une eau contenant des sels dissous gèle à une température plus basse.

En quoi ces données sont-elles utiles aux scientifiques?

La température de l'eau est parfois appelée une variable indépendante, car la plupart des propriétés de l'eau, ainsi que toutes les réactions chimiques qui lui sont liées, en dépendent. Le taux d'oxygène dissous dépend en grande partie de la température.

Un graphique représentant la température de l'eau et l'oxygène dissous montre que plus l'eau est froide, plus la solubilité de l'oxygène augmente.

Les changements brusques de température de l'eau sont rares: l'eau a une capacité thermique plus élevée que l'air, par conséquent elle se réchauffe et se refroidit plus lentement. Analysez toute variation inhabituelle de la température de l'eau par rapport aux variations saisonnières attendues. Etablissez la ligne de partage des eaux sur votre site. Les barrages en amont, les usines ou encore la fonte des neiges peuvent provoquer des brusques changements de température.

Exemple de projet

PROJET 1

Formuler une hypothèse

Les élèves d'une classe de République tchèque sont en train d'examiner des tracés de température de l'eau et de représenter graphiquement les températures mensuelles moyennes de plusieurs plans d'eau de République tchèque. Ils remarquent une tendance intéressante dans les données du site SWS-01, recueillies par *l'école Zakladni Skola Bystrice Nad Perstejnem*. Les commentaires (métadonnées) du site indiquent qu'il s'agit de la rivière Bystrice. Selon leur graphique (Graphique HY-TE-2), la température mensuelle moyenne pour les mois d'été (juin, juillet, août) semble augmenter chaque année entre 1997 et 2001.

Les élèves émettent l'hypothèse suivante: *l'augmentation de la température de l'eau résulte d'une augmentation de la température de l'air.*

Recueillir et analyser les données

Les élèves dessinent un graphique qui représente la température moyenne de l'air et la température de l'eau de surface (Graphique HY-TE-3). La température de l'air augmente clairement pendant les étés de la même période, excepté en juillet 2000, où la température de l'air et celle de l'eau sont toutes les deux plus basses.

Par conséquent, les élèves concluent que l'augmentation de la température de l'air estival est responsable de l'augmentation de la température de ce cours d'eau.

Leur hypothèse est correcte.

Remarque: Dans le graphique HY-TE-3, l'échelle de la température de l'eau est à gauche du graphique et celle de la température de l'air est à droite. Les échelles ne sont pas les mêmes. Collecter et représenter les données sur une même échelle (voir graphique HY-TE-4 pour avoir un exemple) peut être utile et permet de comparer plus facilement les valeurs elles-mêmes et pas seulement les tendances.

Communication des résultats

Les élèves présentent leur résultat à l'ensemble de la classe et l'utilisent comme point de départ pour une discussion. Ils se posent ensuite la question: cette tendance est-elle observée sur tous les sites environnants?

PROJET 2

Formuler une hypothèse

Les élèves qui ont travaillé sur le projet précédent souhaitent poursuivre leurs recherches. Ils veulent maintenant savoir si les tendances qu'ils ont observées pour l'eau de la rivière Bystrice se confirment dans d'autres zones alentours. En d'autres termes, s'agit-il d'un phénomène local ou d'un phénomène plus répandu?

Ils émettent l'hypothèse suivante: une augmentation de la température de l'eau et de l'air similaires pourraient être observés sur des sites alentours.

Recueillir et analyser les données

Les élèves consultent les données des eaux de surface pour leur pays sur le serveur GLOBE et remarquent que les quatre écoles ayant collecté le plus de données sur l'eau de surface sont: la *Zakladni Skola – Ekolog. Praktikum* à Jicin; la *Zakladni Skola, Bystrice Nad Perstejnem* à Bystrice; la *Zakladni Skola Banov* à Banov et la *Zakladni Skola, Postoloprty* à Postoloprty.

Ils ont déjà observé les données pour la rivière *Bystrice*. Les trois autres sites d'eau de surface sont la rivière *Cidlina* à Jicin, le Réservoir *Ordejov* à Banov et la rivière *Ohre* à Postoloprty. (**Remarque:** pour connaître le nom et obtenir la description de quelquesuns des plans d'eau, il est utile de consulter les informations / métadonnées sur les sites!)

Les élèves tracent d'abord un graphique combinant les températures de l'eau relevées dans toutes les écoles. Les trois nouveaux sites sont représentés dans les graphiques HY-TE-5 à HY-TE-7.

Le numéro du site de deux écoles, la *Zakladni Skola Banov* et la *Zakladni Skola Jicin*, a changé, passant de SWS-01 à un nouveau numéro de site avec le nom approprié du plan d'eau (rivière *Cidlina* et réservoir *Ordejov*). Cela explique pourquoi on a représenté plus d'un site sur le graphique.

En été, les élèves ne remarquent aucune tendance particulière pour ce qui est de la température des rivières *Cidlina* et *Ohre*. Il semble qu'il y ait une légère augmentation de la température de l'air à Banov, mais cette augmentation n'est pas aussi importante que celle enregistrée à *Bystrice Nad Perstejnem*. La même observation vaut pour la température de l'eau. Aucune donnée sur la température de l'eau n'a été relevée depuis l'été 1999. Par conséquent, il est difficile de définir une tendance pour la période 1997–2001.

Les élèves constatent que l'augmentation de la température de l'air et de l'eau qui s'est produite à *Bystrice Nad Perstejnem* n'a pas eu lieu sur deux des trois autres sites. Ils en concluent donc que leur hypothèse n'est pas valable.

Communication des résultats

Les élèves réunissent les résultats de ce projet et ceux du projet précédent, et rédigent un rapport pour leur classe. Ils soumettent ensuite ce rapport au site GLOBE, dans la section *Enquêtes des élèves*.

Réflexion pour des recherches complémentaires

Qu'en est-il de la température de l'eau sur ces sites après 2001?

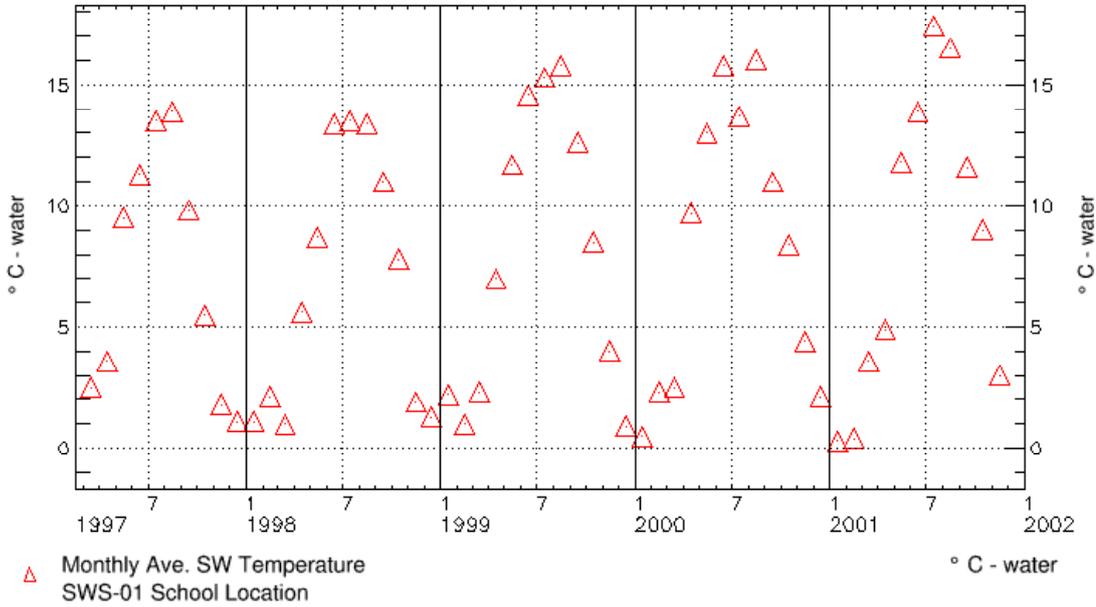
La température mesurée sur l'un des sites montre-t-il une tendance à l'augmentation ou à la diminution?

Dans quelles proportions la température de l'eau peut-elle augmenter, avant que le taux d'oxygène dissous ne devienne dramatiquement bas?

L'un des plans d'eau est-il menacé?

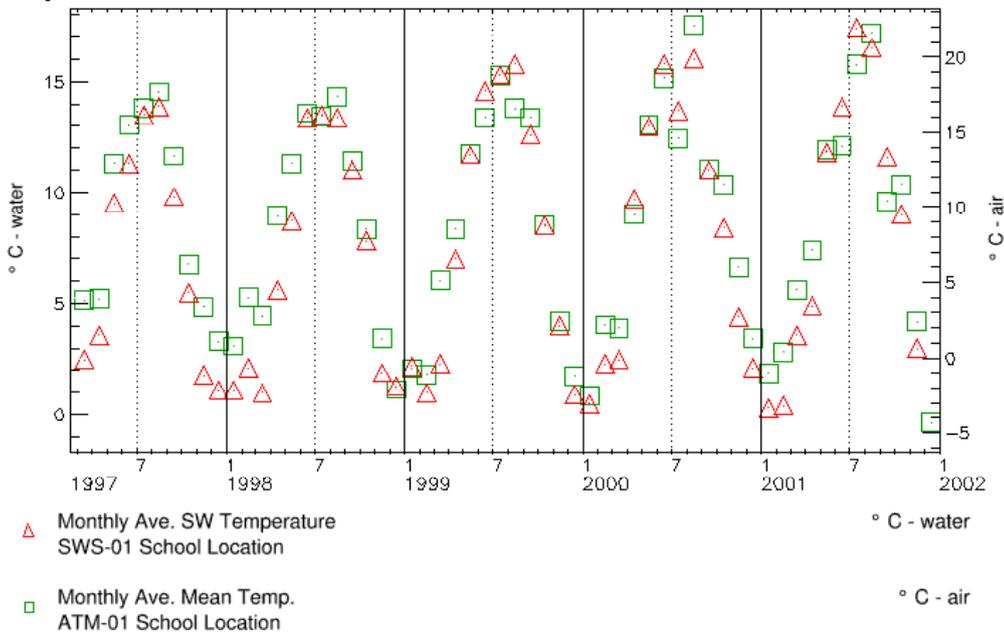
Graphique HY-TE-2

 **Zakladni Skola-Bystrice Nad Perstejnem, CZ**

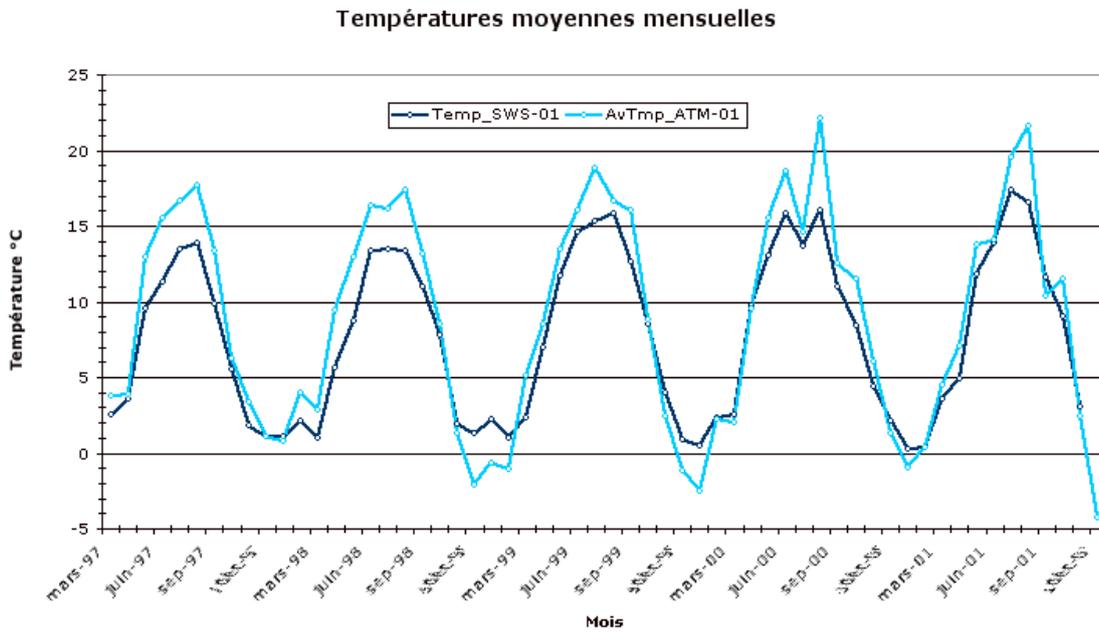


Graphique HY-TE-3

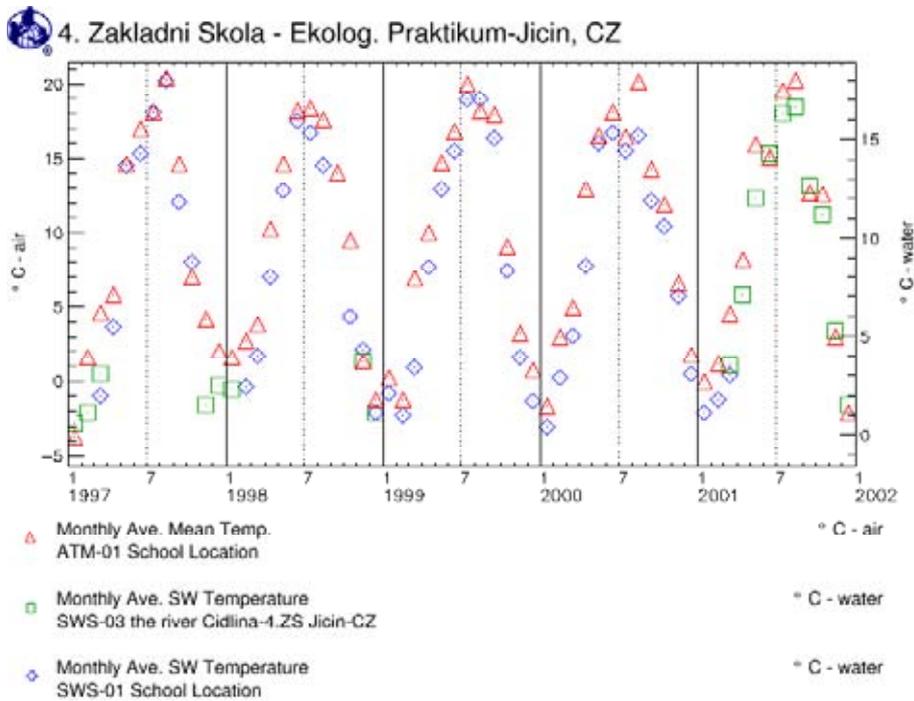
 **Zakladni Skola-Bystrice Nad Perstejnem, CZ**



Graphique HY-EC-4

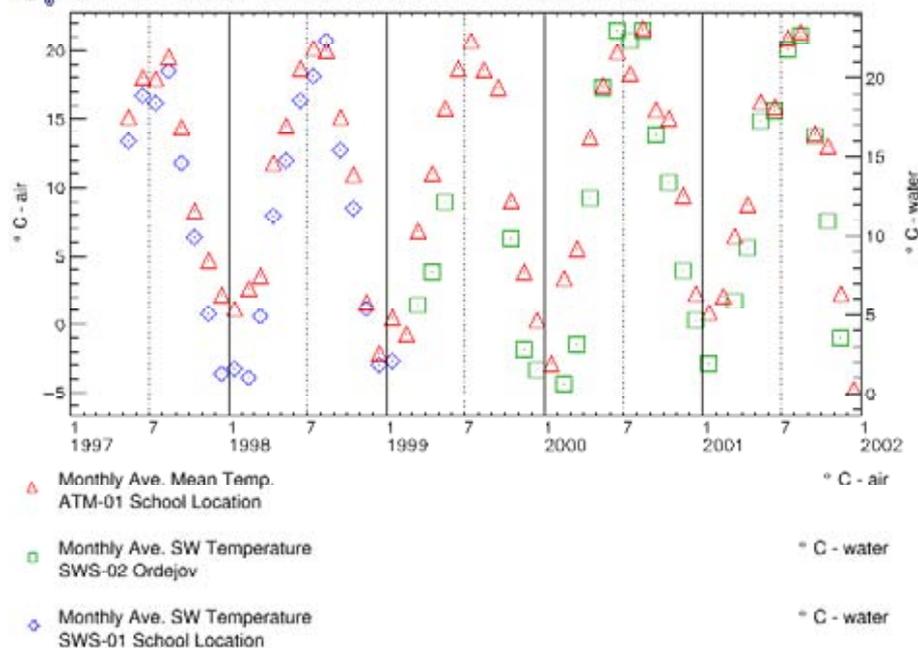


Graphique HY-EC-5



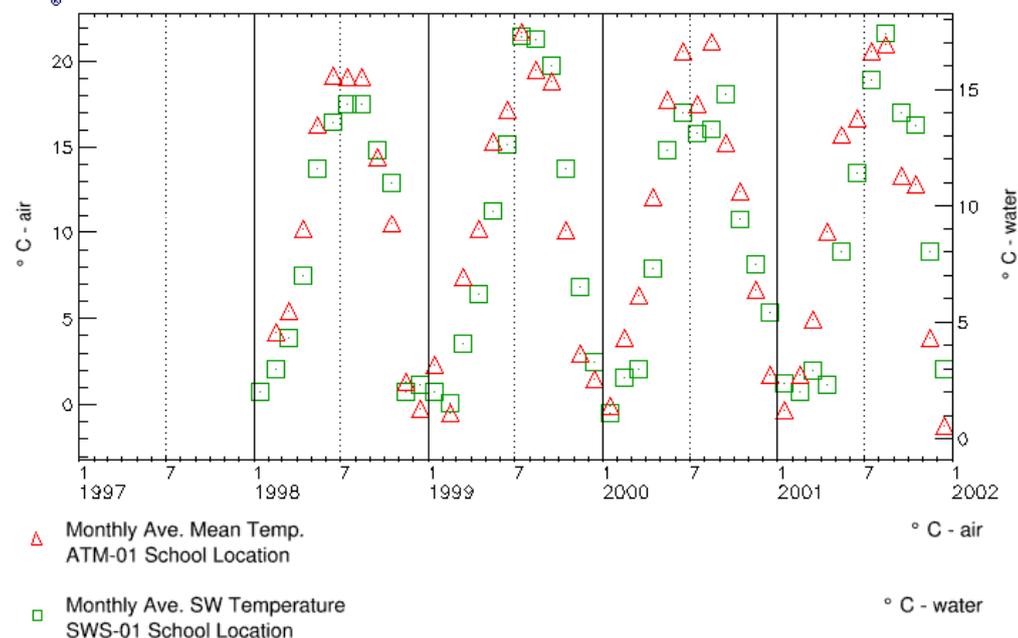
Graphique HY-EC-6

 Zakladni skola Josefa Bublka, Banov-Banov, CZ



Graphique HY-EC-7

 Zakladni Skola-Postoloprty, CZ





Mesure de la transparence de l'eau

Pourquoi mesurer la transparence de l'eau?

Dans quelle mesure l'eau est-elle limpide? C'est une question importante pour celles et ceux consomment de l'eau potable. C'est une question d'autant plus importante pour les plantes et les animaux qui vivent dans l'eau. Des particules en suspension dans notre eau jouent un rôle similaire à celui de la poussière dans l'atmosphère. Elles réduisent la profondeur jusqu'à laquelle la lumière peut pénétrer. La lumière du soleil fournit l'énergie nécessaire à la photosynthèse (le processus par lequel les plantes poussent en absorbant du carbone, de l'azote, du phosphore et d'autres substances nutritives, et en libérant de l'oxygène). La profondeur jusqu'à laquelle la lumière pénètre dans un plan d'eau détermine la profondeur jusqu'à laquelle les plantes aquatiques peuvent croître.

La transparence diminue avec la présence de molécules et de particules qui peuvent absorber ou diffuser la lumière. Des substances foncées ou noires absorbent la majeure partie des longueurs d'onde de la lumière, alors que des substances blanches ou légères reflètent la majeure partie des longueurs d'onde de la lumière. La grandeur de la particule joue aussi un rôle. Des petites particules (d'un diamètre inférieur à 1µm) peuvent diffuser la lumière.

Le sort réservé à la lumière qui pénètre dans un plan d'eau dépend de la somme, de la composition et de la taille des substances dissoutes et en suspension. Les lacs dont l'eau est «dure» contiennent beaucoup de particules de calcaire (CaCO_3) en suspension diffuseront plutôt une lumière bleu - verte, alors que les lacs renfermant des substances organiques paraissent plus de couleur verte ou jaune. Les rivières contenant des masses importantes de dépôts sont souvent de la couleur des dépôts (p.exemple: brunes).

Les dépôts peuvent provenir de sources naturelle et humaine. Les terres avec une petite couche de végétation (comme les terres agricoles et les terres déboisées) peuvent être des sources majeures de dépôt, par érosion. Les matières organiques colorées peuvent provenir des productions *in situ*, telles des roches, des biotes, ou de rejets dans le plan d'eau.

GLOBE propose deux techniques de mesure de la transparence. Si votre site d'hydrologie se trouve à un point d'eau profond et calme (pas courant comme un ruisseau), utilisez le disque de Secchi. Si votre site est à un point d'eau peu profond ou courant, alors il vous faut utiliser le tube de turbidité. Ces deux outils de mesure sont apparentés mais légèrement différents. Tous deux mesurent la transparence. Néanmoins, vous ne pouvez pas comparer directement les mesures prises par un disque de Secchi et un tube de turbidité entre deux sites.

Le disque de Secchi mesure une colonne d'eau. La pénétration de la lumière peut varier en fonction de la profondeur dans cette colonne d'eau. Toute lumière qui est reflétée par un disque de Secchi pénètre dans l'eau depuis la surface. Alors que de son côté, le tube de turbidité mesure la transparence d'un échantillon d'eau pris juste au-dessous de la surface. La lumière peut entrer dans le tube de turbidité tant par les côtés que par le haut. Parce que l'échantillonnage est différent (une colonne d'eau avec le disque de Secchi, un prélèvement de surface pour le tube de turbidité) et que les instruments utilisés ne permettent pas une pénétration de la lumière équivalente, les deux mesures ne sont pas directement comparables, comme l'illustrent les figures HY-TR-1 et HY-TR-2.

Fiche de protocole sur la mesure de la transparence de l'eau

Tâche

Déterminer la transparence de l'eau à l'aide d'un disque de Secchi (plan d'eau profonde) ou d'un tube de turbidité (eaux courantes ou peu profondes).

Durée de l'expérience

10 minutes

Fréquence des mesures

Hebdomadaire

Vue d'ensemble

Les élèves mesurent la transparence de l'eau à l'aide d'un disque de Secchi (dans les eaux profondes, sans courant) ou d'un tube de transparence (dans des eaux courantes ou peu profondes). La transparence est mesurée en immergeant le disque de Secchi jusqu'à ce qu'il ne soit plus visible, puis en le remontant jusqu'au moment où il redevient visible. Dans des eaux courantes ou peu profondes, un échantillon d'eau est prélevé avec un seau puis versé dans le tube de turbidité jusqu'à ce que le fond du tube ne soit plus visible. Les élèves prennent note de la longueur de la corde immergée ou de la profondeur de l'eau dans le tube. La profondeur de l'eau, tant pour le disque de Secchi que pour le tube de turbidité, dépend de la quantité de substances colorées en suspension dans l'eau.

Matériel et documents

- Fiches de Relevé des données pour les expériences d'hydrologie
- Guide de terrain sur le protocole de mesure de la transparence de l'eau
- Fiche du protocole Observation de la Couverture nuageuse
- Gants en latex
- Une horloge ou une montre
- Pour les mesures avec un disque de Secchi
- La fiche du protocole Mesure de la transparence avec un disque de Secchi
- Un disque de Secchi (avec une longue corde)
- Un mètre, quelques pinces à linge (facultatif)
- Pour les mesures avec un tube de turbidité
- La fiche du protocole Mesure de la turbidité avec un tube de turbidité
- La fiche Méthode de prélèvement d'un échantillon d'eau avec un seau
- Un tube de turbidité
- Une tasse pour verser l'eau dans le tube

Objectifs d'apprentissage

Les étudiants apprendront ainsi à:

- Utiliser un disque de Secchi ou d'un tube de turbidité
- Examiner les raisons des modifications de la transparence d'un plan d'eau
- Échanger et communiquer les résultats de leurs expériences avec d'autres écoles GLOBE
- Collaborer avec d'autres écoles GLOBE, du même pays ou de pays différents
- Partager leurs observations en les transmettant aux archives de GLOBE

Compétences requises pour pratiquer les mesures

- Utiliser un tube de turbidité ou un disque de Secchi pour mesurer la transparence de l'eau.
- Identifier les questions qui admettent une réponse.
- Mettre sur pied et conduire une expérience scientifique.
- Se servir des notions de mathématiques adéquates pour analyser les données.
- Fournir des descriptions et des explications, et pouvoir les justifier.
- Reconnaître et analyser des explications alternatives (autres possibilités).
- Transmettre les procédures et les explications.

Niveau scolaire requis

Tous les niveaux scolaires

Préparation

Si l'achat d'un disque de Secchi ou d'un tube de turbidité n'est pas possible, il faut en fabriquer un.

Conditions préalables

Un bref échange sur l'utilisation du disque de Secchi ou du tube de turbidité pour mesurer la transparence de l'eau est nécessaire avant que les étudiants effectuent leur première mesure.

Expérimenter le protocole avant de prendre des mesures.

Pour l'étalonnage, il faut aussi:

- Fiche Guide de laboratoire: étalonnage du thermomètre à alcool
- Thermomètre à alcool
- 400 mL de glace pilée
- Eau distillée
- Bécher ou récipient de 500mL

Figure HY-TR-1:
Mesure de la transparence dans les eaux courantes ou peu profondes

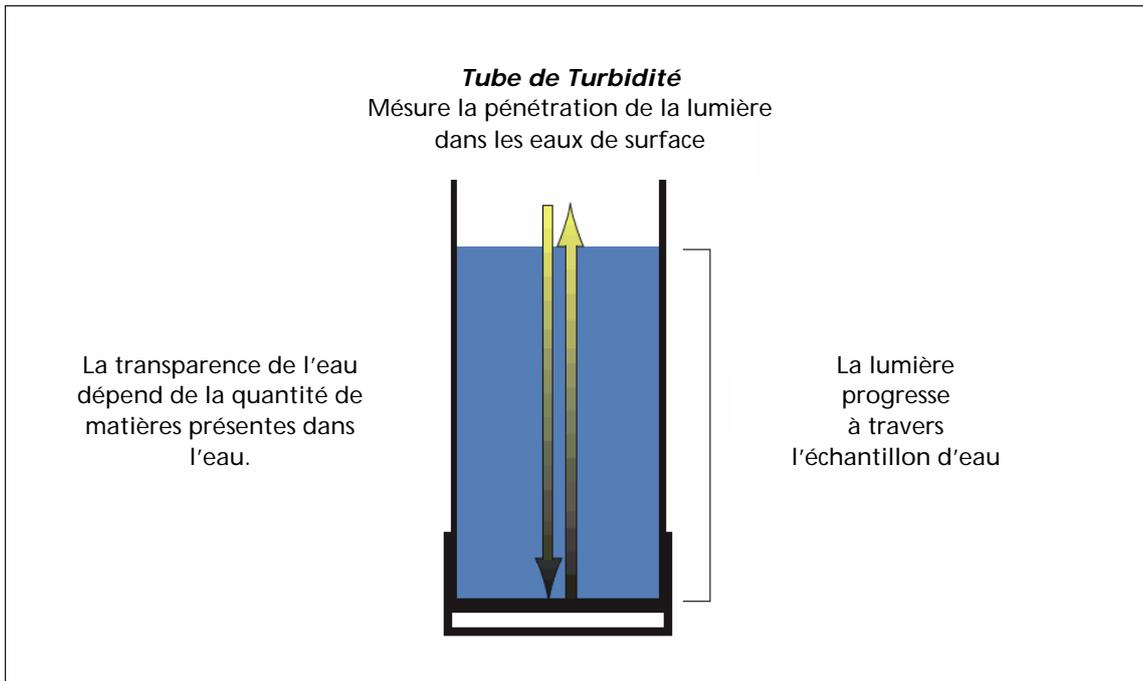
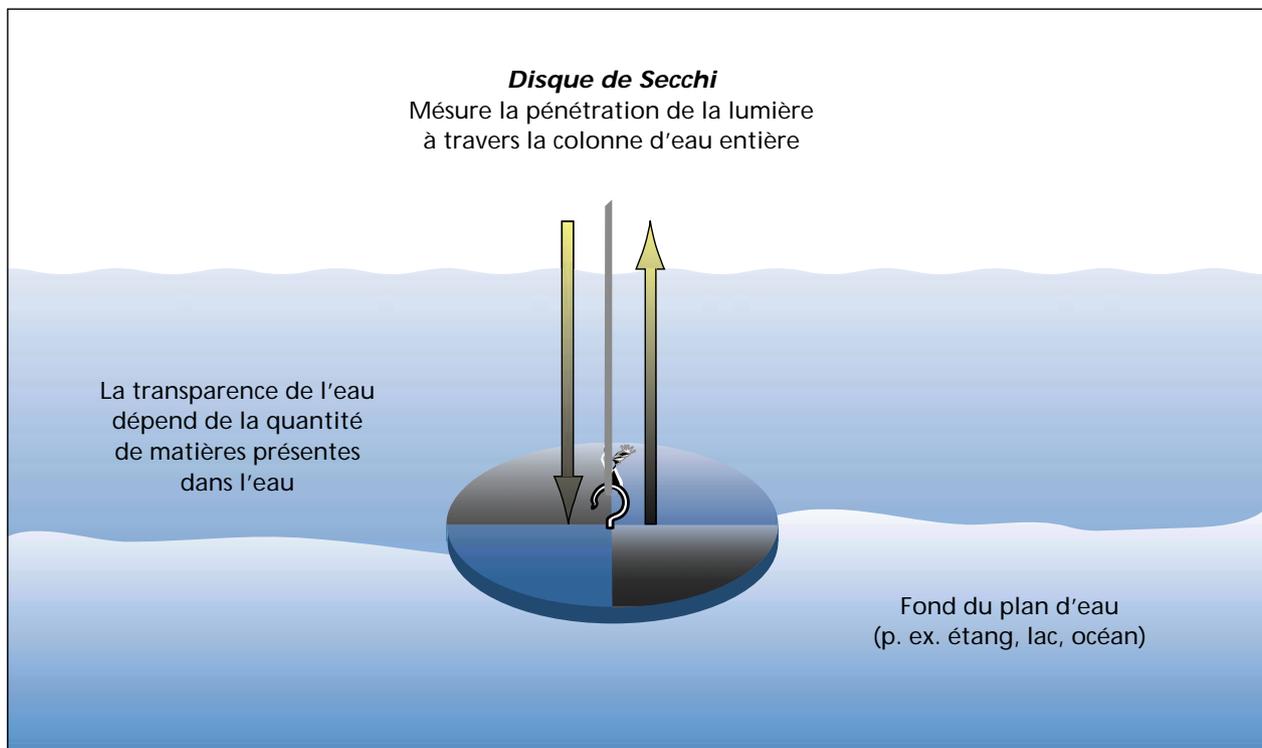


Figure HY-TR-2:
Mesure de la transparence en eaux calmes et profondes



Guide de terrain pour la transparence de l'eau



Tâche

Mesurer la turbidité (transparence) de l'eau.

Matériel nécessaire

- Fiche mesure de la Turbidité
- Seau avec corde pour prélever l'eau
- Gants de protection
- Grand gobelet pour remplir le tube de turbidité
- Tube de turbidité
- Crayons ou stylos
- Fiche Protocole Couverture nuageuse Guide de terrain

Sur le site de mesure

1. Compléter la Fiche de mesure Hydrologie en indiquant vos noms, la date et le nom du site.
2. Compléter la partie Couverture nuageuse en suivant les indications de la fiche Protocole Couverture nuageuse Guide de terrain de la partie Observation de l'Atmosphère.
3. Mettre les gants de protection.
4. Prélever un échantillon de l'eau de surface à l'aide du seau attaché à une corde.
5. Tenir le tube de turbidité verticalement, dos au soleil, de manière à ombrer le tube.
6. Remplir progressivement le tube à l'aide du gobelet. Observer le fond du tube en tenant l'œil près de l'embouchure du tube. Arrêter d'ajouter l'eau dès que le disque à secteurs noirs et blancs n'est plus visible au fond du tube.
7. Tourner le tube sur lui-même pour vérifier que les secteurs ne sont plus distinguables.
8. Inscrire la profondeur de l'eau contenue dans le tube sur la Fiche de mesure Hydrologie. Indiquer la valeur au centimètre près. Remarque: si le disque à secteurs reste discernable lorsque le tube est plein, inscrire la profondeur >120 cm.
9. Verser le contenu du tube dans le seau et mélanger.
10. Répéter la mesure avec deux nouveaux groupes en utilisant le même échantillon d'eau.

Annexe turbidité: couverture nuageuse**Tâche**

Déterminer le taux de couverture du ciel par les nuages et les traînées de condensation laissées dans le sillage des avions.

Matériel nécessaire

- Fiche Observation de l'Atmosphère
- ou Fiche Types de nuages
- ou Fiche Ozone
- ou Fiche Aérosols
- ou Fiche Turbidité
- Crayons, stylos

Sur le site de mesure

1. Compléter la Fiche de mesure Turbidité en indiquant vos noms, la date et le nom du site.
2. Observer le ciel dans toutes les directions.
3. Déterminer le degré de couverture du ciel par les nuages.
4. Inscrire le degré de nébulosité qui convient le mieux à la situation observée.
5. Inscrire **la classe de traînées** de condensation qui convient le mieux à la situation observée.

Classification de la couverture nuageuse**Clair**

Le ciel est totalement dégagé, il n'y a pas de nuages visibles.

Peu nuageux

Des nuages sont présents, mais couvrent moins d'un dixième (10%) du ciel.

Peu nuageux

Les nuages occultent entre un dixième (10%) et un quart (25%) du ciel.

Nuages dispersés

Les nuages occultent entre un quart (25%) et la moitié (50%) du ciel.

Nuageux

Entre la moitié (50%) et les neuf dixièmes (90%) du ciel sont occultés par des nuages.

Couvert

Plus des neuf dixièmes (> 90%) du ciel sont occultés par les nuages.

Classification des traînées de sillage**Pas de traînées**

Il n'y a pas de traînées visibles après le passage des avions.

0-10%

Des traînées sont visibles, mais occultent moins de un dixième (10%) du ciel.

10-25%

Des traînées occultent entre un dixième (10%) et un quart (25%) du ciel.

25-50%

Des traînées occultent entre un quart (25%) et la moitié (50%) du ciel.

>50%

Des traînées occultent plus de la moitié (50%) du ciel.

Obscurci

Ni les nuages, ni les traînées de sillage des avions ne sont visibles car plus du quart (25%) du ciel n'est pas visible.

6. Si le ciel est obscurci, inscrire ce qui empêche de distinguer le ciel. Parmi les causes suivantes, inscrirez toutes celles qui sont observées.

| | | | | |
|------------|--------|-------------|----------------------|----------------|
| Brouillard | Fumée | Brume | Cendres volcaniques | Poussière |
| Sable | Bruine | Forte pluie | Forte chute de neige | Neige soufflée |

Informations à l'usage des enseignants

Protocoles complémentaires

Le *Protocole Étude de l'Atmosphère* proposé parallèlement au présent protocole, apporte des informations complémentaires qui permettent de mieux comprendre pourquoi des données atmosphériques, comme les précipitations et la température, peuvent s'avérer importantes pour l'interprétation des données sur la transparence. La transparence peut changer rapidement en réponse à des apports de matière dans l'eau, comme lors des précipitations ou des écoulements de la fonte des neiges. La fonte des neiges survient lorsque la température de l'air augmente suffisamment pour provoquer la fusion de la neige.

Le *Protocole Étude du Sol* apporte également des informations pour expliquer pourquoi des changements saisonniers au niveau du sol peuvent avoir des conséquences sur la transparence. Par exemple, l'érosion des champs agricoles durant les labours peut provoquer des modifications de la transparence. Les modifications du sol peuvent accroître la vitesse d'érosion en exposant la terre. Il est utile de connaître la constitution du sol en amont de votre site d'études hydrologiques, afin d'être en mesure d'interpréter vos données sur la transparence.

Activités pédagogiques

Le *Protocole Transparence* peut être utilisé pour illustrer comment différentes variables peuvent influencer des mesures. (*Application des protocoles: Transparence*). Les étudiants peuvent tracer le graphique des variations de leurs données résultant du fait d'avoir pris les mesures au soleil, à l'ombre, en portant des lunettes de soleil, d'avoir attendu durant des laps de temps différents avant de relever les indications, etc. Ces expériences aident les étudiants à comprendre l'importance de suivre les protocoles, autant qu'elles les aident à identifier les variables qui ont une influence sur la transparence.

Procédés de mesure

Le *Protocole Transparence* nécessite des observations de la couche de nuage. Consultez le *Protocole Nuages et nébulosité* dans *l'Étude de l'Atmosphère*. Les mesures de la transparence sont effectuées dans l'ombre. L'éclat éblouissant de la lumière du soleil sur l'eau ou les différences de visibilité entre des mesures prises par temps nuageux ou par temps ensoleillé peuvent influencer les mesures. Afin de standardiser les données, toutes les mesures sont donc prises dans l'ombre.

Protocole du disque de Secchi

Le *Protocole Mesure de la Transparence avec un disque de Secchi* indique la nécessité de relever trois paramètres:

1. la distance entre la surface de l'eau et la profondeur à laquelle le disque disparaît
2. la distance entre la surface de l'eau et la profondeur à laquelle le disque réapparaît
3. la distance entre l'observateur et la surface de l'eau. Si vous prenez vos mesures à la surface de l'eau, alors indiquez «0» pour la dernière mesure. Connaître la distance entre l'observateur et la surface de l'eau aide les scientifiques à mieux interpréter et comparer les données entre les sites

Si le disque de Secchi atteint le fond de votre corps d'eau avant d'avoir disparu, alors inscrivez la profondeur de l'eau avec le signe «supérieur à» (p.ex., > 30 m).

Ne marquez pas la corde du disque de Secchi avec des graduations de mesure de manière à pouvoir lire les profondeurs directement sur la corde. Souvent, les cordes se tendent lorsqu'elles sont mouillées. Il est préférable d'utiliser le mètre pour inscrire la mesure sur la corde ensuite.

Entretien du matériel

1. Rincez le tube de turbidité ou le disque de Secchi avec de l'eau propre après utilisation, et laissez-le égoutter et sécher complètement.
2. Entrez le tube en lui ajoutant un bouchon de PVC sur l'extrémité ouverte afin de le protéger d'éventuels dommages.
3. Ne stockez pas de mètres à l'intérieur du tube – l'humidité risque de voiler le mètre ou d'occasionner l'écaillage du vernis.

Quelques questions d'approfondissement

- Est-ce que la transparence de l'eau se modifie avec d'autres paramètres comme les précipitations, la température de l'eau, la vitesse et la direction du vent, les saisons, et la nature du sol?
- Comment des modifications majeures du sol à proximité de votre site d'hydrologie (p.ex. un incendie de forêt, ou un abattage complet) pourraient avoir une influence sur la transparence de l'eau dans votre site?

Analyse des résultats**Les résultats obtenus sont-ils probants?**

Comme toujours, la première chose que le chercheur devrait se demander en regardant les données est: est-ce que les données semblent correctes et avoir un sens? Bien que, dans le cas des données sur la transparence, il ne s'agisse pas d'une question à laquelle il sera facile de répondre. Pour dessiner quelques lignes directrices générales, la plupart des eaux naturelles ont des valeurs de transparence comprises entre 1 mètre et quelques mètres. Une valeur basse, inférieure à un mètre, serait prévisible dans un point d'eau hautement productif (avec un fort développement d'algues microscopiques). Une valeur basse peut aussi être due à une grande concentration de solides en suspension. Des lacs extrêmement clairs, des eaux côtières et des zones proches de récifs de corail peuvent avoir des valeurs de transparence jusqu'à 30-40 m.

Les valeurs de transparence, quoi qu'il en soit, peuvent s'avérer hautement variables, même au sein d'un seul point d'eau. Des particules en suspension de nature diverse produisent un effet sur la transparence de l'eau. Certaines de ces substances comprennent de la terre, des algues et d'autres organismes planctoniques, des feuilles mortes en décomposition, et divers polluants. La transparence peut aussi se modifier dans le temps. Par exemple, une importante pluie torrentielle pourrait réduire la transparence d'un ruisseau, d'une rivière ou d'un bassin de manière drastique, en l'espace de quelques minutes, en introduisant un écoulement turbide. Un soudain réchauffement au printemps peut produire un grand afflux de fonte des neiges qui pourrait augmenter la transparence. Etant donné que la transparence est très spécifique aux sites, le meilleur moyen de voir si les données sont correctes est de continuer à recueillir des échantillons sur plusieurs années ou plus longtemps encore. Les données de la figure HY-TR-3 semblent correctes parce que les pointes de ces données montrent une tendance dans le temps. Le nombre important de sommets logiques font apparaître cette tendance. Si l'on regarde la figure HY-TR-4, la nature irrégulière des pointes de ces mesures rend l'exactitude de ces données incertaine. Des indications de données plus logiques pourraient faire apparaître qu'une tendance est en effet présente. Quoi qu'il en soit, ces données pourraient être parfaitement correctes, malgré l'absence d'une tendance claire, parce que sa nature irrégulière pourrait avoir été causée par n'importe quelle combinaison des facteurs mentionnés plus haut.

En quoi ces données sont-elles utiles aux scientifiques?

Les mesures de la transparence peuvent donner une bonne indication de la productivité biologique d'un corps d'eau. Typiquement, un lac productif présentera des valeurs de transparences basses dues à une abondance de biotes (particulièrement des algues). Si la profondeur de Secchi est inférieure à 1 m, des petits changements dans les entrées nutritives peuvent être la cause de modifications importantes de la productivité et, par conséquent, de la transparence. Dans des lacs hautement productifs, l'oxygène peut s'épuiser rapidement par temps chaud, causant la mort massive des poissons.

La profondeur jusqu'à laquelle la lumière pénètre dans l'eau détermine la profondeur jusqu'à laquelle des plantes enracinées peuvent croître.

Des tendances annuelles dans les données sur la transparence peuvent être utilisées pour faire des recherches sur des cycles annuels dans un même corps d'eau. Les données de la figure HY-TR-3, qui ont été prises à l'embouchure d'un réservoir en République tchèque, illustrent clairement cette tendance. Il y a une augmentation apparente de la transparence durant les mois d'hiver et une diminution de la transparence pour les mois d'été.

Une explication possible est que les algues sont un facteur majeur d'influence de la transparence dans ce corps d'eau. Durant les mois d'été, les algues sont présentes en grande abondance, causant une diminution de la transparence. Les mois d'hiver, une lumière du soleil moins importante, et des températures froides sont généralement associées avec une basse production d'algues qui conduit à une augmentation de la transparence.

Les tendances saisonnières des précipitations devraient aussi apparaître dans les données sur la transparence.

Exemple d'étude menée par des élèves

Formuler une hypothèse

Un étudiant décide d'observer les variations saisonnières dans les mesures de la transparence GLOBE. Il recherche d'abord les écoles GLOBE qui ont pris des données sur la transparence. De manière à avoir suffisamment de points de données pour pouvoir tirer quelques conclusions, il ne s'intéresse qu'aux écoles qui ont pris un minimum de 30 mesures de la transparence. Il trouve une tendance intéressante dans les données de l'école *Crescent Elk* en Californie. Le site où sont prises les mesures, la crique d'*Elk*, présente des valeurs supérieures de transparence durant les mois d'été et des valeurs inférieures durant les mois d'hiver. Cet étudiant réalise que cette tendance est à l'opposé de ce que nous pourrions attendre si la croissance des algues était le premier facteur d'influence de la transparence. L'étudiant se rappelle avoir lu quelque part que les mois d'hiver sont ceux de la saison des pluies sur la côte ouest des États-Unis. Étant donné que l'augmentation des chutes de pluie est assez souvent associée à un accroissement des écoulements, il émet l'hypothèse que les niveaux de transparence seront moins élevés durant la saison des pluies et plus élevés durant la saison sèche, dans la crique d'*Elk*.

Recueillir et analyser les données

Par le biais du site web de GLOBE, cet étudiant relève à la fois les mesures effectuées avec le tube de turbidité et les données sur les précipitations dans la crique d'*Elk* de juillet 1998 à juillet 2001. Dans ce graphique, il apparaît qu'une corrélation existe entre ces deux ensembles de données. Voir la figure HY-TR-5.

Il télécharge ensuite les moyennes mensuelles des précipitations et celles des mesures du tube de turbidité pour ce site (tableau HY-TR-1). Il trace ensuite les données sur deux axes différents dans un logiciel de construction de graphique. Il apparaît alors sur le graphique qu'il y a en effet une corrélation entre les précipitations et la transparence dans les données de *Crescent Elk* (figure HY-TR-6). La corrélation est plus visible sur les données comprises entre les mois d'été 1998 et les mois d'hiver 1999. Le graphique de la transparence est inversement proportionnel aux précipitations pour cette période. En d'autres mots, la transparence diminue avec l'augmentation de la masse de précipitations. Il y a quelques sommets sans grand rapport dans les données sur la transparence, mais ceci peut ne pas être si surprenant. La transparence est influencée par plusieurs facteurs supplémentaires autres que les précipitations. Les précipitations de l'année 2000 étaient plus irrégulières pour ce site. Il n'y apparaît pas une tendance saisonnière aussi claire que pour les autres années examinées. Ceci est aussi reflété dans les données sur la transparence pour cette période.

En se basant sur ces résultats, il conclut que son hypothèse initiale est partiellement vérifiée par les données. Il apparaît pour le site de la crique d'*Elk* que l'avènement de précipitations a un effet sur la transparence, bien qu'il y ait d'autres facteurs qui influencent aussi la transparence.

Tableau HY-TR-1

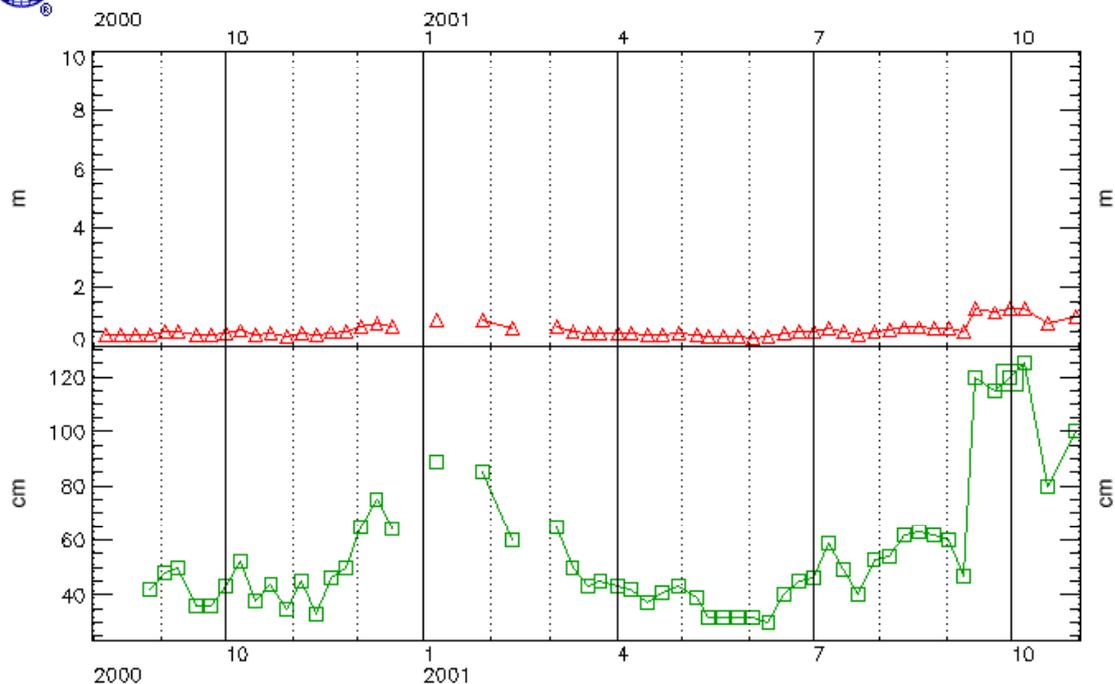
| Mois | Précipitations Moyennes mm | Transparence Moyenne Tube cm |
|-----------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Juil - 98 | 0.0 | 125 |
| Aoû - 98 | 0.0 | 125 |
| Sep - 98 | 0.0 | 125 |
| Oct - 98 | 88.3 | 101 |
| Nov - 98 | 431.4 | |
| Déc - 98 | 265.0 | 101 |
| Jan - 99 | 188.4 | 96 |
| Fév - 99 | 390.1 | 102 |
| Mars - 99 | 103.6 | 90 |
| Avr - 99 | 62.3 | 119 |
| Mai - 99 | 72.5 | 104 |
| Juin - 99 | 4.5 | 113 |
| Juil - 99 | 1.0 | 110 |
| Aoû - 99 | 11.5 | 115 |
| Sep - 99 | 4.0 | 77 |
| Oct - 99 | 43.0 | 115 |
| Nov - 99 | 137.0 | 99 |
| Déc - 99 | 143.4 | 86 |
| Jan - 00 | 470.5 | 92 |
| Fév - 00 | 316.7 | 83 |
| Mars - 00 | 306.3 | 94 |
| Avr - 00 | 452.0 | 105 |
| Mai - 00 | 451.2 | 85 |
| Juin - 01 | | 125 |

Travaux futurs

Il souhaite maintenant contacter l'école de *Crescent Elk* et débattre de son hypothèse avec eux. L'école devrait être en mesure de fournir des indications sur les autres facteurs qui peuvent avoir une influence sur la transparence de l'eau de la crique. Il est curieux d'observer les données d'autres écoles pour voir si le graphique de la transparence présente des similitudes ou des différences.

Graphique HY-TR-3

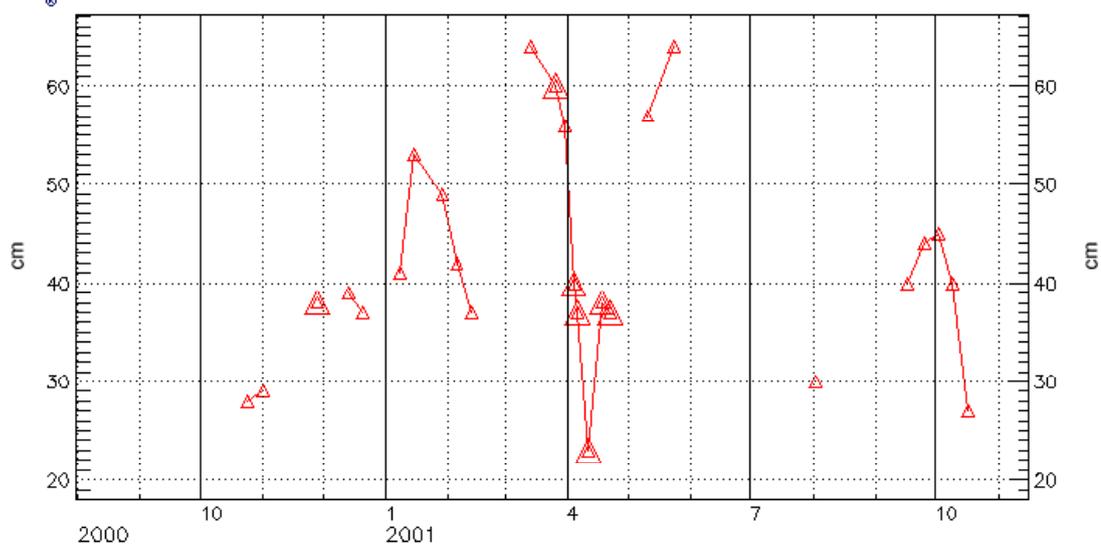
 Zakladni skola Josefa Bublka, Banov, Banov, CZ



- △ Water Transparency - Secchi Disk SWS-02 Ordejov m
- Water Transparency - Transparency Tube SWS-02 Ordejov cm

Graphique HY-TR-4

 Gymnazium Dr. A. Hrdlicky-Humpolec, CZ

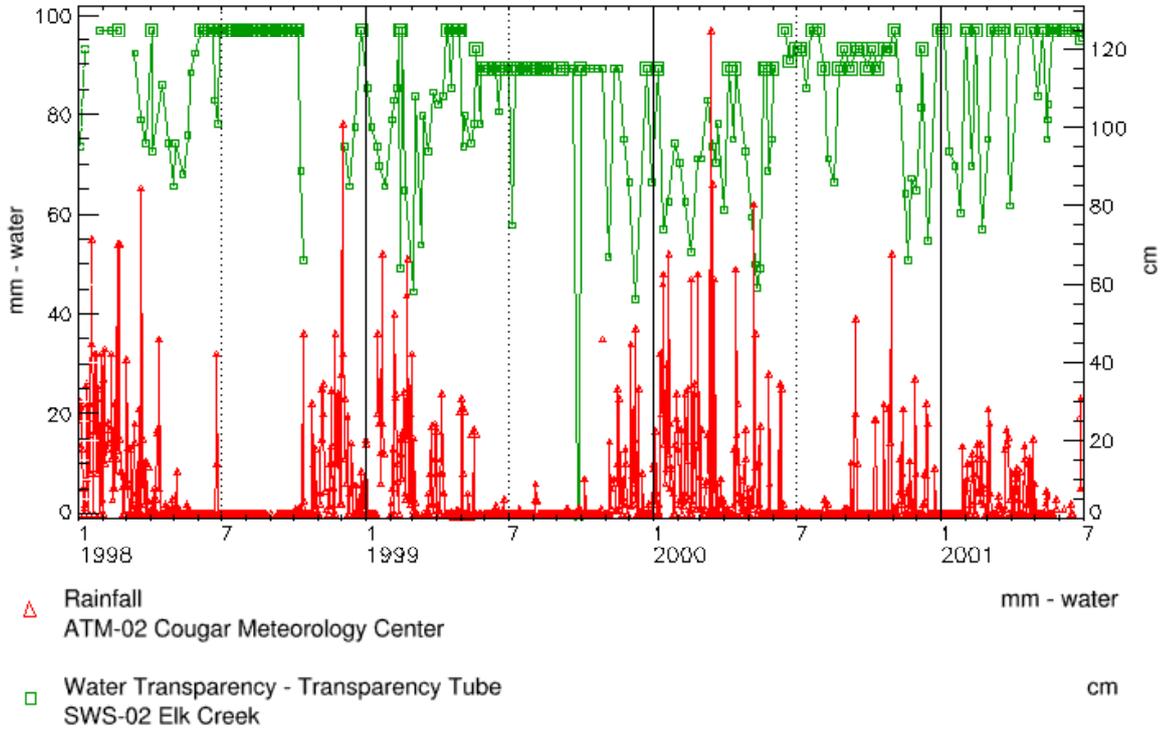


- △ Water Transparency - Transparency Tube SWS-01 School Location cm

Graphique HY-TR-5

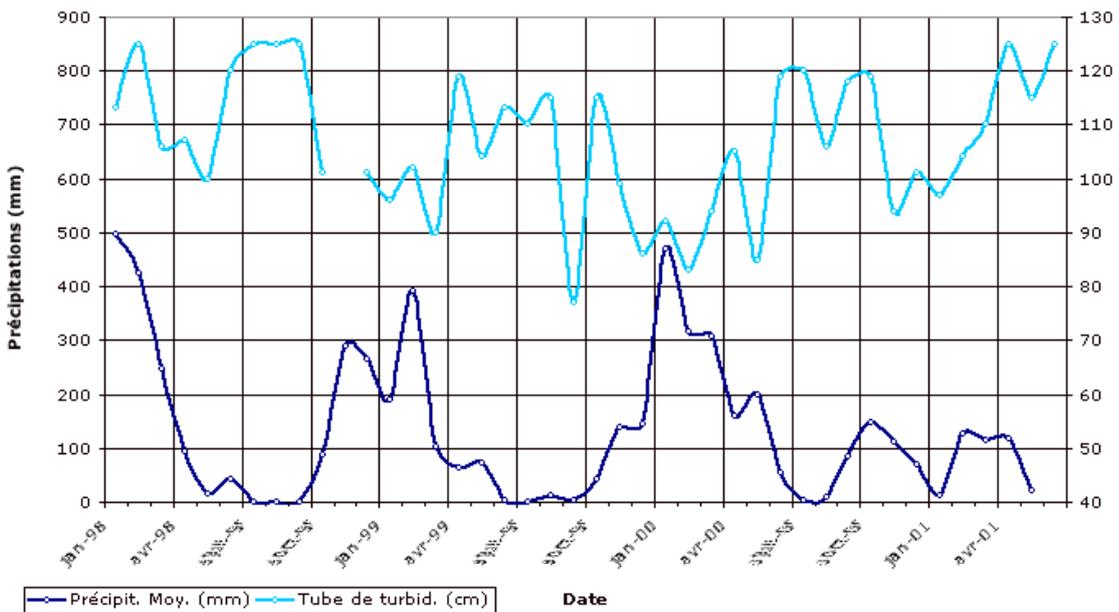


Crescent Elk School-Crescent City, CA, US



Graphique HY-TR-6

Crescent Elk (Moyennes mensuelles)





Mesure de la conductivité électrique

Pourquoi mesurer la conductivité électrique?

Avez-vous déjà laissé de l'eau s'évaporer d'un plat? Que restait-il après évaporation de l'eau?

L'eau douce transporte de nombreuses impuretés naturelles, y compris des sels ou minéraux dissous dans l'eau et que nous ne pouvons pas toujours voir ou sentir. Lorsque l'eau entre en contact avec les roches et le sol, certains minéraux se dissolvent dans l'eau. D'autres impuretés peuvent se dissoudre dans une étendue d'eau à la suite d'infiltrations, ou en provenance d'eaux de rejets. Si une eau contient des quantités élevées de sels dissous, il peut être nocif de l'utiliser pour irriguer les cultures.

On appelle teneur totale en solides dissous (TDS) la quantité d'impuretés provenant de sels et de minéraux dissous dans l'eau. Le TDS se mesure en partie par million (ppm). Il indique combien d'unités d'impuretés sont présentes dans un million d'unités d'eau, par rapport à la masse. Pour l'utilisation domestique, on a de préférence une eau dont le TDS est inférieur à 500 ppm, bien qu'une eau ayant un TDS supérieur ne représente pas grand danger. L'eau que l'on utilise dans l'agriculture doit avoir un TDS inférieur à 1200 ppm pour que les cultures fragiles ne soient pas endommagées. Pour l'industrie, et en particulier pour l'industrie électronique, il faut une eau pure.

On mesure indirectement le TDS de l'eau. L'une des façons de mesurer la quantité d'impuretés présentes dans l'eau est de déterminer si celle-ci conduit l'électricité. L'eau pure présente une mauvaise conductivité électrique. Quand certains solides (c'est le cas des sels) sont dissous dans l'eau, ils se dissocient et forment des ions. Les ions sont porteurs d'une charge électrique (positive ou négative). Plus l'eau est chargée en ions, plus l'eau conduira l'électricité.

Le conductimètre mesure combien d'électricité est conduite dans un centimètre d'eau. Si vous regardez l'appareil de près, vous verrez que l'espace entre les électrodes est de 1 cm. On mesure la conductivité en microSiemens par cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$). C'est la même unité qu'un micro ohm (mho).

Pour passer de la conductivité électrique d'un échantillon d'eau exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la concentration (en nombre arrondi) du total des solides dissous exprimé en ppm dans ce même échantillon, il faut multiplier la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) par un facteur de conversion. Celui-ci change en fonction de la composition chimique des solides dissous et peut varier entre 0,54 et 0,96. Les sucres, par exemple, n'affectent pas la conductivité car ils ne forment pas d'ions lorsqu'ils se dissolvent. 0,67 est le nombre généralement utilisé comme approximation si l'on ne connaît pas le facteur de conversion exact.

$$\text{TDS (ppm)} = \text{Conductivité } (\mu\text{S}/\text{cm}) \times 0,67$$

La concentration du total des solides dissous d'une eau potable dont la conductivité est de $750 \mu\text{S}/\text{cm}$ sera d'environ 550 ppm. La neige pure des Alpes dans les endroits les plus reculés a une conductivité d'environ 5 à $30 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Fiche de protocole sur la mesure de la conductivité électrique

Tâche

Mesurer la conductivité électrique d'un échantillon d'eau douce prélevé sur le site d'hydrologie.

Durée de l'expérience

10 minutes

Fréquence des mesures

Hebdomadaire

Vue d'ensemble

Les élèves vont étalonner un conductimètre et l'utiliser pour mesurer la conductivité électrique.

À partir des mesures de conductivité électrique obtenues, les élèves évalueront la teneur totale en solides dissous (TDS).

Matériel et documents

Fiches de relevé des données pour les expériences d'hydrologie

Guide de terrain sur le protocole de mesure de l'alcalinité

Un conductimètre (appareil de mesure de la teneur totale en solides dissous)

- Un thermomètre
- Eau distillée dans une pissette très propre
- Un chiffon doux
- Deux béchers de 100 mL
- Gants en latex
- Une bouteille en plastique d'eau de 650 mL

Pour l'étalonnage, il faut aussi:

- Une solution étalon
- Un petit tournevis
- Feuille de protocole pour l'étalonnage du conductimètre (au laboratoire)
- Guide du contrôle de qualité pour la mesure de l'alcalinité

Objectifs d'apprentissage

Les étudiants apprendront ainsi à:

- Utiliser un conductimètre
- Rechercher les causes des variations de la conductivité électrique d'un milieu aquatique
- Échanger et communiquer les résultats de leurs expériences avec d'autres écoles GLOBE
- Collaborer avec d'autres écoles GLOBE, du même pays ou de pays différents
- Partager leurs observations en les transmettant aux archives de GLOBE

Compétences requises pour pratiquer les mesures

- Utiliser un conductimètre pour mesurer la conductivité de l'eau
- Déterminer les questions qui admettent des réponses
- Mettre sur pied et conduire une expérience scientifique
- Se servir des notions de mathématiques adéquates pour analyser les données
- Fournir des descriptions et des explications, et pouvoir les justifier
- Reconnaître et analyser des alternatives (autres possibilités)
- Transmettre une marche à suivre et des explications

Niveau scolaire requis

Tous les niveaux

Préparation

Activités d'apprentissage suggérées:

Lire le guide en ligne>

*Entraînement pour les protocoles>**>les détectives de la conductivité électrique de l'eau**(uniquement disponible sur Internet, en anglais,**http://www.globe.gov/tctg/hydro_la_waterdetectives.pdf?sectionId=161).***Conditions préalables**

Aucune

Tableau HY-EC-1:Tableau de conversion entre la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

et le total des solides dissous (ppm)

en prenant comme facteur de conversion 0,67

| Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$ | TDS ppm | Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$ | TDS ppm |
|---|------------|---|------------|
| 0 | 0 | 1050 | 704 |
| 50 | 34 | 1100 | 737 |
| 100 | 67 | 1150 | 771 |
| 150 | 101 | 1200 | 804 |
| 200 | 134 | 1250 | 838 |
| 250 | 168 | 1300 | 871 |
| 300 | 201 | 1350 | 905 |
| 350 | 235 | 1400 | 938 |
| 400 | 268 | 1450 | 972 |
| 450 | 302 | 1500 | 1005 |
| 500 | 335 | 1550 | 1039 |
| 550 | 369 | 1600 | 1072 |
| 600 | 402 | 1650 | 1106 |
| 650 | 436 | 1700 | 1139 |
| 700 | 496 | 1750 | 1173 |
| 750 | 503 | 1800 | 1206 |
| 800 | 536 | 1850 | 1240 |
| 850 | 570 | 1900 | 1273 |
| 900 | 603 | 1950 | 1307 |
| 950 | 637 | 2000 | 1340 |
| 1000 | 670 | > 2000 | > 1340 |

Guide de terrain pour la conductivité électrique



Tâche

Mesurer la conductivité électrique de l'eau.

Matériel nécessaire

- Fiches de mesure Hydrologie
- Papier absorbant ou mouchoirs en papier
- Un conductimètre électronique
- 2 Gobelets de 100 mL
- Gants de protection
- Pissette d'eau distillée
- Bouteille en plastique de 750 mL, propre avec bouchon (pour prélever l'échantillon)

Sur le site de mesure

1. Complétez votre Fiche de mesure Hydrologie en indiquant vos noms, la date et le nom du site.
2. Mettre les gants de protection.
3. Mesurer la température de l'eau, à l'aide du thermomètre. Si elle est comprise entre 20 et 30°C, passer au point 5.
4. Si la température est inférieure à 20°C ou supérieure à 30°C, remplir la bouteille avec un échantillon d'eau et fermer le bouchon. Rapporter la bouteille en classe. Laisser la température se stabiliser entre 20 et 30°C, puis mesurer sa température. Passer au point 5.
5. Rincer les deux gobelets à deux reprises avec l'échantillon d'eau.
6. Verser environ 50 mL d'eau à analyser dans chacun des gobelets.
7. Retirer le capuchon du conductimètre électronique. Mettre en marche avec le bouton ON/OFF.
8. Rincer l'électrode à l'eau distillée. Tamponner légèrement l'électrode pour la sécher. Ne pas l'essuyer ni la frotter.
9. Plonger l'électrode dans le premier échantillon. Agiter doucement pendant quelques secondes. Ne pas toucher les bords ni le fond du gobelet avec le conductimètre.
10. Sortir l'appareil du premier gobelet, l'égoutter en le secouant légèrement, puis le plonger directement dans le second échantillon.
11. Laisser l'électrode immergée pendant une minute au moins. Lorsque la valeur est stable, inscrire le résultat obtenu par le premier groupe sur la Fiche de mesure Hydrologie.
12. Recommencer la mesure avec deux autres groupes en utilisant à chaque fois de nouveaux échantillons d'eau. Il n'est pas nécessaire de recalibrer l'appareil de mesure à chaque fois. Inscrire les résultats des groupes 2 et 3.
13. Calculer la moyenne des trois mesures.
14. Chaque mesure ne doit pas varier de plus de 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de la moyenne. Si l'une des mesure diffère trop, recommencer avec un nouvel échantillon et recalculer la moyenne. Si le problème persiste discuter des causes possibles avec le maître.
15. Rincer l'électrode avec de l'eau distillée, sécher en tamponnant légèrement et refermer le capuchon de l'appareil. Rincer et sécher les gobelets et la bouteille.

Informations à l'usage des enseignants

Comment mesurer

Il existe plusieurs fabricants de conductimètres et plusieurs modèles. Certains mesurent la conductivité par tranches de 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, d'autres par tranches de 1,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Si votre modèle la mesure par tranches de 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, vous devrez l'étalonner aussi précisément que possible par rapport à la solution de référence. Tout conductimètre doit être étalonné avant d'être utilisé pour analyser un échantillon d'eau. L'étalonnage peut se faire dans la salle de classe juste avant de se rendre sur le site ou bien sur le site même.

Il se peut que certains conductimètres indiquent qu'ils ont la correction automatique de température (ATC). Les tests effectués par l'équipe de GLOBE de la section d'hydrologie ont montré que la correction de température sur les conductimètres n'est généralement pas fiable. C'est pour cela que, pour l'étude, tous les échantillons d'eau doivent être à température ambiante (entre 20°C et 30°C), même si le fabricant indique que l'appareil a la correction de température. Il est très important de prendre la température de l'eau quand on en mesure sa conductivité. Connaître quelle était la température de la solution lorsque les mesures de conductivité ont été prises permet de repérer des erreurs éventuelles provenant d'erreurs de l'appareil de mesure et non de changements réels dans le total des solides dissous.

Si la température de l'eau sur le site n'est pas comprise entre 20°C et 30°C, vous devez soit 1) attendre que la température de l'eau monte dans le bécher ou dans un récipient à part pendant que les élèves prennent d'autres mesures d'hydrologie sur le site, soit 2) mettre un échantillon dans une bouteille d'eau et l'apporter dans la salle de classe.

Une fois que la température de l'eau sera comprise entre 20°C et 30°C, les élèves pourront en mesurer la conductivité électrique.

N'immergez jamais complètement l'appareil dans l'eau. Ne le plongez que jusque là où la notice d'utilisation vous l'indique.

Contrôle de qualité

L'étalonnage du conductimètre doit se faire dans la salle de classe ou dans le laboratoire, avant de se rendre sur le site. La température de l'étalon doit avoisiner les 25°C.

Consignes de sécurité

- Les élèves doivent mettre des gants pour manipuler l'eau car elle peut contenir des substances nocives, comme des bactéries ou des déchets industriels.

Conseils pratiques

Il est bon d'avoir quelques piles en plus à portée de main pour le testeur de conductivité. Beaucoup marchent avec des petites piles plates, du type piles de montre.

ENTRETIEN DU MATÉRIEL

Conductimètre

1. On ne doit jamais le ranger dans de l'eau distillée; il faut lui remettre son capuchon de protection.
2. Les électrodes doivent être soigneusement rincées avec de l'eau distillée après usage pour éviter l'accumulation de dépôts de minéraux.
3. Les électrodes doivent être nettoyées périodiquement avec de l'alcool.

Solution étalon

1. Conservez la solution dans un récipient hermétiquement fermé au réfrigérateur. Le sceller avec un ruban de masquage permettra de réduire l'évaporation.
2. Écrire sur la bouteille la date à laquelle la solution étalon a été achetée. Une solution étalon doit être jetée au bout d'un an.
3. Ne versez jamais une solution étalon déjà utilisée dans la bouteille.

Quelques questions d'approfondissement

- Pensez-vous que la conductivité de l'eau sur le site de votre étude augmentera après de fortes pluies ou bien qu'elle diminuera? Pourquoi?
- Pensez-vous que la conductivité est plus importante dans un cours d'eau en haute montagne dans lequel se déverse la neige fraîchement fondue, ou bien dans un lac à une altitude moins élevée?
- D'après vous, pourquoi une eau riche en TDS est nocive pour les cultures?

Analyse des résultats**Les résultats obtenus sont-ils probants?**

Un conductimètre mesure les conductivités comprises entre 0 et 1990,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Pour les eaux dont la conductivité est supérieure à 1990,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mesurez le total des solides dissous à l'aide du *Protocole de Salinité*. En général, la conductivité de l'eau douce augmente plus le site où l'échantillon a été prélevé est éloigné de la source.

La plupart des conductimètres marquent la conductivité par tranches de 10,0 et ont une marge d'erreur de $\pm 40,0 \mu\text{S}/\text{cm}$.

La conductivité peut varier de façon significative en fonction du type d'eau et du site.

Il est donc important de prendre les autres mesures sur votre site. Indiquez vos résultats sous forme de graphique et regardez attentivement les variations croissantes ou décroissantes. Portez une attention particulière aux valeurs qui semblent discutables.

Consultez vos données annexes ou les résultats d'un autre protocole, par exemple celui des précipitations, pour voir si ces valeurs sont la conséquence d'autres facteurs naturels.

Qu'est-ce qui intéresse les scientifiques dans ces résultats?

Les scientifiques utilisent les résultats des mesures de conductivité pour mesurer la qualité de l'eau. Si la conductivité est élevée, cela peut signifier que l'eau a mauvais goût ou qu'elle est trop salée pour être utilisée pour irriguer les cultures. La plupart des rapports des services municipaux sur la qualité de l'eau se basent sur des mesures de conductivité ou de TDS pour montrer que leur eau potable se situe dans les limites autorisées.

Les scientifiques observent aussi les variations des résultats. On observe souvent des variations saisonnières dans des eaux dans lesquelles se déversent directement les neiges fondues au printemps, dans des eaux riches en éléments issus de la couverture du sol ou dans des eaux situées dans des régions où les saisons des pluies sont marquées.

Les scientifiques peuvent utiliser les données saisonnières pour prévoir quels vont être les problèmes concernant l'eau en terme de qualité dans les années à venir.

Exemple de projet**Formuler une hypothèse**

Une élève veut étudier la conductivité. Elle pose comme hypothèse que les variations annuelles ou saisonnières des données sur la conductivité devraient ressortir dans les mesures d'hydrologie GLOBE.

Recueillir et analyser les données

Elle commence par rechercher dans la banque de données de GLOBE dans quelles écoles des mesures de conductivité ont été prises. Ensuite, elle élimine les écoles qui n'ont pas régulièrement effectué de mesures sur une durée d'au moins douze mois.

Après avoir relevé les données provenant de plusieurs écoles qui utilisent le serveur GLOBE, l'élève remarque qu'il y a des variations intéressantes dans les données fournies par le Chemisches Institut Dr Flad à Stuttgart, Allemagne (voir graphique HY-EC-1).

L'école prend les mesures dans un lac d'eau douce, le *Feuersee*. L'élève a remarqué qu'à cet endroit-là, les mesures montrent que la conductivité est plus élevée pendant les mois d'hiver, et plus basse pendant les mois d'été. Elle poursuit ses recherches et télécharge les moyennes mensuelles des valeurs de conductivité du Chemisches Institut Dr Flad du site web de GLOBE. Ces données sont notées dans le tableau HY-EC-2.

Tableau HY-EC-2

| Date | Conductivité μS/cm | Date | Conductivité μS/cm |
|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|
| Sep - 98 | 527 | Avr - 00 | 654 |
| Oct - 98 | 519 | Mai - 00 | 706 |
| Nov - 98 | 789 | Juin - 00 | 669 |
| Déc - 98 | 545 | Juil - 00 | 613 |
| Jan - 99 | 754 | Sep - 00 | 681 |
| Fév - 99 | 617 | Oct - 00 | 785 |
| Mars - 99 | 675 | Nov - 00 | 878 |
| Avr - 99 | 677 | Déc - 00 | 907 |
| Mai - 99 | 737 | Jan - 01 | 859 |
| Juin - 99 | 692 | Fév - 01 | 701 |
| Juil - 99 | 665 | Mars - 01 | 755 |
| Sep - 99 | 689 | Avr - 01 | 746 |
| Oct - 99 | 790 | Mai - 01 | 697 |
| Nov - 99 | 840 | Juin - 01 | 712 |
| Déc - 99 | 760 | Juil - 01 | 640 |
| Jan - 00 | 730 | Sep - 01 | 560 |
| Fév - 00 | 639 | Oct - 01 | 752 |
| Mars - 00 | 624 | Nov - 01 | 820 |
| | | Dec - 01 | 842 |

Ensuite, l'élève reporte graphiquement ces données dans un, puis les relie point par point (voir graphique HY-EC-3).

La même tendance générale se dessine bien qu'elle apparaisse de façon moins évidente que sur le graphique HY-EC-1.

L'élève décide donc d'observer les variations saisonnières plutôt que mensuelles.

Elle divise l'année en quatre saisons comme suit: l'hiver qui s'étend de décembre à février, le printemps de mars à mai, l'été de juin à août et l'automne de septembre à novembre. Elle calcule la conductivité moyenne pour chaque saison.

Les résultats sont notés dans le tableau HY-EC-3.

Tableau HY-EC-3

| Saison | Cond. Moyenne |
|--------------|---------------|
| Aut - 1998 | 612 |
| Hiver - 1999 | 639 |
| Prin - 1999 | 696 |
| Été - 1999 | 679 |
| Aut - 1999 | 773 |
| Hiver - 2000 | 710 |
| Print - 2000 | 661 |
| Éte - 2000 | 641 |
| Aut - 2000 | 781 |
| Hiver - 2001 | 822 |
| Prin - 2001 | 733 |
| Été - 2001 | 676 |
| Aut - 2001 | 805 |

L'élève représente les données sous forme graphique (voir graphique HY-EC-4).

À partir de là, elle peut observer plus facilement les variations au cours de l'année. L'élève souligne que les résultats pour le mois d'août n'étaient disponibles pour aucune année et que, par conséquent, les valeurs de l'été sont les moyennes de celles relevées en juin et juillet. Enfin, l'élève décide de regrouper les données d'une autre façon. Cette fois-ci, elle calcule la conductivité moyenne pour chaque mois des quatre années étudiées (voir tableau HY-EC-5) et représente les résultats sous forme graphique (voir graphique HY-EC-6).

On observe également une variation annuelle. Les moyennes de novembre, décembre et janvier sont beaucoup plus élevées que celles des autres mois de l'année. L'élève se rend compte qu'elle n'a peut-être pas choisi les meilleurs mois pour représenter chaque saison. Peut-être aurait-elle dû choisir la période allant de novembre à janvier pour l'hiver. Cela aurait probablement montré une variation plus sensible. Cependant, l'élève est sûre d'avoir effectivement trouvé un site où il existe une variation annuelle.

Tableau HY-EC-5

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | Moyenne |
|---------|------|------|------|------|---------|
| Jan | | 754 | 730 | 859 | 781 |
| Fév | | 617 | 639 | 701 | 652 |
| Mars | | 675 | 624 | 755 | 685 |
| Avril | | 677 | 654 | 746 | 692 |
| Mai | | 737 | 706 | 697 | 713 |
| Juin | | 692 | 669 | 712 | 691 |
| Juillet | | 665 | 613 | 640 | 639 |
| Août | | | | | |
| Sept | 527 | 689 | 681 | 560 | 614 |
| Oct | 519 | 790 | 785 | 752 | 712 |
| Nov | 789 | 840 | 878 | 820 | 832 |
| Déc | 545 | 760 | 907 | 842 | 764 |

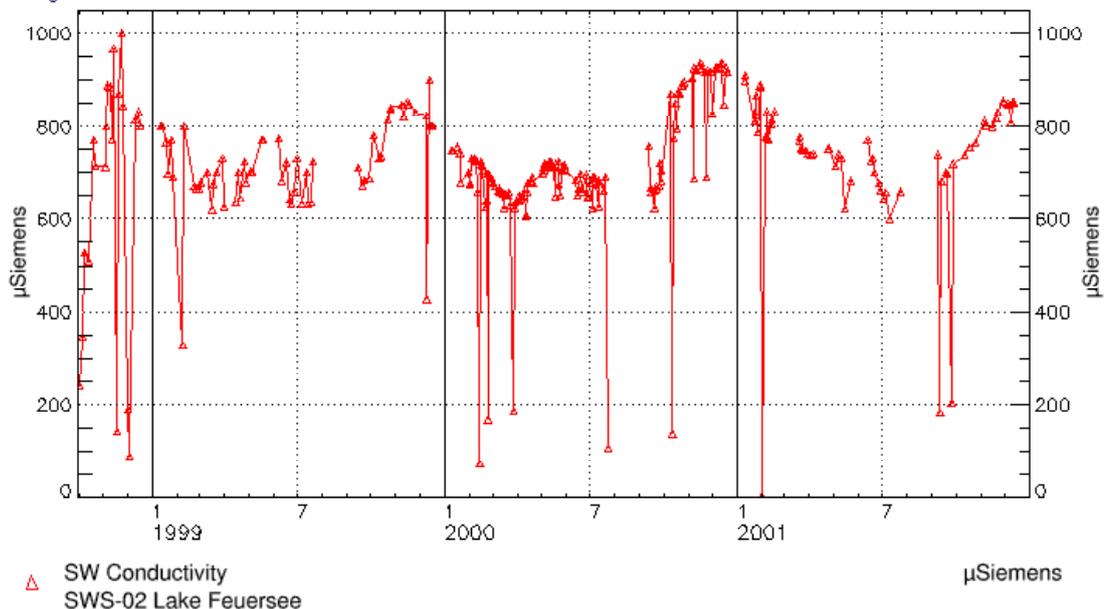
Réflexion pour des recherches complémentaires

Pour des recherches plus avancées, l'élève peut contacter l'école et leur demander s'ils ont la moindre idée sur les causes de ce cycle. Elle peut également regarder les variations saisonnières d'autres mesures, par exemple celles des précipitations, pour voir s'il existe un lien entre elles. Elle peut également recommencer cette étude en étudiant les tendances saisonnières et mensuelles de conductivité sur d'autres sites.

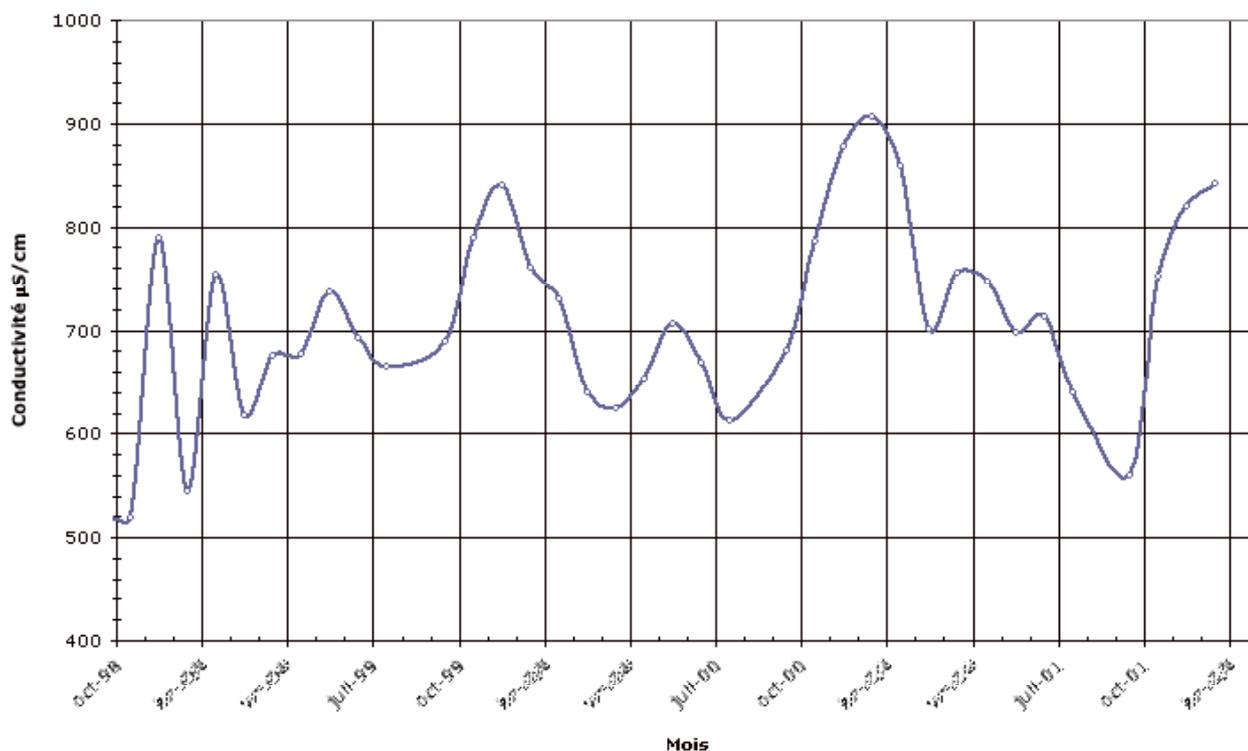
Graphique HY-EC-1



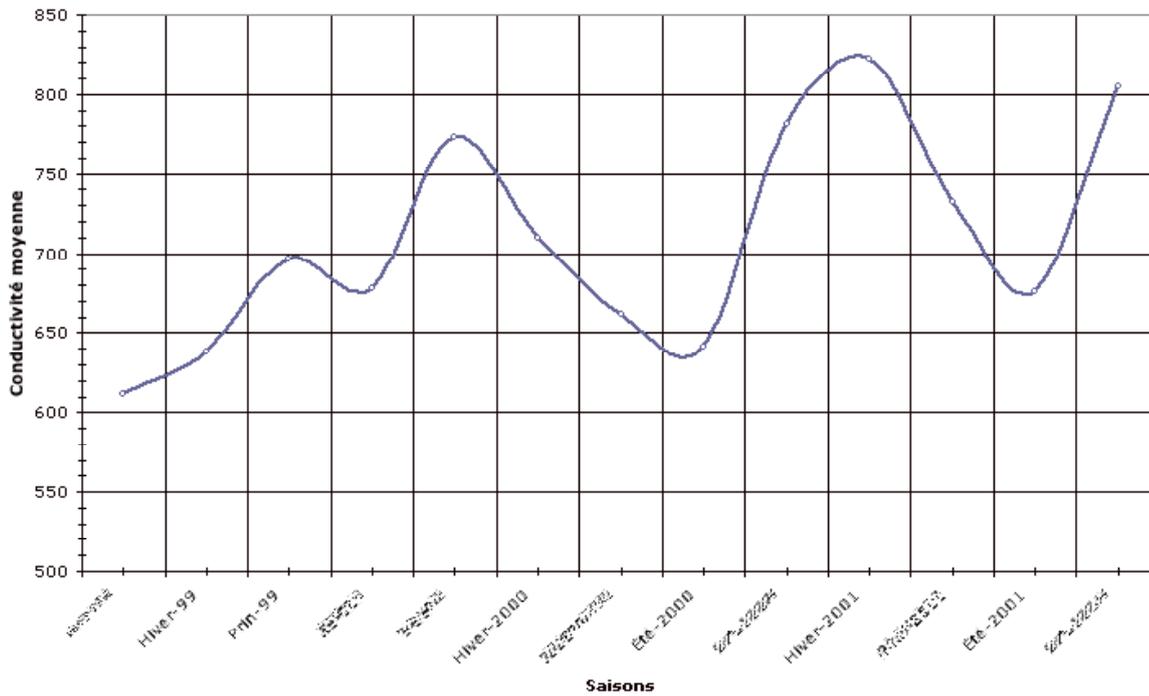
Chemisches Institut Dr. Flad-Stuttgart, DE



Graphique HY-EC-3

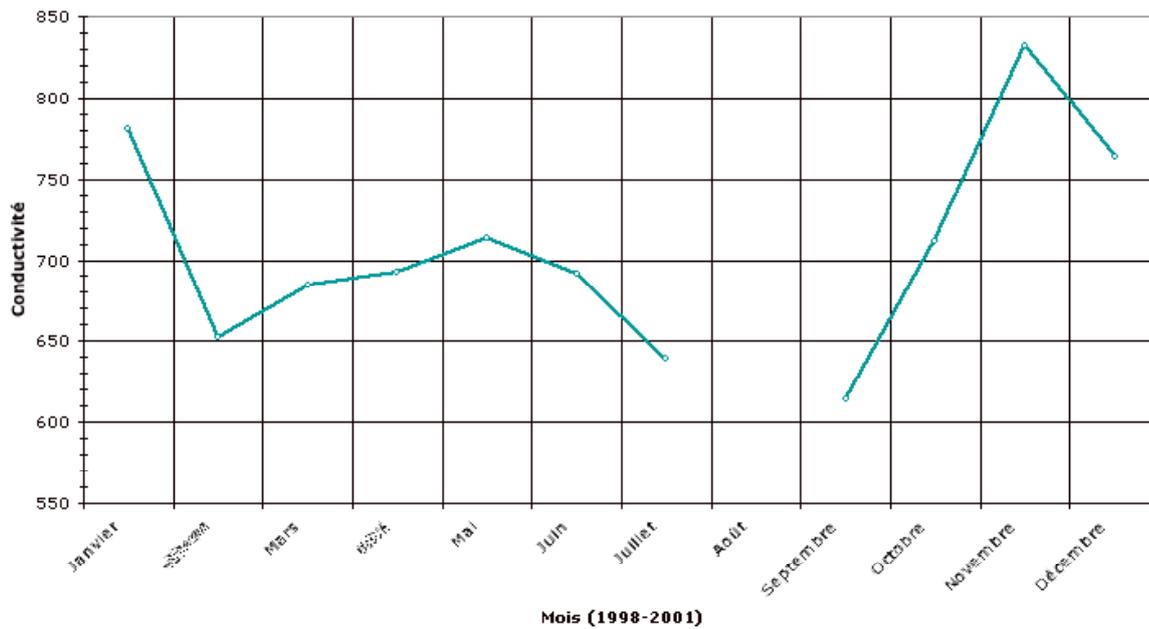


Graphique HY-EC-4



Graphique HY-EC-5

Moyennes mensuelles Conductivité





Universalindikator pH 0-14

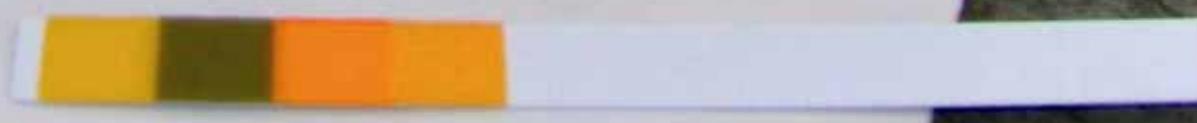
pH-indicator strips non-bleeding.
Dip in - read while still moist. Immerse in weakly-buffered solutions until there is no further colour change (1-10 min).

Bandelettes indicatrices de pH ne déteignant pas
immerger - lire à l'état humide. En présence de solutions faiblement tamponnées, immerger jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de modification de couleur (1 à 10 min).

Indicadores del pH en varillas (no destiñen)
sumergir - leer en húmedo. En soluciones débilmente amortiguadas sumergir hasta que ya no haya cambio de color (1-10 minutos).

Merck KGaA, 64271 Darmstadt, Germany. Tel. (061 51) 720

| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|----|----|----|----|----|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |



Mesure du degré d'acidité, pH de l'eau

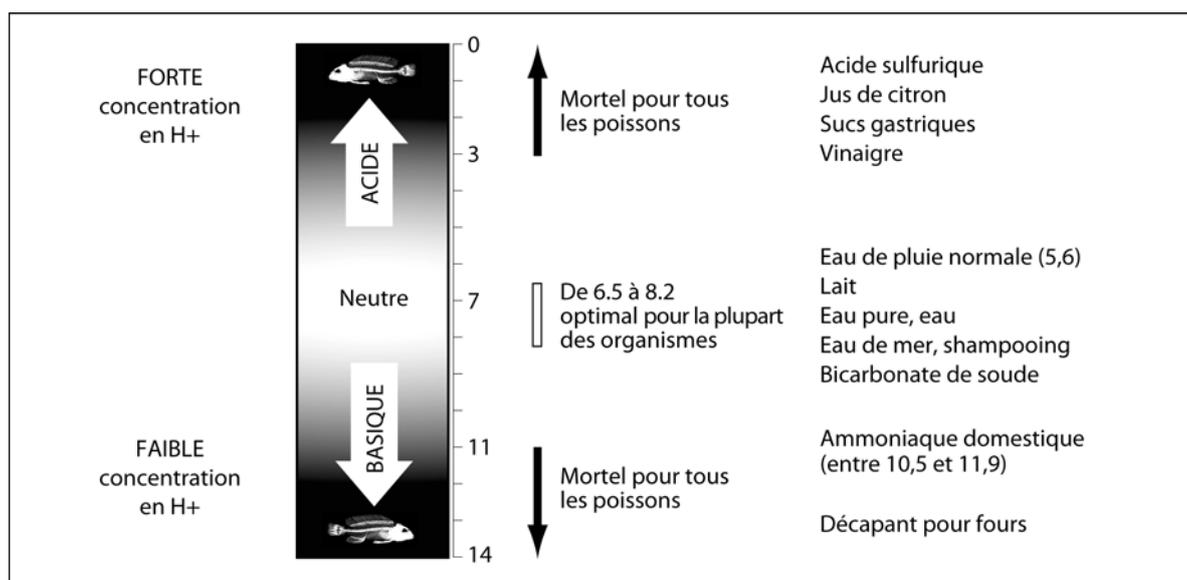
Pourquoi mesurer le pH de l'eau?

Le pH mesure la teneur en acide de l'eau. L'échelle du pH (de 0,0 à 14,0 unités de pH) mesure de manière logarithmique la concentration d'ions d'hydrogène. Les solutions dont le pH est supérieur à 7,0 sont qualifiées de basiques et celles dont le pH est inférieur à 7,0 sont qualifiées d'acides. Un pH de 7,0 est neutre. Chaque unité de pH présente une concentration d'ions d'hydrogène dix fois supérieure à la suivante. Par exemple, une eau de pH 4,0 contient dix fois plus d'ions d'hydrogène qu'une eau de pH 5,0. Un pH 3,0 contient cent fois la teneur en acide d'un pH 5,0. C'est la raison pour laquelle une légère variation du pH peut avoir des conséquences importantes sur la qualité de l'eau. La plupart des lacs et des cours d'eau ont un pH qui se situe entre 6,5 et 8,5. L'eau pure qui ne se trouve pas en contact avec l'air a un pH neutre de 7,0. L'eau contenant des impuretés peut également avoir un pH de 7,0 si les acides présents sont en équilibre avec les bases.

Les océans sont bien tamponnés et leur pH se situe à une valeur constante d'environ 8,2. On peut trouver de l'eau naturellement plus acide dans des zones où certains types de minéraux sont présents (comme les sulfures). Les activités minières peuvent également dégager de l'acide, entraînant des minéraux dans les masses d'eau. En général, l'eau est naturellement basique dans les zones où le sol est riche en minéraux comme la calcite ou le calcaire. Les acides et les bases pénètrent les masses d'eau en tant que produits dérivés des activités humaines.

Le pH concerne la plupart des réactions chimiques et biologiques qui ont lieu dans l'eau. Le pH exerce une forte influence sur tout ce qui peut vivre dans l'eau: les organismes aquatiques ont chacun une fourchette de pH qui leur est adaptée. Les salamandres, les grenouilles ainsi que d'autres amphibiens et de nombreux macroinvertébrés sont particulièrement sensibles aux niveaux de pH extrêmes. La plupart des insectes, des amphibiens et des poissons sont absents des sites hydrologiques dont le pH est inférieur à 4,0 ou supérieur à 10,0. L'illustration HY-pH-1 indique les valeurs de pH de certaines substances courantes et les limites mortelles pour les poissons.

Figure HY-pH-1



Fiche de protocole sur la mesure du pH de l'eau

Tâche

Mesurer le pH de l'eau

Vue d'ensemble

Les élèves utiliseront un pH-mètre ou du papier pH pour mesurer le pH de l'eau. S'ils utilisent un pH-mètre, celui-ci devra être calibré au moyen de solutions tampons dont les valeurs du pH seront 4, 7 et 10.

Objectifs d'apprentissage

Les élèves apprendront à:

- utiliser soit un pH-mètre, soit du papier pH
- comprendre les différences entre les pH acide, basique et neutre
- étudier les raisons pour lesquelles le pH peut changer dans une masse d'eau
- communiquer les résultats du projet avec d'autres écoles GLOBE
- travailler avec d'autres écoles GLOBE (situées dans leur pays ou dans d'autres pays)
- partager les observations en envoyant les données aux archives de GLOBE.

Compétences requises pour pratiquer les mesures

Savoir:

- utiliser une bande d'essai chimique ou un pH-mètre, afin de mesurer le pH
- identifier les questions auxquelles il est possible de répondre
- organiser et mener des études scientifiques
- utiliser les mathématiques afin d'analyser les données
- décrire et expliquer, preuves à l'appui
- reconnaître et analyser d'autres explications
- communiquer les procédures et les explications.

Durée

10 minutes

Niveau

Tous

Fréquence

Une fois par semaine

Matériel et documents

Pour mesurer le pH avec du papier pH:

- La Feuille de relevés de l'étude hydrologique
- la Procédure d'utilisation du papier pH (conductivité électrique supérieure à 200mS/cm)
OU la Procédure d'utilisation du papier pH (conductivité électrique inférieure à 200mS/cm)
- du papier pH
- un bécher de 50 mL ou de 100 mL
- des gants en latex

Pour mesurer le pH avec un pH-mètre:

- La Feuille de relevés de l'étude hydrologique
- la Procédure d'utilisation du papier pH (conductivité électrique supérieure à 200mS/cm)
OU la Procédure d'utilisation du papier pH (conductivité électrique inférieure à 200mS/cm)
- un pH-mètre
- de l'eau distillée
- de l'essuie-tout ou du tissu ouaté propres
- des solutions tampon avec des pH 7,0, 4,0 et 10,0
- trois bocaux de 100 mL avec leur couvercle
- un bécher de de 100 mL

Préparation

Les instruments doivent être étalonnés avant chaque utilisation. Activités pédagogiques recommandées: Pratique des protocoles: pH (sur Internet uniquement) et Le jeu du pH (sur Internet uniquement).

Prérequis

Protocole de la conductivité électrique

Guide de terrain pour le pH (acidité)



Tâche

Mesurer le pH de l'eau (acidité) à l'aide d'un pH-mètre.

Matériel nécessaire

- Fiche mesure du pH
- Pissette d'eau distillée
- Gants de protection
- pH-mètre électronique
- Gobelet de 100 mL
- Crayons ou stylos
- Papier absorbant ou mouchoirs en papier
- 25 mL de solution tampon de pH 4.0 dans un flacon avec bouchon – marquer pH 4.0 sur le flacon.
- 25 mL de solution tampon de pH 7.0 dans un flacon avec bouchon – marquer pH 7.0 sur le flacon.
- 25 mL de solution tampon de pH 10.0 dans un flacon avec bouchon – marquer pH 10.0 sur le flacon. Remarque: chaque flacon doit avoir un goulot suffisamment large pour pouvoir immerger le pH-mètre dans le liquide.

Sur le site de mesure

1. Compléter la Fiche de mesure Hydrologie en indiquant vos noms, la date et le nom du site. Cocher la case pH-mètre comme instrument de mesure.
2. Mettre les gants de protection.
3. Retirer le couvercle de protection du pH-mètre.
4. Rincer l'électrode du pH-mètre à l'eau distillée. Sécher le pH-mètre avec du papier absorbant en tamponnant légèrement l'appareil.
Remarque: **ne pas sécher en frottant, ni toucher l'électrode avec les doigts!**
5. Rincer et sécher l'électrode encore une fois.
6. Calibrer le pH-mètre en suivant les instructions du fabricant.
7. Rincer trois fois le gobelet avec de l'eau distillée.
8. Verser 50 mL d'eau à analyser dans le gobelet.
9. Plonger l'électrode du pH-mètre dans l'eau à analyser.
10. Brasser doucement le liquide avec le pH-mètre, sans toucher les bords ou le fond du gobelet. Attendre une minute. Si la valeur affichée par l'instrument varie encore, attendre encore une minute.
11. Inscrire la valeur de la première mesure sur la fiche de mesure.
12. Répéter la mesure deux fois à partir du point 7 en utilisant chaque fois un nouvel échantillon d'eau. Inscrire les résultats sur la fiche.
13. Rincer l'électrode à l'eau distillée et sécher. Arrêter l'appareil. Refermer le couvercle.
14. Calculer la valeur moyenne pour le pH.
15. Contrôler que les valeurs des mesures ne diffèrent pas de plus de 0.2 unités de pH par rapport à la moyenne. Si les valeurs correspondent, inscrire la moyenne sur la fiche. Si les valeurs mesurées diffèrent trop de la moyenne, répéter l'expérience. Si le problème persiste, avertissez votre maître.

Informations à l'usage des enseignants

A propos de la conductivité électrique

La précision des papiers pH et des pH-mètres dépend de la conductivité électrique de l'eau. La conductivité électrique de l'eau doit être d'au moins 200 mS/cm pour que le papier et le pH-mètre fonctionnent efficacement. Les océans et les eaux saumâtres possèdent des valeurs de conductivité bien supérieures à 200 mS/cm. Si vous n'êtes pas certain(e) que l'eau douce prélevée sur votre site d'hydrologie a une valeur de conductivité suffisamment élevée pour le procédé employé de prise de mesure (papier ou pH-mètre), prenez la mesure de la conductivité électrique avant celle du pH. Une fois que vous connaissez la conductivité électrique de l'eau, servez-vous de la procédure d'utilisation adéquate. Il existe quatre procédures d'utilisation différentes:

- Pour le papier pH employé avec de l'eau dont la conductivité électrique est supérieure à 200 mS/cm.
- Pour le papier pH employé avec de l'eau dont la conductivité électrique est inférieure à 200 mS/cm.
- Pour un pH-mètre employé avec de l'eau dont la conductivité électrique est supérieure à 200 mS/cm.
- Pour un pH-mètre employé avec de l'eau dont la conductivité électrique est inférieure à 200 mS/cm.

Si vous n'avez rien pour mesurer la conductivité électrique et que souhaitez relever le pH, les données risquent de perdre en précision. Il est donc vivement recommandé de procéder à des mesures de conductivité électrique. Si la transparence de l'eau est faible (contenant beaucoup de solides dissous), il est probable que sa conductivité soit supérieure à 200 mS/cm. Si vous vous trouvez à proximité de la source de l'eau (par exemple, de l'eau provenant de la fonte des neiges ou si vous vous trouvez à une haute altitude), vous pouvez ajouter un peu de sel, tel qu'il est indiqué dans les procédures d'utilisation du papier pH et du pH-mètre (conductivité inférieure à 200 mS/cm).

Travail préparatoire

Les élèves les plus jeunes peuvent avoir des difficultés à comprendre les concepts d'acides et de bases. Ils sont toutefois habitués aux goûts particuliers des acides, comme le jus de citron et le vinaigre, et des bases, comme le lait et le savon. Vous pouvez utiliser les activités pédagogiques du Jeu du pH pour présenter à vos élèves le concept de pH. Pour assurer la précision des données concernant le pH dans l'eau douce, il est nécessaire de procéder à une mesure de la conductivité électrique en premier lieu. Demandez à vos élèves de relire le Protocole de la conductivité électrique. Certains pH-mètres ont besoin d'être préparés avant utilisation.

Procédure à suivre pour relever les mesures

La procédure d'utilisation que vous employez dépend de la conductivité électrique de l'eau et de votre choix d'utiliser un pH-mètre ou du papier pH. Si vous êtes certain(e) que l'eau de votre site d'hydrologie a une conductivité électrique suffisamment élevée, il n'est pas nécessaire de mesurer la conductivité électrique avant le pH. Si vous n'en êtes pas certain(e), procédez à une mesure de la conductivité électrique avant celle du pH. Il va peut-être vous falloir ramener un échantillon de l'eau au laboratoire afin que la température de l'eau se situe entre 10° C et 20 °C (voir le Protocole de la conductivité électrique).

Papier pH ou pH-mètre: lequel utiliser?

Il existe deux méthodes pour mesurer le pH chez GLOBE. Avantages et inconvénients de chacune des deux méthodes:

Papier pH

Avantages

- Simplicité d'utilisation pour les jeunes enfants
- Aucun étalonnage nécessaire

Inconvénients

- Pas aussi précis qu'un pH-mètre (précision à 0,5 unités de pH près)
- Pas de compensation thermique.

Si vous achetez du papier pH pour récolter les données pour GLOBE, soyez vigilant(e) quant à la qualité du papier que vous choisissez. L'équipe d'hydrologie de GLOBE a un site Internet auquel vous pouvez accéder depuis le «Coin des scientifiques» du site Internet de GLOBE. Vous y trouverez des informations sur les papiers pH testés par les scientifiques.

pH-mètre

Avantages

- Précision à 0,1 unités de pH près
- Compensation thermique possible

N'utilisez pas un pH-mètre avec un étalonnage à un point.

Inconvénients

- Doit être étalonné avec les solutions tampons avant chaque utilisation
- Coûte plus cher que le papier pH
- L'efficacité tend à se détériorer

Les meilleurs appareils peuvent être étalonnés à deux points près et sont équipés d'un système de compensation automatique de température. Les solutions tampons peuvent être commandées sous formes liquide ou en poudre. Les solutions liquides coûtent plus cher et ont une durée de vie plus courte mais elles sont plus pratiques que les solutions tampons en poudre, qu'il faut mélanger. La plupart des pH-mètres sont alimentés par des piles plates, comme celles des montres. Bien que les piles aient une longue durée de vie quand l'appareil est éteint, il est recommandé d'avoir des piles de rechange à portée de main.

Étalonnage des pH-mètres

Votre pH-mètre doit être étalonné avant chaque utilisation. Si vous mesurez le pH sur le site d'hydrologie, le pH-mètre doit aussi être étalonné sur le site d'hydrologie. Si vous mesurez le pH dans le laboratoire, étalonnez l'appareil dans le laboratoire avant de relever les mesures. La procédure d'étalonnage varie suivant les appareils. Vous devez donc lire attentivement les instructions d'étalonnage fournies avec le pH-mètre. Ne rapportez JAMAIS des données de pH relevées avec un appareil qui n'a pas été étalonné.

Suivez les instructions fournies avec votre pH-mètre pour en conditionner l'électrode. Les électrodes de la plupart des pH-mètres doivent être plongés dans l'eau pendant au moins 30 minutes avant chaque utilisation.

Étalonnage du papier pH

Le papier pH n'a pas besoin d'être étalonné. Cependant, pour être certain que le papier pH donne des mesures correctes, vous pouvez comparer les résultats du papier pH avec ceux fournis par un pH-mètre étalonné (si vous en avez un). Si vous ne possédez pas de pH-mètre, utilisez une bande de papier pH pour tester une norme connue, comme une solution tampon pour pH ou un soda frais à température ambiante.

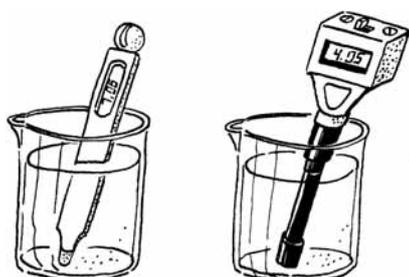
Voici quelques valeurs connues:

Coca-Cola: 2,5
RC-cola: 2,5
Mr. Pibb: 2,8
Pepsi-Cola: 2,5
Sprite: 3,2

Protocoles supplémentaires

Atmosphère et sol: Les élèves GLOBE relèvent le pH de l'eau, des précipitations et du sol. Il est intéressant pour les élèves et révélateur pour les scientifiques de réunir et comparer les trois relevés de données.

Hydrologie: Pour mieux comprendre les données de pH relevées, il peut être utile de mesurer l'alcalinité. L'alcalinité est une mesure du pouvoir tampon de l'eau, qui indique si le site sera sensible à des irrptions d'acidité. Il est également utile de connaître le type de sol ou de roche et la couverture terrestre de votre région.



Source: Jan Smolík, 1996, TEREZA, Association pour l'éducation environnementale, République Tchèque

Précautions de sécurité

Les élèves doivent porter des gants lorsqu'ils manipulent de l'eau pouvant contenir des substances potentiellement dangereuses comme des bactéries ou des déchets industriels.

ENTRETIEN DU MATÉRIEL

Papier pH

Le papier pH doit être conservé dans sa propre boîte, rangée dans un endroit sec. Il ne doit pas être conservé dans un environnement trop chaud ou trop humide. Jetez-le s'il est mouillé ou humide.

pH-mètre

1. Les pH-mètres demandent un soin méticuleux, afin de ménager leur précision et leur durée de vie.
2. Consultez le manuel pour connaître les instructions d'entretien et de conservation spécifiques à votre appareil.
3. Assurez-vous de conditionner le pH-mètre selon les instructions du fabricant et ne conservez pas l'appareil dans l'eau.
4. Eteignez-le lorsque vous ne l'utilisez pas.
5. Remettez le capuchon après utilisation afin de protéger l'électrode.
6. Ne plongez pas l'appareil entièrement dans l'eau lors de l'utilisation. Seule l'extrémité de l'appareil où se trouve l'électrode doit tremper dans l'eau.
7. Ne laissez pas l'appareil tomber et manipulez-le avec précaution. Conservez l'appareil dans un endroit sûr.
8. Si l'étalonnage n'est pas stable, le pH-mètre s'est détérioré. Certains pH-mètres fonctionneront de nouveau en leur «donnant un coup» conformément aux instructions du fabricant. Si cela reste sans effet ou s'il n'est pas possible de donner un coup sur le pH-mètre, il doit être remplacé.

Solutions tampons pour pH

1. Les solutions déjà prêtes et inutilisées peuvent être conservées pendant une année si elles ne sont pas contaminées. Conservez-les dans une bouteille soigneusement fermée.
2. Les solutions tampons en poudre qui doivent être diluées avec de l'eau peuvent être conservées pendant un mois dans une bouteille soigneusement fermée après avoir été préparées.

Questions pour la suite de l'étude

Quels changements intervenant dans votre bassin hydrographique peuvent avoir des conséquences sur les mesures de pH relevées sur le site de prélèvement de l'eau?

Quelles différences y a-t-il entre les valeurs relevées sur votre site de prélèvement et d'autres sites se trouvant dans le même bassin hydrologique?

Au pH relevé, quelle faune et quelle flore pourrait peupler l'eau que vous prélevez?

Y a-t-il des animaux et des plantes qui ne pourraient pas y vivre?

Comment vos relevés d'alcalinité peuvent-ils vous aider à comprendre ceux du pH?

Quels liens y a-t-il entre le pH de l'eau que vous avez prélevée et les pH du sol et des précipitations relevés aux alentours de votre école?

Instructions pour la mesure de l'acidité de l'eau (pH)

UTILISATION DU PAPIER PH

**Conductivité électrique supérieure
à 200 mS/cm**

Tâche

Mesurer le pH de votre échantillon d'eau à l'aide de papier pH.

Matériel nécessaire

- La Feuille de relevés de l'étude hydrologique
- des gants en latex
- du papier pH
- un stylo ou un crayon
- un bécher de 100 mL

Comment procéder?

1. Remplissez le haut de la Feuille de relevés de l'étude hydrologique.
2. Dans la section pH de la feuille de relevés, cochez la case indiquant «Papier pH».
3. Enfilez les gants en latex.
4. Rincez le bécher avec l'échantillon d'eau trois fois.
5. Remplissez le bécher à moitié avec l'échantillon d'eau.
6. Suivez les instructions fournies avec le papier pH pour tester le pH de l'échantillon.
7. Reportez le pH dans la feuille de relevés sous Observateur 1.
8. Répétez les étapes 4 à 6 en utilisant de nouveaux échantillons d'eau et de nouvelles languettes de papier pH. Reportez les données dans la feuille de relevés sous Observateur 2 et Observateur 3.
9. Calculez la moyenne de ces trois observations.
10. Vérifiez que chaque mesure se situe à plus ou moins 1,0 unité de pH de la moyenne.
Si l'une d'elle ne se situe pas à plus ou moins 1,0 unité de la moyenne, recommencez la prise de mesures. Si vos mesures ne se situent toujours pas à plus ou moins 1,0 unité de pH de la moyenne, discutez des problèmes possibles avec votre professeur.
11. Jetez le papier pH et les gants usagés dans une poubelle. Rincez le bécher à l'eau distillée.

Instructions pour la mesure de l'acidité de l'eau (pH)**UTILISATION DU PAPIER PH**

**Conductivité électrique inférieure
à 200 mS/cm**

Tâche

Utiliser le papier pH pour mesurer le pH de votre échantillon d'eau douce ayant une conductivité électrique inférieure à 200 mS/cm.

Matériel nécessaire

- La Feuille de relevés de l'étude hydrologique
- de l'essuie-tout ou du tissu ouaté propres
- le protocole de la conductivité électrique
- des gants en latex
- une petite pince
- du papier pH
- des cristaux de sel* ou du sel de table
- un bâton ou une cuiller pour mélanger
- un testeur de conductivité électrique
- un thermomètre
- deux béchers ou récipients de 100 mL
- un stylo ou un crayon.

Comment procéder?

1. Remplissez le haut de la Feuille de relevés de l'étude hydrologique. Dans la section pH de la feuille de relevés, cochez la case indiquant «Papier pH».
2. Enfilez les gants en latex.
3. Rincez la petite pince dans l'échantillon d'eau et séchez-la avec de l'essuie-tout.
4. Rincez les deux béchers ou récipients avec l'échantillon d'eau trois fois.
5. Versez dans un bécher ou un récipient environ 50 mL de l'échantillon d'eau.
6. A l'aide de la petite pince, mettez un cristal de sel dans l'échantillon d'eau. (Si vous n'avez pas de cristaux de sel, remplissez ce O de sel de table et versez cette quantité dans l'échantillon d'eau.
7. Remuez consciencieusement avec le bâton ou la cuiller.
8. Mesurez la conductivité électrique de cet échantillon d'eau traitée en vous aidant du Protocole de la conductivité électrique.
 - a. Si la conductivité électrique est d'au moins 200 mS/cm, reportez la valeur sur la Feuille de relevés. Passez à l'étape n° 9.
 - b. Si la conductivité électrique est toujours inférieure à 200 mS/cm, revenez à l'étape n° 6 et répétez-la jusqu'à ce que vous obteniez une valeur d'au moins 200 mS/cm. Reportez la valeur de conductivité sur la feuille de relevés.
9. Suivez les instructions fournies avec le papier pH pour tester le pH de l'échantillon.
10. Reportez le pH dans la feuille de relevés sous Observateur 1.
11. Répétez les étapes 3 à 9 en utilisant de nouveaux échantillons d'eau et de nouvelles languettes de papier pH. Reportez les données dans la feuille de relevés sous Observateur 2 et Observateur 3.
12. Calculez la moyenne de ces trois observations.
13. Vérifiez que chaque mesure se situe à plus ou moins 1,0 unité de pH de la moyenne. Si l'une d'elles ne se situe pas à plus ou moins 1,0 unité de la moyenne, recommencez la prise de mesures. Si vos mesures ne se situent toujours pas à plus ou moins 1,0 unité de pH de la moyenne, discutez des problèmes possibles avec votre professeur.
14. Jetez le papier pH et les gants usagés dans une poubelle. Rincez le bécher avec de l'eau distillée.

Note sur les cristaux de sel. Les cristaux d'un diamètre de 0,5 à 2,0 mm sont bien plus simples à utiliser pour travailler que le «sel de table» finement moulu qui est utilisé dans certains pays. En Amérique du Nord, les cristaux de sel les plus gros sont souvent commercialisés sous le nom générique de «sel de mer».

Foire aux questions (F.A.Q.)

1. *Pourquoi la couleur du papier pH ne correspond-elle à rien?*
La conductivité de l'eau que vous utilisez doit être trop basse (cf. Protocole de la conductivité électrique).
Le papier pH met plus de temps à réagir à l'eau si la conductivité est inférieure à 400 microSiemens/cm (mS/cm).
Si l'eau que vous utilisez a une conductivité inférieure à 300 mS/cm, certains papiers pH ne fonctionnent pas correctement.
Vos problèmes peuvent également être la conséquence d'un papier pH trop vieux ou qui n'a pas été conservé correctement.
2. *Que dois-je faire si le pH semble être entre deux des couleurs indiquées sur la boîte?*
Relevez la valeur correspondante la plus proche. C'est la raison pour laquelle nous demandons à trois élèves de réaliser l'expérience. La moyenne des trois mesures donne une valeur plus précise.

Instructions pour la mesure de l'acidité de l'eau (pH)**UTILISATION D'UN PH-METRE****Conductivité électrique supérieure
à 200 mS/cm****Tâche**

Mesurer le pH de votre échantillon d'eau à l'aide d'un pH-mètre.

Matériel nécessaire

- La Feuille de relevés de l'étude hydrologique
- un pH-mètre
- un bécher de 100 mL
- 25 mL de solution tampon pour pH 7,0 dans un bocal équipé d'un couvercle.
Une étiquette indiquant «pH 7,0» doit être apposée sur le bocal
- 25 mL de solution tampon pour pH 4,0 dans un bocal équipé d'un couvercle.
Une étiquette indiquant «pH 4,0» doit être apposée sur le bocal
- 25 mL de solution tampon pour pH 10,0 dans un bocal équipé d'un couvercle.
Une étiquette indiquant «pH 10,0» doit être apposée sur le bocal
N.B.: chaque bocal doit avoir une ouverture assez grande pour pouvoir y insérer le pH-mètre.
- de l'eau distillée dans un flacon laveur
- de l'essuie-tout ou du tissu ouaté propres
- des gants en latex
- un stylo ou un crayon

Comment procéder?

1. Remplissez le haut de la Feuille de relevés de l'étude hydrologique.
Cochez la case qui indique que vous utilisez le pH-mètre.
2. Enfilez les gants en latex.
3. Retirez le capuchon qui protège l'électrode du pH-mètre
(le bulbe en verre situé sur le pH-mètre).
4. Rincez l'électrode du pH-mètre et la zone qui l'entoure avec de l'eau distillée du flacon laveur. Essuyez le pH-mètre avec de l'essuie-tout ou du papier ouaté propres.
N.B.: Ne frottez et ne touchez jamais l'électrode avec vos doigts.
5. Rincez l'électrode avec de l'eau distillée et essuyez-la une nouvelle fois.
6. Etalonnez le pH mètre suivant les instructions du fabricant.
7. Rincez un bécher de 100 mL avec l'échantillon d'eau trois fois.
8. Versez 50 mL de l'échantillon d'eau dans le bécher de 100 mL.
9. Plongez dans l'eau la partie du pH-mètre où se trouve l'électrode.
10. Remuez une fois avec le pH-mètre. Faites en sorte que l'appareil ne touche jamais le fond ou les côtés du bécher. Patientez une minute. Si les chiffres indiqués sur le pH-mètre changent, patientez encore une minute.
11. Reportez le pH dans la feuille de relevés sous Observateur 1.
12. Répétez les étapes 3 à 10 deux fois, en utilisant de nouveaux échantillons d'eau.
Il n'est pas nécessaire d'étalonner le pH-mètre de nouveau. Reportez les valeurs de conductivité et de pH dans la feuille de relevés sous Observateur 2 et Observateur 3.
13. Vérifiez que chacune des trois observations se situe à plus ou moins 0,2 unités de la moyenne. Si elles se situent toutes dans cette fourchette, reportez la moyenne sur la feuille de relevés. Si les trois observations ne se situent pas toutes dans cette fourchette, recommencez la prise de mesure.
14. Calculez la moyenne des trois observations et reportez-la sur la feuille de relevés.
15. Rincez l'électrode avec de l'eau distillée et essuyez-la. Eteignez le pH-mètre.
Remettez le capuchon de protection sur l'électrode.
16. Si vous ne réussissez pas à obtenir des résultats se situant à plus ou moins 0,2 unités les uns des autres, discutez des problèmes possibles avec votre professeur.

Instructions pour la mesure de l'acidité de l'eau (pH)

UTILISATION D'UN PH-METRE

Conductivité électrique inférieure

à 200 mS/cm

Tâche

Utiliser un pH-mètre pour mesurer le pH de votre échantillon d'eau douce avec une conductivité électrique inférieure à 200 mS/cm.

Matériel nécessaire

- La Feuille de relevés de l'étude hydrologique
- le Protocole de la conductivité électrique
- un pH-mètre
- un testeur de conductivité électrique
- deux béchers de 100 mL
- 25 mL de solution tampon pour pH 7,0 dans un bocal ayant un couvercle. Une étiquette indiquant «pH 7,0» doit être apposée sur le bocal
- 25 mL de solution tampon pour pH 4,0 dans un bocal ayant un couvercle. Une étiquette indiquant «pH 4,0» doit être apposée sur le bocal
- 25 mL de solution tampon pour pH 10,0 dans un bocal ayant un couvercle. Une étiquette indiquant «pH 10,0» doit être apposée sur le bocal
- chaque bocal doit avoir une ouverture assez grande pour pouvoir y insérer le pH-mètre.
- un stylo ou un crayon
- une solution étalon pour tester la conductivité électrique
- de l'eau distillée dans un flacon laveur
- de l'essuie-tout ou du tissu ouaté propres
- des gants en latex
- des cristaux de sel* ou du sel de table
- une petite pince
- un bâton ou une cuiller pour mélanger
- un thermomètre

Comment procéder?

1. Remplissez le haut de la Feuille de relevés de l'étude hydrologique.
Dans la section pH de la feuille de relevés, cochez la case indiquant «Papier pH».
2. Enfilez les gants en latex.
3. Rincez la petite pince dans l'échantillon d'eau et séchez-la avec de l'essuie-tout.
4. Rincez les deux béchers ou récipients avec l'échantillon d'eau trois fois.
5. Versez dans un bécher ou un récipient environ 100 mL de l'échantillon d'eau.
6. A l'aide de la petite pince, mettez un cristal de sel dans l'échantillon d'eau.
Si vous n'avez pas de cristaux de sel, remplissez ce O de sel de table et versez cette quantité dans l'échantillon d'eau.
7. Remuez consciencieusement avec le bâton ou la cuiller.
8. Mesurez la conductivité électrique de cet échantillon d'eau traitée en vous aidant du Protocole de la conductivité électrique.
 - a. Si la conductivité électrique est d'au moins 200 mS/cm, reportez la valeur sur la feuille de relevés. Passez à l'étape n° 9.
 - b. Si la conductivité électrique est toujours inférieure à 200 mS/cm, revenez à l'étape n° 6 et répétez-la jusqu'à ce que vous obteniez une valeur d'au moins 200 mS/cm.
9. Retirez le capuchon qui protège l'électrode du pH-mètre (le bulbe en verre situé sur le pH-mètre).
10. Rincez l'électrode située sur le pH-mètre et la zone qui l'entoure avec de l'eau distillée du flacon laveur. Essuyez le pH-mètre avec de l'essuie-tout.
N.B.: Ne frottez et ne touchez jamais l'électrode avec vos doigts.
11. Rincez l'électrode avec de l'eau distillée et essuyez-la une nouvelle fois.
12. Etalonnez le pH mètre suivant les instructions du fabricant.
13. Plongez dans l'échantillon d'eau traitée la partie du pH-mètre où se trouve l'électrode.

14. Remuez une fois avec le pH-mètre. Faites en sorte que l'appareil ne touche jamais le fond ou les côtés du bécher. Patientez une minute. Si les chiffres indiqués sur le pH-mètre changent, patientez encore une minute.
15. Reportez le pH dans la Feuille de relevés sous Observateur 1.
16. Répétez les étapes 3 à 14 en utilisant de nouveaux échantillons d'eau. Il n'est pas nécessaire d'étalonner le pH-mètre de nouveau. Reportez valeurs de conductivité et de pH dans la feuille de relevés sous Observateur 2 et Observateur 3.
17. Vérifiez que chacune des trois observations se situe à plus ou moins 0,2 unités de la moyenne. Si elles se situent toutes dans cette fourchette, reportez la moyenne sur la feuille de relevés. Si les trois observations ne se situent pas toutes dans cette fourchette, recommencez la prise de mesure.
18. Calculez la moyenne des trois observations et reportez-la sur la feuille de relevés.
19. Rincez l'électrode avec de l'eau distillée et essuyez-la. Eteignez le pH-mètre. Remettez le capuchon de protection sur l'électrode.
20. Si vous ne réussissez pas à obtenir des résultats se situant à plus ou moins 0,2 unités les uns des autres, discutez des problèmes possibles avec votre professeur.

Note sur les cristaux de sel. Les cristaux d'un diamètre de 0,5 à 2,0 mm sont bien plus simples à utiliser pour travailler que le «sel de table» finement moulu qui est utilisé dans certains pays. En Amérique du Nord, les cristaux de sel les plus gros sont souvent commercialisés sous le nom générique de «sel de mer».

Foire aux questions (F.A.Q.)

1. *Qu'est-ce qui peut influencer la précision des données fournies par mon pH-mètre?*
 - Le pH-mètre ne fonctionnera pas correctement si la conductivité de l'eau est inférieure à 100 mS/cm. Cf. Protocole de la conductivité électrique.
 - Le pH-mètre doit être étalonné avant chaque utilisation.
 - Il est possible que les piles doivent être changées.
2. *La température de l'eau influence-t-elle les valeurs de pH?*

Un changement de la température de l'eau peut effectivement modifier la valeur du pH de votre eau. Etant donné que l'on cherche à connaître la valeur courante du pH, aucune rectification n'est nécessaire.

La température peut également avoir une incidence sur la performance du pH-mètre. L'électrode est conçue pour que la sensibilité à la température soit nulle quand le pH est de 7,0. A mesure que le pH s'éloigne de cette valeur, la température de l'eau influence la précision du pH-mètre. Les pH-mètres équipés de compensateurs de température automatiques (CTA) corrigent la température de l'eau lorsque le pH est inférieur ou supérieur à 7,0 avec un facteur de 0,003 unités de $\text{pH}/^\circ\text{C}/\text{pH}$ s'éloignant du pH 7,0. Ils rectifient la marge d'erreur mais ne rectifient pas les variations de pH.
3. *Une concentration en sel élevée a-t-elle une incidence sur le pH?*

La concentration en sel peut avoir une incidence sur le pH. A mesure que la concentration en sel augmente, le pH peut aussi augmenter. L'augmentation n'est pas linéaire mais elle peut être importante dans les estuaires, où la salinité varie en fonction de la marée. Il peut être utile de prendre en considération les données de salinité ou de conductivité pour comprendre les écarts entre différentes mesures de pH.
4. *Pourquoi les mesures peuvent-elles être imprécises dans de l'eau à faible conductivité?*

En mesurant la concentration d'ions d'hydrogène, on mesure en réalité le potentiel d'ions d'hydrogène. Les autres ions doivent être présents pour dépasser l'intensité nécessaire à la prise de mesure. Lorsque la concentration en est trop faible, le pH-mètre dérive lentement et si la dérive est vraiment lente, le pH-mètre s'arrête sur une mesure incorrecte.

Analyse des résultats

Les données sont-elles raisonnables?

Les valeurs de pH de votre site d'hydrologie dépendent de la géologie, du sol et de la végétation présents dans votre bassin hydrologique ainsi que d'autres facteurs influant sur votre site d'hydrologie. La provenance des masses d'air peut avoir une incidence sur le pH de l'eau. De nombreux sites hydrologiques sont légèrement acides, avec des valeurs comprises entre 5,0 et 7,0. Les zones où les dépôts de calcaire ou d'autres formes de roches faites de carbonate de calcium sont plus basiques, avec des valeurs comprises entre 7,0 et 9,0. Les océans sont bien tamponnés et leur pH se situe à une valeur constante d'environ 8,2.

Lorsqu'on étudie les relevés de pH dans la base de données de GLOBE, il est important de garder en tête les différents outils que les élèves ont utilisés. Les écoles primaires utilisant du papier pH semblent présenter des relevés de pH plus variables. Leurs données peuvent varier d'une demi unité, voire d'une unité entière de pH d'une semaine à l'autre, puisque le papier ne mesure qu'à 0,5 unités près.

Que recherchent les scientifiques dans les relevés?

Etant donné que la plupart des organismes sont sensibles aux variations de pH dans l'eau, les scientifiques surveillent les augmentations ou les baisses anormales de pH sur un même site d'hydrologie. Le pH ne varie normalement pas énormément, bien qu'il existe des tendances suivant les saisons, en raison des variations de température, de la configuration des précipitations ou de la couverture terrestre.

L'alcalinité sert de tampon contre les pénétrations acides à l'intérieur d'une masse d'eau. Une baisse soudaine du pH doit correspondre à une alcalinité décroissante.

Les eaux dont l'alcalinité est plus importante doivent subir une baisse moins importante de leur pH si elles ont reçu un afflux d'acide, comme une pluie acide.

Exemple de projet

Formulation d'une hypothèse

Un élève étudie le pH des cours d'eau et des lacs en Europe. Il sait que la majeure partie de l'acidité présente dans l'eau provient des pluies acides. Les pluies acides peuvent être réparties de manière aléatoire tout au long de l'année, en raison de la variation des quantités de précipitations selon la saison et de l'orientation des vents dominants. Il émet l'hypothèse que la tendance sur une année pourrait être étudiée à partir des relevés de pH de certains sites hydrologiques en Europe.

Recueil et analyse des données

Sa première tâche sera de trouver une zone qui est susceptible d'être sujette aux pluies acides. Après avoir fait une recherche, l'élève découvre que le nord-ouest de l'Europe est la partie du continent la plus sujette aux pluies acides. Il est très probable que, dans cette zone, l'eau des lacs et des cours d'eau soit assez acide.

Il commence par étudier la carte de l'Europe de GLOBE. Il réalise des cartes en indiquant les moyennes mensuelles de pH pour cette région depuis 2001 (Illustration HY-pH-1). Il remarque que certaines écoles de Scandinavie semblent présenter une variation de pH sur l'année. Ensuite, il examine chaque école scandinave une par une en réalisant un graphique GLOBE pour chaque école. Il choisit quatre écoles qui semblent présenter la plus forte variation de pH. Les écoles qu'il choisit sont: Husbyskolan de Kista (Suède); St. Eriks Gymnasium de Stockholm (Suède); Sem skole (13 à 16 ans) de Sem (Norvège) et Vang barne-og ungdomsskule (6 à 16 ans) de Valdres (Norvège). Les graphiques réalisés pour ces écoles sur la période de 1999 à 2002 sont reproduits dans l'illustration HY-pH-2. Il ressort de ces graphiques que les valeurs de pH sont supérieures en été et inférieures en hiver pour chaque site choisi.

Afin d'examiner ces résultats plus attentivement, l'élève reporte les données de ces graphiques dans un tableur (Tableau HY-pH-1, colonnes 1 à 5). Il calcule ensuite la moyenne annuelle du pH pour chaque école. Puis il crée une colonne (tableau HY-pH-1, dernière colonne) pour chaque école dont une des données s'écarte des moyennes calculées:

$\text{Ecart} = \text{pH observé} - \text{pH moyen}$

L'élève peut ensuite compter le nombre d'écarts positifs et négatifs pour chaque mois à partir des données obtenues et les reporter dans le tableau HY-pH-2.

En étudiant les données de cette manière, l'élève peut voir que les mois de décembre à mars présentent plus souvent des écarts négatifs que des écarts positifs.

Les écarts négatifs se situent en dessous de la moyenne, tandis que les écarts positifs se situent au dessus de la moyenne. Ainsi, entre décembre et mars, le pH était généralement inférieur à la valeur de pH moyenne. Les mois de mai à octobre présentent plus d'écarts positifs par rapport à la moyenne, que d'écarts négatifs, ce qui indique que le pH était plus élevé que celui de la valeur moyenne. Les mois d'avril à novembre présentent des écarts positifs et négatifs quasi nuls.

Il en conclut qu'en Scandinavie, les mois les plus froids présentent des valeurs de pH inférieures à la moyenne et que les mois d'été présentent des valeurs de pH supérieures à la moyenne. Ainsi, l'hypothèse de l'élève était correcte: une variation de pH sur l'année peut être détectée dans les écoles GLOBE d'Europe du Nord.

Etude approfondie

L'élève souhaiterait étudier ce cas plus en profondeur et déterminer si ces découvertes peuvent être expliquées au moyen des relevés de pH et de la configuration des pluies et des précipitations



Mesure de l'alcalinité de l'eau

Pourquoi mesurer l'alcalinité de l'eau?

L'alcalinité et le pH sont deux caractéristiques importantes de l'eau: elles sont liées, mais différentes. L'alcalinité est la mesure de la capacité de l'eau à absorber des acides, tandis que le pH est la mesure de l'acidité de l'eau (voir documents sur le pH). Le pH est un paramètre primordial pour définir la qualité de l'eau. Beaucoup de plantes et d'animaux ont des besoins très spécifiques en matière de pH; des changements soudains ou des valeurs extrêmes de pH leur nuisent. Comment le pH de l'eau varie-t-il, lorsqu'on y ajoute de l'acide? Le résultat dépend de l'alcalinité de l'eau et de la quantité d'acide ajoutée.

On mesure l'alcalinité par la quantité de carbonate de calcium (CaCO_3) contenue dans l'eau. Pourtant, d'autres substances modifient aussi l'alcalinité. Les unités de mesure de l'alcalinité sont: soit la partie par million (ppm), soit le milligramme par litre (mg/L). Ces unités sont équivalentes: 1 ppm = 1 mg/L.

Imaginons un échantillon d'eau très alcalin. Quand on y ajoute de l'acide, l'alcalinité *neutralise* l'acide. Ce phénomène utilise de l'alcalinité. Il en reste donc moins dans l'eau. Plus on ajoute de l'acide, plus l'alcalinité baisse. Enfin, quand l'alcalinité est très faible, l'ajout d'acide fait diminuer le pH.

Lorsque l'alcalinité de l'eau est forte, il s'agit d'une *solution tampon*. Son pH ne diminue pas ou peu, quand elle se mélange à de l'eau acide, comme la pluie ou la neige fondue. L'alcalinité provient des roches décomposées, - surtout du calcaire (CaCO_3) - et des sols. Elle imprègne naturellement l'eau qui est en contact avec les rochers ou avec le sol. L'eau dissout le CaCO_3 , et l'emporte dans le courant, jusqu'aux cours d'eau et aux lacs. Dans les régions riches en calcaire, les lacs et les cours d'eau auront tendance à avoir une forte alcalinité. Contrairement aux zones où les roches contiennent moins de carbonate.

Quand l'eau a une alcalinité en dessous de 100 mg de CaCO_3 par litre, on dit que son *pouvoir tampon est faible*. Dans ce genre de systèmes, l'équilibre est fragile: de fortes précipitations ou la fonte des neiges ajoutent assez d'acide à l'eau pour faire diminuer son pH. De tels changements peuvent être nuisibles aux plantes et aux animaux qui vivent dans cet environnement, particulièrement à certains moments de l'année (par exemple, quand les œufs des poissons et les larves des insectes éclosent).

Fiche de protocole sur la mesure de l'alcalinité de l'eau

Tâche

Mesurer l'alcalinité d'un échantillon d'eau.

Durée de l'expérience

15 minutes, Contrôle de qualité: 20 minutes

Fréquence des mesures

Hebdomadaire

Procédure de contrôle de qualité: tous les six mois

Vue d'ensemble

Les étudiants utilisent un coffret pour mesurer l'alcalinité de l'eau prélevée sur leur site d'hydrologie. La procédure dépend des instructions données pour le coffret de mesure de l'alcalinité.

Matériel et documents

- Coffret de mesure de l'alcalinité
- Fiches de relevé des données pour les expériences d'hydrologie
- Guide de préparation d'un étalon pour l'alcalinité (bicarbonate de soude, facultatif)
- Guide de terrain sur le protocole de mesure de l'alcalinité
- Eau distillée dans une pissette
- Gants en latex
- Lunettes de protection

Pour le contrôle de qualité: le matériel cité ci-dessus ainsi que:

- Un étalon pour mesurer l'alcalinité
- Fiche d'information sur le contrôle de qualité pour les recherches hydrologiques
- Guide du contrôle de qualité pour la mesure de l'alcalinité

Objectifs d'apprentissage

Les étudiants apprendront ainsi à:

- Utiliser un coffret de mesure pour l'alcalinité
- Rechercher les causes des variations d'acidité décelées dans l'eau
- Saisir la différence entre acidité et pH
- Échanger et communiquer les résultats de leurs expériences avec d'autres écoles GLOBE
- Collaborer avec d'autres écoles GLOBE, du même pays ou de pays différents
- Partager leurs observations en les transmettant aux archives de GLOBE

Compétences requises pour pratiquer les mesures

- Utiliser un test chimique pour mesurer l'alcalinité
- Mettre sur pied et conduire une expérience scientifique
- Se servir des notions de mathématiques adéquates pour analyser les données
- Fournir des descriptions et des explications, et pouvoir les justifier
- Reconnaître et analyser des alternatives (autres possibilités)
- Transmettre une marche à suivre et des explications

Niveau scolaire requis

Tous les niveaux

Guide de terrain pour l'alcalinité (effet tampon)



Tâche

Mesurer l'alcalinité (dureté) de l'eau.

Matériel nécessaire

- Fiche mesure de l'Alcalinité
- Pissette d'eau distillée
- Gants de protection
- Lunettes de protection
- Kit d'analyse de l'alcalinité
- Crayons ou stylos

Sur le site de mesure

1. Compléter la *Fiche de mesure Hydrologie* en indiquant vos noms, la date et le nom du site.
2. Mettre les gants et les lunettes de protection.
3. Mesurer l'alcalinité de l'eau en suivant les instructions du fabricant du nécessaire d'analyse.
4. Inscrire la valeur mesurée sur la *Fiche de mesure Hydrologie*.
5. Répéter la mesure deux fois avec de l'eau fraîchement prélevée.
6. Inscrire les valeurs mesurées par les expérimentateurs 2 et 3.
7. Calculer la moyenne des trois mesures.
8. Vérifier que chacune des mesures soit comprise dans l'intervalle de tolérance défini par le fabricant du set d'analyse.
9. Si l'une des mesures diffère trop de la marge acceptable, rejetez-la, et calculez la moyenne sur les deux autres valeurs.
10. Si les deux valeurs restantes sont comprises dans la marge de tolérance, inscrivez les sur la fiche.
11. Si plus de deux mesures sont hors des limites acceptables, recommencez l'analyse à partir du point 3.

Préparation

Suggestion d'activité: lecture du guide en ligne *Exercices sur la mesure de l'alcalinité*.

Conditions préalables

Il est essentiel de présenter les consignes de sécurité à respecter lors de l'utilisation de tests chimiques!

Informations à l'usage des enseignants

Préparation préalable

Les activités pédagogiques des *Exercices sur l'alcalinité* aideront vos élèves à identifier les variables qui pourraient influencer leurs mesures.

Pensez à effectuer un contrôle de qualité si cela n'a pas été fait depuis plus de six mois.

Marche à suivre

Le principe des coffrets-tests d'alcalinité consiste à plonger un indicateur coloré de pH dans l'échantillon, puis à ajouter goutte par goutte un acide titrant, jusqu'à ce qu'on assiste à un changement de couleur de l'indicateur.

Pour obtenir des mesures de qualité, les étudiants doivent respecter un certain nombre de consignes:

1. Assurez-vous que les étudiants aient lu et compris les instructions avant qu'ils ne commencent l'expérience.
2. Prenez les mesures avec minutie. Placez l'éprouvette à hauteur de vos yeux pour lire les volumes. Basez-vous sur la partie inférieure du ménisque (surface concave de l'eau).
3. Si vous utilisez un titreux, assurez-vous que les mesures sont prises correctement et que les étudiants sont familiers aux unités utilisées. La plupart des coffrets contiennent des explications d'utilisation.
4. Veillez à maintenir la pipette (compte-gouttes) en position verticale, afin que toutes les gouttes soient de la même taille.
5. Pendant le contrôle de qualité et l'expérience elle-même, soyez attentif à noter exactement la nuance de couleur qui donne l'alcalinité correcte. Dans de nombreux coffrets, c'est une couleur intermédiaire durant le changement qui indique la bonne alcalinité, et pas la couleur finale. C'est notamment le cas du coffret de La Motte. Pour cette sorte de coffrets, consultez le titreux ou notez le nombre de gouttes versées quand vous pensez que le changement de couleur pourrait advenir d'un moment à l'autre. Ainsi, vous aurez la mesure exacte qui correspond au bon changement de couleur. Quant aux coffrets qui ne changent qu'une seule fois de couleur pendant le titrage, ajoutez une goutte supplémentaire pour vérifier si la couleur se modifie encore. Si tel n'est pas le cas, le nombre correct de gouttes est celui que vous aviez noté précédemment.

Contrôle de qualité

Deux possibilités s'offrent à vous: préparer votre propre étalon grâce au Guide de préparation d'un étalon pour mesurer l'alcalinité (bicarbonate de soude), ou acheter une solution-étalon prête à l'emploi. N'oubliez pas de préciser le type d'étalon choisi dans la Fiche d'information sur le contrôle de qualité pour les recherches hydrologiques.

L'alcalinité de l'étalon de bicarbonate de soude est d'environ 84 mg/L.

Ce nombre est le résultat de la somme de l'alcalinité du bicarbonate seul (70 mg/L) et de l'eau distillée (14 mg/L, voire moins).

$$70 \text{ mg/L} + 14 \text{ mg/L} = 84 \text{ mg/L}$$

La pureté de l'eau distillée varie fortement selon les régions; c'est pourquoi son alcalinité n'est pas fixe. Malheureusement, la plupart des tests ne fournissent pas de mesures exactes pour des échantillons dont l'alcalinité est très faible – c'est-à-dire en dessous de 30 mg/L.

Il est alors difficile de déterminer précisément l'alcalinité de votre eau distillée, et donc de votre étalon. Pour compenser cette imprécision, l'alcalinité de votre étalon de bicarbonate devrait être de 84 mg/L \pm 10 mg/L. Si vous mesurez une alcalinité inférieure à 74 mg/L ou supérieure à 94 mg/L pour votre solution de bicarbonate, préparez un nouvel étalon en vous concentrant sur les poids et les dilutions correctes. Si votre marge d'erreur dépasse à nouveau les 10 mg/L, il se peut que vous deviez remplacer les réactifs de votre coffret. Les étalons d'alcalinité prêts à l'emploi ont une mesure exacte. Pendant le contrôle de qualité, votre résultat final devrait être la mesure précise de votre étalon plus ou moins la marge maximale acceptée pour votre coffret de test.

Précision des tests d'alcalinité

Les divers tests disponibles ne sont pas tous aussi précis. Le tableau ci-dessous donne les marges maximales acceptées pour quelques tests courants.

| | |
|----------|--------------------------------------|
| La Motte | 8 mg/L |
| Hach | 6.8 mg/L (marge minimale, 0–10 mg/L) |
| | 17 mg/L (marge maximale, 0–50 mg/L) |

Si votre test ne figure pas dans ce tableau et que vous n'êtes pas sûr de sa marge, contactez le coordinateur GLOBE de votre pays et faites-lui parvenir le nom du fabricant et le modèle de votre test.

Consignes de sécurité

- Les étudiants doivent porter des gants pendant qu'ils manipulent des substances chimiques et de l'eau qui pourrait contenir des substances potentiellement dangereuses.
- Les étudiants doivent porter des lunettes de protection à chaque fois qu'ils travaillent avec des produits chimiques.
- Il est indispensable de consulter les autorités locales quant au dispositif d'élimination des substances utilisées.

Conseils pratiques

L'alcalinité est directement liée au pH: les eaux les plus alcalines résistent mieux à l'afflux d'acide et sont moins sujettes aux variations de *pH*. C'est pourquoi il est important de disposer de mesures de pH exactes pour pouvoir les comparer aux résultats d'alcalinité. Certains paramètres de l'atmosphère, particulièrement les précipitations et la température, peuvent aussi influencer l'interprétation de vos données. De fortes pluies ou la fonte des neiges engendrent un afflux d'eau douce dans le système, ce qui peut faire diminuer l'alcalinité de l'eau.

De plus, des connaissances en géologie – notamment sur les types de sols typiques de votre région – peuvent s'avérer utiles lors de l'analyse de vos résultats.

Astuce pratique

Si vos étudiants utilisent plusieurs coffrets, marquez d'un point de couleur chaque objet d'un même coffret. Choisissez une couleur différente pour chaque coffret, ce qui vous évitera d'échanger des titrateurs ou des produits appartenant à des coffrets différents.

Entretien du matériel

1. Conservez les tests d'alcalinité dans un endroit sec, à l'abri de la chaleur.
2. Veillez à ce que tous les produits chimiques soient hermétiquement fermés.
3. Stockez les produits chimiques dans un endroit sec, non exposé à des températures extrêmes. Lorsqu'elles ne sont pas contaminées, les substances peuvent se conserver pendant un an.
4. Conservez l'étalon d'alcalinité au réfrigérateur après l'avoir ouvert. Après une année, jetez-le.
5. Ôtez la pipette du titrateur, afin que la partie en caoutchouc ne reste pas bloquée dans le cylindre.

Quelques questions d'approfondissement

- Quelles relations y a-t-il entre les variations de pH et d'alcalinité sur votre site?
- Quelle influence peuvent avoir les types de roches et de sols sur l'alcalinité de votre bassin hydrographique?
- Selon vous, quels facteurs observés dans votre environnement pourraient être la cause des variations de l'alcalinité?
- Sur votre site, l'alcalinité se modifie-t-elle régulièrement selon les saisons? Est-ce aussi le cas sur d'autres sites?

Analyse des résultats**Les résultats obtenus sont-ils raisonnables?**

Les mesures d'alcalinité peuvent varier entre 0 ppm et plus de 500 ppm, mais la plupart des points d'eau ont une alcalinité comprise entre 40 et 300 ppm. Quand vous découvrez des mesures étonnantes, leur explication vient souvent des caractéristiques du site. Si des étudiants mesurent une alcalinité proche de zéro pendant plusieurs mois sur leur site, et que soudain ils trouvent un résultat de 300 ppm, ils devraient s'interroger sur cette grande différence et faire des recherches plus approfondies. D'autres sites peuvent connaître naturellement de grandes variations d'alcalinité, dues aux précipitations, à la fonte des neiges ou à d'autres facteurs intervenant dans le système.

Qu'est-ce qui intéresse les scientifiques dans ces résultats?

Les scientifiques s'intéressent à la capacité d'un point d'eau à résister à l'ajout d'acide. Les cours d'eau naturellement peu alcalins sont plus sensibles aux changements: leur pH pourrait baisser dangereusement à cause d'un ajout relativement petit d'acide. Des scientifiques pourraient également faire des recherches sur les zones qui connaissent de grandes variations d'alcalinité, car les sites de cette sorte peuvent supporter des quantités d'acide importantes. Même si un cours d'eau a un taux d'alcalinité qui l'aide à absorber de l'acide, après un certain temps, l'acide finira par neutraliser l'alcalinité et faire diminuer le pH.

Exemple de projet

Formuler une hypothèse

Une élève examine les mesures d'alcalinité d'un point d'eau collectées par une classe de l'école de *Crescent Elk* en Californie. Le site d'hydrologie SWS-02 est une petite crique remplie d'eau douce nommée *Elk Creek*. Malgré plusieurs écarts dans les mesures, l'élève remarque que les valeurs pour l'alcalinité semblent être plus élevées en été et plus basses en hiver. Elle sait que les précipitations peuvent modifier l'alcalinité, et décide alors de présenter sur le même graphique les mesures de précipitations et d'alcalinité (voir graphique HY-AL-1). On y voit clairement que les précipitations sont très hautes de novembre à mars, et qu'elles sont au plus bas de juillet à août. L'étudiante formule l'hypothèse suivante: *à Elk Creek, l'alcalinité est plus forte quand les précipitations sont faibles, et plus faible quand les précipitations sont hautes.*

Recueillir les données

En examinant les données de chaque jour, l'étudiante remarque que trois points d'alcalinité sont particulièrement bas. Le 15 août 1997, la mesure était de 1 mg/L, alors que pour les 15 et 18 septembre 1998, elle était de 9 mg/L. Ces résultats sont largement en dessous du reste des mesures, mais l'étudiante décide de continuer son analyse, en espérant que toutes les données soient correctes.

Pour mettre les relations en évidence, elle veut éliminer les écarts trop importants dans les graphiques. Elle produit alors un nouveau graphique, en présentant la moyenne mensuelle des précipitations et l'alcalinité moyenne des cinq dernières années, entre 1997 et 2001 (voir graphique HY-AL-2). Ensuite, elle télécharge les données mensuelles (total des précipitations, nombre de jours de pluie, alcalinité moyenne et nombre de jours où l'alcalinité a été mesurée) à partir de la base de données GLOBE et les insère dans un tableur.

Analyser les données

L'étudiante remarque que les mesures de précipitations n'ont pas été prises tous les jours pour chaque mois. Au lieu d'analyser le total mensuel des précipitations, elle pense qu'il est préférable d'examiner la moyenne des précipitations par jour. Elle suppose donc que les jours pour lesquels il n'existe pas de données ont à peu près les mêmes précipitations que le reste du mois. L'étudiante calcule cette moyenne en divisant la quantité totale de précipitations (en mm) par le nombre de jours.

Exemple:

la quantité totale des précipitations pour le mois d'avril 1997 était de 113.4 mm.

Les mesures ayant été prises sur 30 jours, la moyenne des précipitations est donc égale à 3.8 mm/j (millimètres par jour), puisque $113.4 / 30 = 3.78$.

Ensuite, l'étudiante élimine les mois pour lesquels il n'existe pas de mesures des précipitations ou de l'alcalinité. Pour 6 mois sur 60, il n'y a pas de mesure moyenne de l'alcalinité, et pour 3 mois sur 60, pas de total des précipitations. De plus, aucune des deux mesures n'a été reportée pour octobre 2000. Il lui reste donc 50 mois à analyser après avoir éliminé ces dix mois.

L'étudiante classe ses données selon les précipitations, comme dans le graphique HY-AL-1. Elle calcule la moyenne des précipitations et de l'alcalinité pour des groupes de 10 mois. Les 10 mois où l'on a observé les précipitations les plus abondantes sont novembre (1 fois), décembre (2 fois), janvier (3 fois), février (3 fois) et mars (1 fois). La moyenne des précipitations pour ces mois est de 12,7 mm/j. Quant à l'alcalinité, elle varie entre 55 et 72 mg/L, avec une moyenne de 66 mg/L. À mesure que les précipitations baissent pour les 3 groupes de 10 mois suivants (5.5, 3.3 puis 1.4 mm/j), l'alcalinité moyenne oscille: 74, 76 et 78 mg/L. Pendant les 10 mois recevant le moins de précipitations (0.1 mm/j), l'alcalinité varie entre 66 et 99 mg/L, avec une moyenne de 86 mg/L. Ces mois «secs» sont juin (1 fois), juillet (3 fois), août (4 fois) et septembre (2 fois). Ainsi, l'étudiante a vérifié que l'alcalinité est en moyenne plus haute pendant les mois «secs» que pendant les mois à fortes précipitations.

Ensuite, elle reprend les mêmes données et les classe selon leur alcalinité. Elle calcule de nouveau des moyennes sur 10 mois, comme illustré dans le graphique HY-AL-2. Ces nouveaux calculs confirment la tendance: pour des alcalinités moyennes de 94, 81, 75, 70 et 61 mg/L, les précipitations moyennes sont respectivement de 1.6, 2.7, 3.5, 6.5 et 8.7 mm/j. Généralement, les mesures d'alcalinité les plus hautes vont de juin à septembre (les mois de juin et d'avril sont toutefois cités une fois chacun).

Les moyennes mensuelles des précipitations, y compris les 10 mesures les plus hautes, varient entre 0 et 4.4 mm/j. Sur les 10 mesures d'alcalinité les plus basses, huit ont été enregistrées de novembre à mars, et deux en mai et en août, deux mois à faibles précipitations.

Les moyennes mensuelles des précipitations varient entre 0 (valeur minimale) et 16.9 mm/j (valeur maximale).

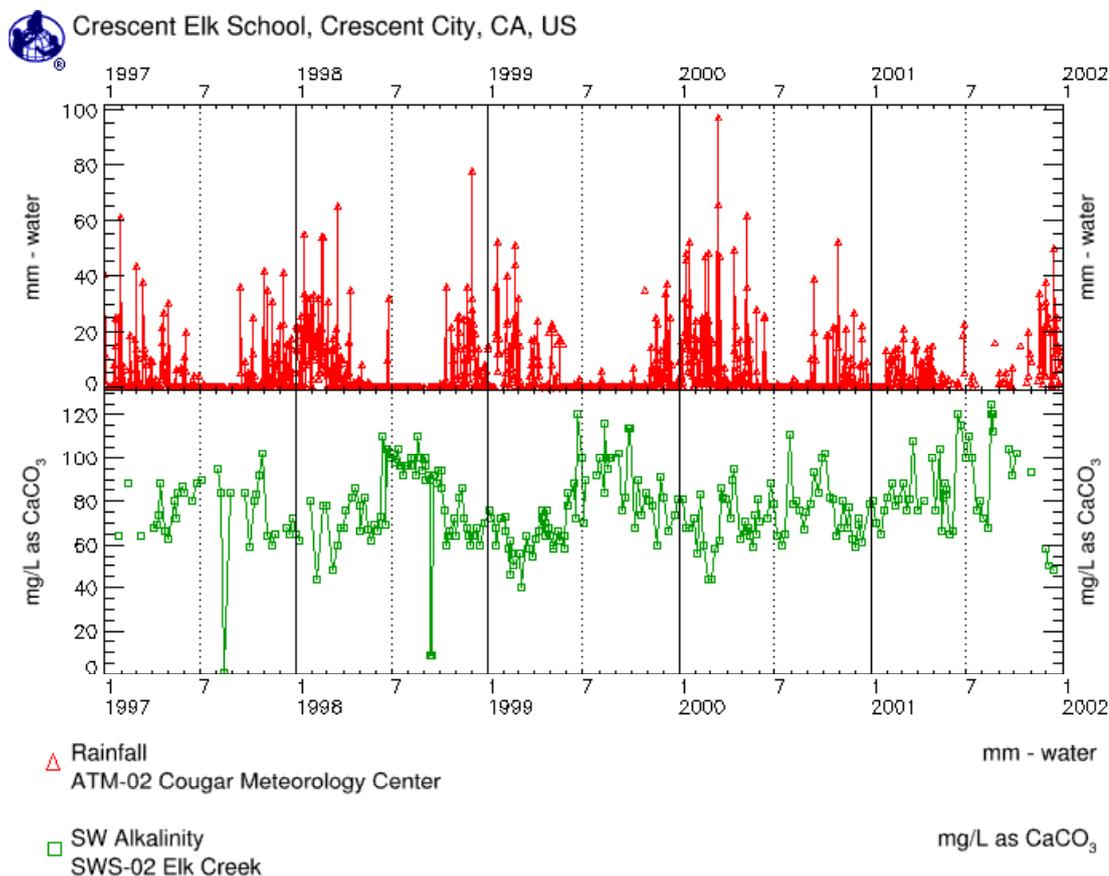
L'étudiante se dit qu'elle a recueilli assez d'informations pour soutenir son hypothèse. Elle imprime ses graphiques et ses tableaux, écrit un rapport sur ses résultats et publie le tout sur le site Internet de GLOBE, sous la rubrique *Résultats des expériences*.

Réflexion pour des recherches complémentaires

Par ailleurs, cette étudiante doit tenir compte d'autres facteurs: dans quelle mesure le point d'eau est affecté par la fonte des neiges? Quelle importance ont les chutes de neige sur les précipitations totales de cette zone? A quel point la fonte des neiges du printemps modifie l'alcalinité durant les mois à faibles précipitations?

Tout au long de l'année, le site étudié a une alcalinité plutôt faible (moins de 100 mg/L de CaCO_3). Un site avec une alcalinité plus haute subirait-il autant de changements? Et qu'en serait-il d'un site avec des précipitations saisonnières?

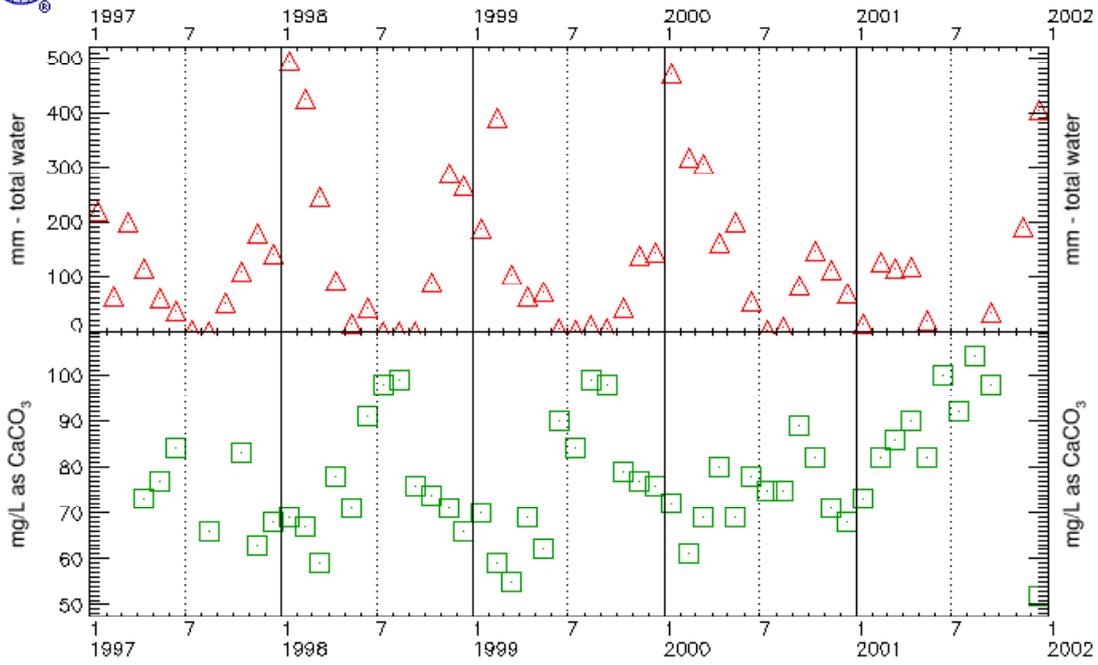
Graphique HY-AL-1



Graphique HY-AL-2



Crescent Elk School, Crescent City, CA, US



- ▲ Rainfall (Monthly Total)
ATM-02 Cougar Meteorology Center
- Monthly Ave. SW Alkalinity
SWS-02 Elk Creek

mm - total water

mg/L as CaCO₃

Tableau HY-AL-1:

Moyennes des précipitations mensuelles, 1997–2001, en ordre décroissant

| Mois | Moyenne des précipitations journalières (mm/jour) | Précipitations moyennes sur 10 mois | Alcalinité moyenne mg/L de CaCO ₃ | Alcalinité moyenne sur 10 mois | Mois | Précipitations moyennes sur 10 mois | Moyenne des précipitations sur 10 mois | Alcalinité moyenne mg/L de CaCO ₃ | Alcalinité moyenne sur 10 mois |
|-----------|---|-------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-------------------------------------|--|--|--------------------------------|
| Déc - 01 | 16.9 | 12.7 | 52 | 66 | Mai - 99 | 2.3 | 1.4 | 62 | 76 |
| Jan - 98 | 16.0 | | 69 | | Déc - 00 | 2.2 | | 68 | |
| Fév - 98 | 15.8 | | 67 | | Avr - 99 | 1.9 | | 69 | |
| Jan - 00 | 15.2 | | 72 | | Juin - 00 | 1.8 | | 78 | |
| Fév - 99 | 13.9 | | 59 | | Oct - 99 | 1.5 | | 79 | |
| Fév - 00 | 10.9 | | 61 | | Juin - 98 | 1.4 | | 91 | |
| Nov - 98 | 10.7 | | 71 | | Juin - 97 | 1.4 | | 84 | |
| Mars - 00 | 10.2 | | 69 | | Mai - 01 | 0.8 | | 82 | |
| Jan - 99 | 9.0 | | 70 | | Mai - 98 | 0.4 | | 71 | |
| Déc - 98 | 8.8 | | 66 | | Jan - 01 | 0.4 | | 73 | |
| Mars - 98 | 7.7 | 5.5 | 59 | 74 | Aoû - 99 | 0.4 | 0.1 | 99 | 86 |
| Mai - 00 | 6.4 | | 69 | | Aoû - 00 | 0.3 | | 75 | |
| Nov - 97 | 6.4 | | 63 | | Juin - 99 | 0.2 | | 90 | |
| Avr - 00 | 5.3 | | 80 | | Sep - 99 | 0.1 | | 98 | |
| Nov - 99 | 5.3 | | 77 | | Juil - 00 | 0.1 | | 75 | |
| Déc - 99 | 4.9 | | 76 | | Juil - 99 | 0.0 | | 84 | |
| Oct - 00 | 4.9 | | 82 | | Aoû - 97 | 0.0 | | 66 | |
| Déc - 97 | 4.7 | | 68 | | Juil - 98 | 0.0 | | 98 | |
| Fév - 01 | 4.5 | | 82 | | Aoû - 98 | 0.0 | | 99 | |
| Mars - 01 | 4.4 | | 86 | | Sep - 98 | 0.0 | | 76 | |
| Mars - 99 | 4.3 | 3.3 | 55 | 79 | | | | | |
| Avr - 01 | 3.9 | | 90 | | | | | | |
| Avr - 97 | 3.8 | | 73 | | | | | | |
| Nov - 00 | 3.7 | | 71 | | | | | | |
| Oct - 97 | 3.5 | | 83 | | | | | | |
| Oct - 98 | 3.2 | | 74 | | | | | | |
| Avr - 98 | 3.1 | | 78 | | | | | | |
| Sep - 00 | 2.8 | | 89 | | | | | | |
| Sep - 01 | 2.4 | | 98 | | | | | | |
| Mai - 97 | 2.3 | | 77 | | | | | | |

Tableau HY-AL-2:

Moyennes mensuelles pour l'alcalinité, 1997-2001, en ordre décroissant

| Mois | Moyenne des précipitations journalières (mm/jour) | Précipitations moyennes sur 10 mois | Alcalinité moyenne mg/L de CaCO ₃ | Alcalinité moyenne sur 10 mois | Mois | Précipitations moyennes sur 10 mois | Moyenne des précipitations sur 10 mois | Alcalinité moyenne mg/L de CaCO ₃ | Alcalinité moyenne sur 10 mois |
|-----------|---|-------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-------------------------------------|--|--|--------------------------------|
| Aoû - 99 | 0.4 | 1.6 | 99 | 94 | Nov - 98 | 10.7 | 6.5 | 71 | 70 |
| Aoû - 98 | 0.0 | | 99 | | Nov - 00 | 3.7 | | 71 | |
| Sep - 01 | 2.4 | | 98 | | Mai - 98 | 0.4 | | 71 | |
| Sep - 99 | 0.1 | | 98 | | Jan - 99 | 9.0 | | 70 | |
| Juil - 98 | 0.0 | | 98 | | Jan - 98 | 16.0 | | 69 | |
| Juin - 98 | 1.4 | | 91 | | Mars - 00 | 10.2 | | 69 | |
| Avr - 01 | 3.9 | | 90 | | Mai - 00 | 6.4 | | 69 | |
| Juin - 99 | 0.2 | | 90 | | Avr - 99 | 1.9 | | 69 | |
| Sep - 00 | 2.8 | | 89 | | Déc - 97 | 4.7 | | 68 | |
| Mars - 01 | 4.4 | | 86 | | Déc - 00 | 2.2 | | 68 | |
| Juin - 97 | 1.4 | 2.7 | 84 | 81 | Fév - 98 | 15.8 | 8.7 | 67 | 61 |
| Juil - 99 | 0.0 | | 84 | | Déc - 98 | 8.8 | | 66 | |
| Oct - 97 | 3.5 | | 83 | | Aoû - 97 | 0.0 | | 66 | |
| Oct - 00 | 4.9 | | 82 | | Nov - 97 | 6.4 | | 63 | |
| Fév - 01 | 4.5 | | 82 | | Mai - 99 | 2.3 | | 62 | |
| Mai - 01 | 0.8 | | 82 | | Fév - 00 | 10.9 | | 61 | |
| Avr - 00 | 5.3 | | 80 | | Fév - 99 | 13.9 | | 59 | |
| Oct - 99 | 1.5 | | 79 | | Mars - 98 | 7.7 | | 59 | |
| Avr - 98 | 3.1 | | 78 | | Mars - 99 | 4.3 | | 55 | |
| Juin - 00 | 1.8 | | 78 | | Déc - 01 | 16.9 | | 52 | |
| Nov - 99 | 5.3 | 3.3 | 77 | 75 | | | | | |
| Mai - 97 | 2.3 | | 77 | | | | | | |
| Déc - 99 | 4.9 | | 76 | | | | | | |
| Sep - 98 | 0.0 | | 76 | | | | | | |
| Aoû - 00 | 0.3 | | 75 | | | | | | |
| Juil - 00 | 0.1 | | 75 | | | | | | |
| Oct - 98 | 3.2 | | 74 | | | | | | |
| Avr - 97 | 3.8 | | 73 | | | | | | |
| Jan - 01 | 0.4 | | 73 | | | | | | |
| Jan - 00 | 15.2 | | 72 | | | | | | |



Mesure de la teneur en oxygène dissous de l'eau

Pourquoi mesurer la quantité d'oxygène dissous de l'eau?

Le protocole de mesure de l'oxygène dissous de GLOBE mesure le taux d'oxygène moléculaire (O_2) dissous dans l'eau. Il ne mesure pas le taux d'oxygène dans la molécule d'eau (H_2O). Les élèves confondent souvent l'oxygène qui fait partie de la molécule d'eau (le «O» de H_2O) et l'oxygène dissous (O_2).

Tout comme les animaux terrestres, les animaux aquatiques ont besoin d'oxygène moléculaire pour respirer. Cependant, il y a beaucoup plus d'oxygène disponible pour que la respiration des animaux dans l'atmosphère que dans l'eau. Environ 20% des molécules d'air sont de l'oxygène moléculaire. Dans l'eau, en revanche, sur un million de molécules d'eau, on compte seulement cinq ou six molécules d'oxygène. Le taux d'oxygène dissous dans l'eau détermine le *biote*. Certains animaux comme le *saumon* et la larve d'*éphémère* ont besoin d'un taux d'oxygène plus élevé que d'autres (le *poisson-chat* et la *sangsue* par exemple).

Le taux d'oxygène dissous qui est présent dans l'eau (sous des conditions particulières) est appelé la solubilité de l'oxygène dissous. La température de l'eau, la pression atmosphérique et la salinité sont autant de facteurs qui agissent sur la solubilité de l'oxygène dissous.

L'eau froide dissout plus d'oxygène que l'eau chaude. Par exemple, à 25°C, la solubilité de l'oxygène dissous est de 8,3 mg/L, alors qu'à 4°C, la solubilité de l'oxygène dissous est de 13,1 mg/L. À mesure que la température augmente, l'eau relâche une certaine quantité d'oxygène dans l'air. En altitude, l'eau contient moins d'oxygène dissous car la pression est plus faible. La solubilité de l'oxygène dissous baisse également lorsque la salinité augmente.

Lors de la photosynthèse, les plantes enrichissent l'eau en oxygène dissous, soit par diffusion depuis l'atmosphère soit par aération. L'aération se produit lorsque l'eau se mélange à l'air. De tels mélanges s'effectuent dans les vagues, les seuils et les cascades. Le taux d'oxygène dissous est également influencé par ce qui vit dans l'eau. Tout comme la photosynthèse des plantes terrestres enrichit l'air que nous respirons en oxygène, la photosynthèse des plantes aquatiques enrichit l'eau en oxygène dissous. L'eau peut devenir sur-saturée, c'est-à-dire que les niveaux d'oxygène dissous sont plus élevés que la solubilité de l'eau. Le reste d'oxygène dissous sera finalement rejeté dans l'air ou évacué par la respiration.

Le biote des milieux aquatiques ne produit qu'une partie infime de l'ensemble de la matière organique du système. La matière organique dans les écosystèmes aquatiques est essentiellement inerte et est appelée, de manière générale, détritus. La matière organique peut être produite *in situ* ou parvenir jusqu'à des masses d'eau depuis la terre environnante (depuis des sources humaines ou naturelles). Le cycle du carbone organique entre les éléments vivants et les éléments inertes est appelé: le cycle du carbone.

La matière organique est produite lors de la photosynthèse et est consommée lors de la respiration. Pendant la respiration, le biote (les poissons, les bactéries, etc.) consomme de l'oxygène dissous.

Fiche de protocole sur la mesure de la quantité d'oxygène dissous de l'eau

Tâche

Mesurer le taux d'oxygène dissous dans l'eau.

Durée de l'expérience

20 minutes

Procédure de contrôle de qualité: 20 minutes

Fréquence des mesures

Hebdomadaire

Procédure de contrôle de qualité: tous les six mois

Vue d'ensemble

Les élèves utiliseront un kit de mesure d'oxygène dissous pour mesurer l'oxygène dissous dans l'eau prélevée sur leur site d'hydrologie. La procédure dépend des instructions données pour le kit de mesure d'oxygène dissous.

Matériel et documents

- Kit de mesure pour l'oxygène dissous
- Fiches de relevé des données pour les expériences d'hydrologie
- Guide de terrain sur le protocole de mesure du taux d'oxygène dissous
- Guide de mesure d'alcalinité sur le terrain
- Eau distillée dans une pissette
- Flacon fermé (avec bouchon) pour les déchets
- Gants en latex
- Lunettes de protection

Pour le contrôle de qualité: le matériel cité ci-dessus ainsi que:

- Un cylindre gradué de 100
- Un flacon fermé en polyéthylène de 250 mL
- Une montre
- Un thermomètre
- Tableau de la solubilité de l'oxygène
- Tableau de correction pour l'altitude
- Guide de laboratoire sur la procédure de contrôle de qualité de l'oxygène dissous
- Feuille de relevé de données pour la procédure de contrôle de qualité des mesures d'hydrologie

Objectifs d'apprentissage

Les étudiants apprendront ainsi à:

- Utiliser un kit de mesure de l'oxygène dissous
- Rechercher les causes des variations du taux d'oxygène dissous dans une masse d'eau
- Échanger et communiquer les résultats de leurs expériences avec d'autres écoles GLOBE
- Collaborer avec d'autres écoles GLOBE, du même pays ou de pays différents
- Partager leurs observations en les transmettant aux archives de GLOBE

Compétences requises pour pratiquer les mesures

- Utiliser un test chimique pour le taux d'oxygène dissous
- Repérer les questions qui risquent de se poser
- Mettre sur pied et conduire une expérience scientifique
- Procéder aux calculs appropriés pour analyser les données
- Fournir des descriptions et des explications, et pouvoir les justifier
- Reconnaître et analyser d'autres explications
- Communiquer une marche à suivre et des explications

Niveau scolaire requis

Moyen et secondaire (7e, 8e, 9e, gymnase)

Préparation

Suggestion d'activité: mettre en pratique les protocoles de mesure de l'oxygène dissous.
Trouver à quelle altitude se trouve votre école

Conditions préalables

Il est essentiel de présenter les consignes de sécurité à respecter lors de l'utilisation des tests chimiques!

Guide de terrain pour l'oxygène dissous



Tâche

Mesurer la teneur en oxygène dissous de l'eau.

Matériel nécessaire

- Fiche de mesure Oxygène dissous
- Pissette d'eau distillée
- Gants de protection
- Lunettes de protection
- Trousse d'analyse pour l'oxygène
- Crayons ou stylos
- Bouteille en plastique avec bouchon (pour récupérer les résidus chimiques)

Sur le site de mesure

1. Complétez votre Fiche de mesure Hydrologie en indiquant vos noms, la date et le nom du site.
2. Mettre les gants et les lunettes de protection.
3. Se rincer les mains ainsi que le flacon de prélèvement trois fois avec l'eau à analyser.
4. Visser le bouchon sur le flacon de prélèvement vide.
5. Plonger le flacon de prélèvement dans l'eau à analyser.
6. Ouvrir le bouchon en maintenant le flacon immergé et remplir le flacon. Tapoter légèrement le flacon pour exclure toute bulle d'air.
7. Revisser le bouchon tout en maintenant le flacon plein sous l'eau.
8. Sortir le flacon fermé de l'eau et contrôler l'absence de bulles d'air en le retournant. Si l'échantillon contient de l'air, vider le flacon et recommencer le prélèvement.
9. Procéder au dosage de l'oxygène en suivant les instructions du fabricant du nécessaire d'analyse.
10. Inscrire la valeur mesurée par le premier groupe pour la teneur en oxygène sur la Fiche de mesure Hydrologie.
11. Recommencer la mesure avec deux autres groupes en utilisant à chaque fois de nouveaux échantillons d'eau.
12. Inscrire les valeurs mesurées par les groupes 2 et 3 sur la Fiche de mesure Hydrologie.
13. Calculer la moyenne des trois mesures.
14. Chaque mesure ne doit pas varier de plus de 1 mg/L de la moyenne.
Si l'une des mesure diffère trop, recalculer la moyenne sur les deux autres mesures.
Si ces deux mesures ne s'écartent pas plus de 1 mg/L de la nouvelle moyenne, inscrire la valeur moyenne.
15. Collecter les déchets des réactifs chimiques dans la bouteille de récupération.
Laver le matériel d'analyse à l'eau distillée.

Procédure de contrôle de qualité pour l'oxygène dissous

Guide de laboratoire

Tâche

Contrôler l'exactitude des mesures effectuées avec le coffret d'analyse de l'oxygène dissous. S'exercer à utiliser le coffret de mesure de l'oxygène dissous de manière appropriée.

Matériel nécessaire

- Coffret d'analyse pour l'oxygène dissous
- Carnet de notes pour le contrôle de qualité
- Gants en latex
- Eau distillée
- Cylindre gradué de 100 mL
- Lunettes de protection
- Bouteille en polyéthylène de 250 mL avec bouchon vissé
- Stylo ou crayon
- Thermomètre
- Montre
- Bouteille à déchets avec bouchon pour collecter les résidus chimiques.

Consignes

1. Rincer deux fois la bouteille de 250 mL avec de l'eau distillée.
2. Ajouter 100 mL d'eau distillée dans la bouteille de 250 mL.
3. Fermer la bouteille avec le bouchon vissé et agiter vigoureusement pendant 5 minutes. On obtient ainsi la solution de référence qui sera utilisée pour tester le coffret d'analyse (eau saturée à 100% d'oxygène).
4. Ouvrir la bouteille et mesurer la température de l'eau (voir Guide de terrain du protocole de mesure la température de l'eau).
Veiller à ce que le thermomètre ne touche pas le fond ou les côtés de la bouteille.
5. Reporter la température de la solution de référence dans le carnet de notes du contrôle de qualité.
6. Remplir complètement la bouteille spéciale prévue pour le prélèvement d'échantillon avec la solution étalon fraîchement préparée. Fermer et retourner la bouteille.
Il ne doit pas y avoir de bulles d'air.
NB: Lors de la procédure de contrôle de qualité, il n'est pas nécessaire de plonger la bouteille de prélèvement dans l'eau pour recueillir l'échantillon.
7. Mettre des gants et des lunettes de protection.
8. Mesurer le taux d'oxygène dissous en suivant les instructions données avec le coffret de mesure.
9. Reporter le taux d'oxygène dissous de l'étalon (en mg/L) sur le carnet de notes pour le contrôle de qualité.
10. Rechercher dans le tableau de solubilité de l'oxygène, la température correspondant la température à celle mesurée pour l'échantillon d'eau (voir tableau HY-DO-1).
11. Reporter la solubilité qui correspond à la température de l'eau.
12. Trouver l'altitude de votre lieu de mesure dans le tableau de correction altitude/pression (voir tableau HY-DO-2).
13. Reporter le facteur de correction correspondant à l'altitude de votre laboratoire.
14. Pour obtenir le taux d'oxygène dissous de la solution, multiplier la solubilité de l'étalon par le facteur de correction.
15. Comparez le taux d'oxygène dissous de la solution étalon, mesuré à l'aide du coffret, avec le taux calculé avec les données du tableau.
16. Si la mesure correspond à 1 mg/L près à la valeur calculée, reporter la valeur de l'oxygène dissous sur carnet de notes du contrôle de qualité. Si la mesure ne correspond pas, recommencer toute la procédure du contrôle de qualité au point 1.
17. Si les mesures ne correspondent toujours pas, reporter la valeur trouvée et avertir le professeur que le matériel d'analyse ne fonctionne pas convenablement.
18. Éliminer tous les produits chimiques résiduels dans la bouteille à déchets.
19. Nettoyer le matériel avec de l'eau distillée.

Question possibles

Pourquoi le taux d'oxygène dissous mesuré ne correspond pas avec le taux calculé?
Les deux chiffres ne correspondent pas pour deux raisons. Vous n'avez peut-être pas suivi à la lettre les instructions données par les instructions.

Vous avez peut-être commis des petites erreurs lors de la procédure.

Voici quelques petites astuces pour résoudre les problèmes:

1. Veillez à ce qu'il n'y ait pas de bulles d'air dans votre bouteille de prélèvement ou dans la seringue à réactif (pour les coffrets qui utilisent une seringue).
Pour savoir s'il y a des bulles d'air dans la bouteille de prélèvement, retournez la bouteille et regardez s'il y a des bulles.
2. Mesurez précisément. Si vous ajoutez des gouttes d'une bouteille, tenez la bouteille à la verticale pour que les gouttes aient toutes la même taille.
3. Laissez le précipité se déposer entièrement. Si vous agitez la bouteille trop fortement, la précipitation durera plus de dix minutes ou plus.
4. Reportez les mesures avec précision. Si les instructions demandent de compter les gouttes, demandez à deux autres personnes de compter avec vous, par souci d'exactitude. Si les instructions demandent de lire la graduation d'une seringue, veillez à lire, au préalable, les instructions sur la manière de lire la graduation marquée sur la seringue.

La seconde raison pour laquelle la valeur que vous avez mesurée ne correspond pas à la valeur calculée peut provenir d'un problème au niveau des produits chimiques de votre coffret. Dans ce cas, vous devez vous procurer de nouveaux produits chimiques.



Annexe (oxygène dissous contrôle de qualité)

Tableau HY-DO1:

Solubilité dans l'eau de l'oxygène de l'air à 1013 millibars

| Temp °C | Solubilité mg/L | Temp °C | Solubilité mg/L | Temp °C | Solubilité mg/L |
|------------|--------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|
| 0 | 14.6 | 16 | 9.9 | 32 | 7.3 |
| 1 | 14.2 | 17 | 9.7 | 33 | 7.2 |
| 2 | 13.8 | 18 | 9.5 | 34 | 7.1 |
| 3 | 13.5 | 19 | 9.3 | 35 | 7.0 |
| 4 | 13.1 | 20 | 9.1 | 36 | 6.8 |
| 5 | 12.8 | 21 | 8.9 | 37 | 6.7 |
| 6 | 12.5 | 22 | 8.7 | 38 | 6.6 |
| 7 | 12.1 | 23 | 8.6 | 39 | 6.5 |
| 8 | 11.9 | 24 | 8.4 | 40 | 6.4 |
| 9 | 11.6 | 25 | 8.3 | 41 | 6.3 |
| 10 | 11.3 | 26 | 8.1 | 42 | 6.2 |
| 11 | 11.0 | 27 | 8.0 | 43 | 6.1 |
| 12 | 10.8 | 28 | 7.8 | 44 | 6.0 |
| 13 | 10.5 | 29 | 7.7 | 45 | 5.9 |
| 14 | 10.3 | 30 | 7.6 | 46 | 5.8 |
| 15 | 10.1 | 31 | 7.4 | 47 | 5.7 |

Tableau HY-DO2:

Facteurs de correction en fonction de l'altitude et de la pression

| Pression millibars | Élévation m | Facteur de correction % | Pression millibars | Élévation m | Facteur de correction % |
|-----------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------|
| 1023 | -84 | 1.01 | 841 | 1544 | 0.83 |
| 1013 | 0 | 1.00 | 831 | 1643 | 0.82 |
| 1003 | 85 | 0.99 | 821 | 1743 | 0.81 |
| 993 | 170 | 0.98 | 811 | 1843 | 0.80 |
| 988 | 256 | 0.97 | 800 | 1945 | 0.79 |
| 973 | 343 | 0.96 | 790 | 2047 | 0.78 |
| 963 | 431 | 0.95 | 780 | 2151 | 0.77 |
| 952 | 519 | 0.94 | 770 | 2256 | 0.76 |
| 942 | 608 | 0.93 | 760 | 2362 | 0.75 |
| 932 | 698 | 0.92 | 750 | 2469 | 0.74 |
| 1922 | 789 | 0.91 | 740 | 2577 | 0.73 |
| 1912 | 880 | 0.90 | 730 | 2687 | 0.72 |
| 902 | 972 | 0.89 | 719 | 2797 | 0.71 |
| 892 | 1066 | 0.88 | 709 | 2909 | 0.70 |
| 882 | 1160 | 0.87 | 699 | 3203 | 0.69 |
| 871 | 1254 | 0.86 | 689 | 3137 | 0.68 |

Informations à l'usage des enseignants

Protocoles annexes

Les activités pédagogiques des *Exercices sur l'alcalinité* aideront vos élèves à identifier les variables qui pourraient influencer leurs mesures.

Pensez à effectuer un contrôle de qualité si cela n'a pas été fait depuis plus de six mois.

Température de l'eau: La solubilité de l'oxygène dépend de la température.

Il est donc important de recueillir les données concernant la température de l'eau, parallèlement à celles qui concernent l'oxygène dissous.

Protocoles sur les mesures atmosphériques: Les mesures atmosphériques comme la couverture nuageuse, les précipitations et la température de l'air peuvent être utiles pour analyser les données concernant l'oxygène dissous.

Une augmentation de la couverture nuageuse peut, par exemple, entraîner une chute de la photosynthèse durant la journée.

Couverture végétale du sol: Lors des mesures hydrologiques, il est aussi utile de connaître la couverture du sol de votre bassin versant. En effet, la couverture végétale du sol peut influencer le taux de matière organique dans le milieu aquatique.

Marche à suivre

Les kits de mesure d'oxygène dissous impliquent deux procédures successives:

La conservation du prélèvement (stabilisation ou fixation) et un test sur un échantillon.

La conservation requiert l'ajout d'un produit chimique à l'échantillon qui précipite en présence d'oxygène dissous, puis l'ajout d'un produit chimique qui produit une solution colorée. L'expérience requiert l'ajout de gouttes d'un réactif jusqu'à ce que la couleur disparaisse. La valeur d'oxygène dissous se calcule à partir du volume de réactif ajouté.

Le taux d'oxygène dissous dans l'eau peut varier rapidement après le prélèvement.

Il est donc important de faire cette expérience tout de suite après la prise de l'échantillon.

L'échantillon d'eau pour l'expérience sur l'oxygène dissous doit être «fixé» sur le site (voir les instructions données avec votre kit de mesure d'oxygène dissous). Une fois l'échantillon fixé, l'échantillon peut être rapporté à l'école pour finir l'expérience.

Selon les instructions données le nécessaire d'analyse, les techniques suivantes doivent être appliquées:

1. Veillez à ce qu'il n'y ait pas d'air dans la bouteille qui contient l'eau que vous allez tester. Pour savoir s'il y a des bulles d'air dans la bouteille, retourner la bouteille et regardez s'il y a des bulles.
2. Maintenez les bouteilles et les compte-gouttes à la verticale lorsque vous ajoutez des gouttes de réactif dans l'échantillon d'eau pour que toutes les gouttes de réactif aient la même taille.
3. S'il est indiqué que les élèves doivent «mélanger», ils doivent fermer la bouteille et la secouer de gauche à droite pour que les produits chimiques puissent se mélanger lentement.
4. La précipitation est clarifiée lorsque apparaît une ligne distincte entre le liquide clair à la surface et la solution clarifiée au fond (eau claire). La précipitation met du temps à clarifier dans de l'eau salée et saumâtre (plus de quinze minutes). Attendez jusqu'à ce qu'apparaisse une ligne distincte entre le liquide clair et la solution clarifiée dans la partie inférieure de la bouteille.
5. Veillez à ce qu'il n'y ait aucune bulle d'air dans votre seringue de dosage quand vous la remplissez.
6. S'il est indiqué dans les instructions de titrer un «jaune pâle», mettez une feuille de papier blanc devant la bouteille et poursuivez le titrage jusqu'à ce que le liquide soit presque clair, puis ajoutez l'empois d'amidon.
7. Il n'est pas nécessaire de procéder à une compensation d'altitude lorsque vous mesurez le taux exact d'oxygène dissous dans l'échantillon d'eau de votre site d'hydrologie. On procède à une compensation d'altitude que lors de la procédure de contrôle de qualité.

Contrôle de qualité

Lors de la procédure de contrôle de qualité, les élèves comparent l'oxygène dissous mesuré dans leur étalon avec la valeur saturée du tableau pour savoir si leur kit et leurs procédures sont justes. Pour faire un étalon saturé, les élèvesaturent de l'eau distillée en secouant une bouteille à moitié pleine d'eau distillée pendant cinq minutes.

Comme la solubilité baisse lorsque la température et la salinité augmentent, et lorsque la pression atmosphérique baisse, nous contrôlons ces variables dans notre étalon d'oxygène saturé en utilisant de l'eau distillée et en corrigeant la température de l'eau et l'altitude (une mesure indirecte de la pression atmosphérique). Vous devez connaître l'altitude où la procédure est menée (l'altitude de votre école par exemple).

Le tableau HY-DO-2 présente les facteurs de correction selon les pressions atmosphériques et l'altitude.

La solution, une fois secouée, peut être versée directement dans la bouteille de prélèvement. La bouteille doit être pleine. Vous n'allez pas ajouter de l'oxygène au prélèvement puisque l'eau prélevée est déjà saturée en oxygène. Une fois la bouteille de prélèvement remplie, suivez les instructions données par le kit pour mesurer le taux d'oxygène dissous.

Consignes de sécurité

- Les élèves doivent porter des gants et des lunettes lorsqu'ils manipulent les produits chimiques et l'eau, car ces derniers peuvent contenir des substances potentiellement dangereuses comme des bactéries ou des déchets industriels.
- Prendre les renseignements nécessaires à une élimination appropriée des produits chimiques utilisés auprès des autorités locales.

Conseils pratiques

Chaque élément du kit doit porter une marque de peinture ou de vernis à ongles de la même couleur afin d'éviter que les produits chimiques et les seringues de dosage ne soient échangés avec ceux d'un autre coffret.

Gestion du temps et des élèves

S'il n'y a pas assez de temps pour que tous les élèves mesurent l'oxygène dissous de trois échantillons différents sur le site d'hydrologie, demandez au moins à un élève de faire l'ensemble des mesures. Puis, demandez aux autres élèves d'utiliser le même prélèvement, après fixation, pour effectuer le test sur l'échantillonnage plus tard en classe ou en laboratoire.

Entretien du matériel

1. Bien refermer les produits chimiques tout de suite après utilisation.
2. Rincer à l'eau distillée la bouteille de prélèvement et le tube de titrage après utilisation.
3. Jeter les produits chimiques contenus dans les compte-gouttes et les seringues. Les produits chimiques ne doivent pas être replacés dans leur récipient d'origine car ils peuvent être contaminés.
4. Ne pas rincer la seringue avec de l'eau distillée si elle n'a pas été contaminée. Le rinçage avec de l'eau distillée laisse souvent des gouttes d'eau difficiles à enlever dans la seringue.
5. Ranger la seringue en ayant ôté, au préalable, le piston afin d'éviter que le bout en caoutchouc ne reste collé dans le tube.

Quelques questions d'approfondissement

- Comment un changement du taux d'oxygène dissous peut influencer sur le biote d'une masse d'eau?
- Comment le réchauffement ou le refroidissement de l'atmosphère peut influencer sur le taux d'oxygène dans l'eau?
- Comment la couverture végétale du sol autour du site d'hydrologie peut-elle influencer le taux d'oxygène dissous dans l'eau?

Analyse des résultats

Les résultats obtenus sont-ils raisonnables?

Le taux d'oxygène dissous que vous mesurez dépend du site où vous avez prélevé l'eau. L'oxygène dissous est ajouté à l'eau (des cours d'eau ou des cascades) par le phénomène de l'aération, par diffusion ou lors de la photosynthèse des plantes aquatiques. L'oxygène dissous est utilisé lors de la respiration. Le taux maximum d'oxygène dissous présent dans l'eau (solution saturée) dépend de l'altitude du site (pression atmosphérique), de la température et de la salinité de votre échantillon. Le taux d'oxygène dissous dans les eaux naturelles peut varier entre 0,0 mg/L et environ 16,0 mg/L. L'eau distillée à 0,0°C a une solubilité de 14,6 mg/L au niveau de la mer. Les eaux chaudes et stagnantes peuvent contenir des taux d'oxygène d'environ 4 ou 5 mg/L. Les eaux froides et en mouvement peuvent contenir des taux d'oxygène dissous s'élevant à 13 ou 14 mg/L. Des taux plus élevés sont possibles et sont dus à la photosynthèse des plantes. Des taux plus faibles sont également possibles et sont causés par la respiration.

Comme les taux d'oxygène dissous dépendent de la température de l'eau et d'autres paramètres variables, comme la respiration et la photosynthèse des plantes dans l'eau, il est utile de rechercher des tendances saisonnières.

Représentez sous forme graphique les données concernant l'oxygène dissous et la température de l'eau sur une année. Recherchez des similitudes entre les différentes saisons. Les données concernant l'oxygène dissous doivent être recueillies à la même heure chaque jour de la semaine car les niveaux d'oxygène d'un site changent au cours de la journée lorsque l'eau se réchauffe et que la photosynthèse augmente. Les données recueillies à différents moments de la journée rendent les tendances saisonnières beaucoup plus difficiles à analyser. Représenter les données sous forme graphique permet non seulement de trouver des tendances saisonnières mais également de mettre le doigt sur d'autres erreurs, comme des virgules décimales mal placées, par exemple.

Sur le graphique HY-DO-1, le 7 février 1999, l'oxygène dissous est extrêmement bas: 3 mg/L. Ce n'est pas une valeur normale pour une telle masse d'eau à cette période de l'année. Nous nous attendions à une valeur d'environ 11 à 13 mg/L. Si vous rencontrez de telles valeurs, contactez l'école et demandez de vérifier les *feuilles de données* et assurez-vous que ce soit bien la valeur inscrite sur la feuille.

Après avoir recueilli quelques échantillons, vous êtes censés connaître approximativement la valeur d'oxygène dissous présente dans votre masse d'eau. Si vous obtenez une mesure surprenante (plus élevée ou plus basse que la valeur attendue, tout en ayant pris en compte la température de l'air et les valeurs recueillies au cours des semaines précédentes), recommencez les mesures en prenant un nouvel échantillon d'eau et en nettoyant les bouteilles de prélèvement. Si vous obtenez les mêmes résultats, notez dans la métadonnée que vous êtes conscient des valeurs inhabituelles pour le jour en question et qu'elles sont cependant justes.

Quelles informations les données apportent-elles?

La plupart des organismes ne peuvent pas vivre à des niveaux d'oxygène dissous inférieurs à 3,3 mg/L. Certains organismes sensibles, quant à eux, ne peuvent pas vivre à des niveaux d'oxygène inférieurs à 7,5 mg/L. Les niveaux d'oxygène qui chutent et atteignent des niveaux bas (c'est-à-dire inférieurs à 5 mg/L) sont inquiétants. De la matière nutritive excessive (engrais, des eaux usées riches en matière organique) dans une masse d'eau peut entraîner une surpopulation de la végétation et d'algues et causer une dégradation de l'eau. Les bactéries qui décomposent la matière organique respirent et consomment de l'oxygène. En plus d'analyser le taux d'oxygène dissous dans l'eau, il est également intéressant de comparer le taux d'oxygène dissous mesuré à une valeur estimée de la saturation.

Cela peut nous indiquer la productivité de la masse d'eau. Dans une masse d'eau, les plantes produisent de l'oxygène à partir de la photosynthèse. Les valeurs d'oxygène dissous varient au cours de la journée, les valeurs les plus élevées ont lieu en début d'après-midi et les valeurs les plus basses durant la nuit (lorsque la respiration n'est pas compensée par la photo-synthèse). A certains moments de la journée (généralement, en début d'après-midi), certaines masses d'eau peuvent, en réalité, avoir des niveaux d'oxygène dissous supérieurs au seuil de saturation, la photosynthèse produit ainsi plus d'oxygène qu'il n'en est consommé lors de la respiration. La lumière pénètre peu dans les masses d'eau fortement troublées, ces masses d'eau sont donc peu productives et sont caractérisées par des faibles taux d'oxygène dissous.

Les pages «Globe Visualisations» du site Internet proposent des valeurs d'oxygène dissous saturé pour votre site. Vous pouvez comparer ces valeurs à vos mesures réelles. Les scientifiques s'intéressent à la capacité d'un point d'eau à résister à l'ajout d'acide. Les cours d'eau naturellement peu alcalins sont plus sensibles aux changements: leur pH pourrait baisser dangereusement à cause d'un ajout relativement petit d'acide. Des scientifiques pourraient également faire des recherches sur les zones qui connaissent de grandes variations d'alcalinité, car les sites de cette sorte peuvent supporter des quantités d'acide importantes. Même si un cours d'eau a un taux d'alcalinité qui l'aide à absorber de l'acide, après un certain temps, l'acide finira par neutraliser l'alcalinité et faire diminuer le pH.

Exemple de projet

Formuler une hypothèse

Une élève, qui s'intéresse à l'oxygène dissous, analyse le graphique concernant l'oxygène dissous du site SWS-O2 du lycée Reynolds Jr, site également appelé «le pont recouvert» (voir graphique HY-DO-2). Elle remarque que les valeurs d'oxygène dissous de la fin du mois de décembre 2000 jusqu'à janvier 2001 sont plus basses que celles des hivers précédents. Au cours de cette période, les valeurs étaient comprises entre 7 et 10 mg/L pendant environ un mois. Lors des trois hivers précédents, le taux d'oxygène dissous était constamment situé entre 11 et 15 mg/L. Les valeurs basses sont similaires à celles relevées pendant les périodes chaudes.

Partant du principe que les taux d'oxygène dissous saturé sont généralement liés à la température, l'élève a formulé l'hypothèse suivante: la température de l'eau durant cette période est anormalement chaude. La température élevée de l'eau est donc responsable de la chute des taux d'oxygène dissous.

Elle prend contact avec l'école et apprend que ce cours d'eau est la Shenango river.

Recueillir et analyser les données

Elle commence par représenter sous forme graphique les valeurs mensuelles moyennes d'oxygène dissous et de la température. Voir graphique HY-DO-3.

Le taux anormalement bas d'oxygène dissous en janvier 2001 est encore plus frappant lorsque l'on regarde les moyennes mensuelles. Cependant, l'augmentation de la température de l'eau et la chute du taux d'oxygène dissous ne semblent pas être liées. L'eau est à environ 3°C.

Si la température de l'eau est normale, les taux d'oxygène dissous devraient alors être également élevés. Cela implique que le déficit en oxygène dissous, c'est-à-dire la différence entre les valeurs saturées et les valeurs observées, est anormalement élevé pour certaines raisons.

Les pages «Globe Visualisations» calculent les moyennes mensuelles de la température de l'eau et de l'oxygène dissous non saturé. Ainsi, l'élève décide de calculer elle-même les moyennes mensuelles de l'oxygène dissous saturé. Elle reporte sous forme graphique les valeurs d'oxygène dissous, d'oxygène dissous saturé et celles des températures de l'eau. Puis elle rentre les données dans un tableau. Pour finir, elle transfère toutes ces informations sur une feuille de calcul électronique.

Elle extrait toutes les valeurs des mois de janvier de chaque année (tableau HY-DO-3), puis calcule le déficit en oxygène dissous (soit le calcul suivant: oxygène dissous saturé – oxygène dissous mesuré). Pour chaque année, elle calcule ensuite la moyenne de chaque trimestre.

La moyenne d'oxygène dissous en 2001 était de 8,9 mg/L. Entre 1998 et 2000, les moyennes étaient respectivement de 11,6; 11,8 et 13,2 mg/L.

La température de l'eau était à peu près la même pour chaque mois de janvier de ces quatre années, soit 3,2°, 0,4°, 1,1° et 2,5°C. La température était en effet plus élevée en janvier 1998 qu'en janvier 2001, et le taux d'oxygène dissous plus haut. Il semblerait donc que l'augmentation du taux d'oxygène dissous ne soit pas lié à la température. La moyenne du déficit d'oxygène dissous était comprise entre 1 et 2,7 mg/L les trois premières années et atteignait 4,8 mg/L en 2001. En janvier 2001, le déficit d'oxygène dissous était presque deux fois plus élevé qu'en janvier 1999, alors que déjà cette année là, il atteignait déjà un niveau très élevé (2,7 mg/L).

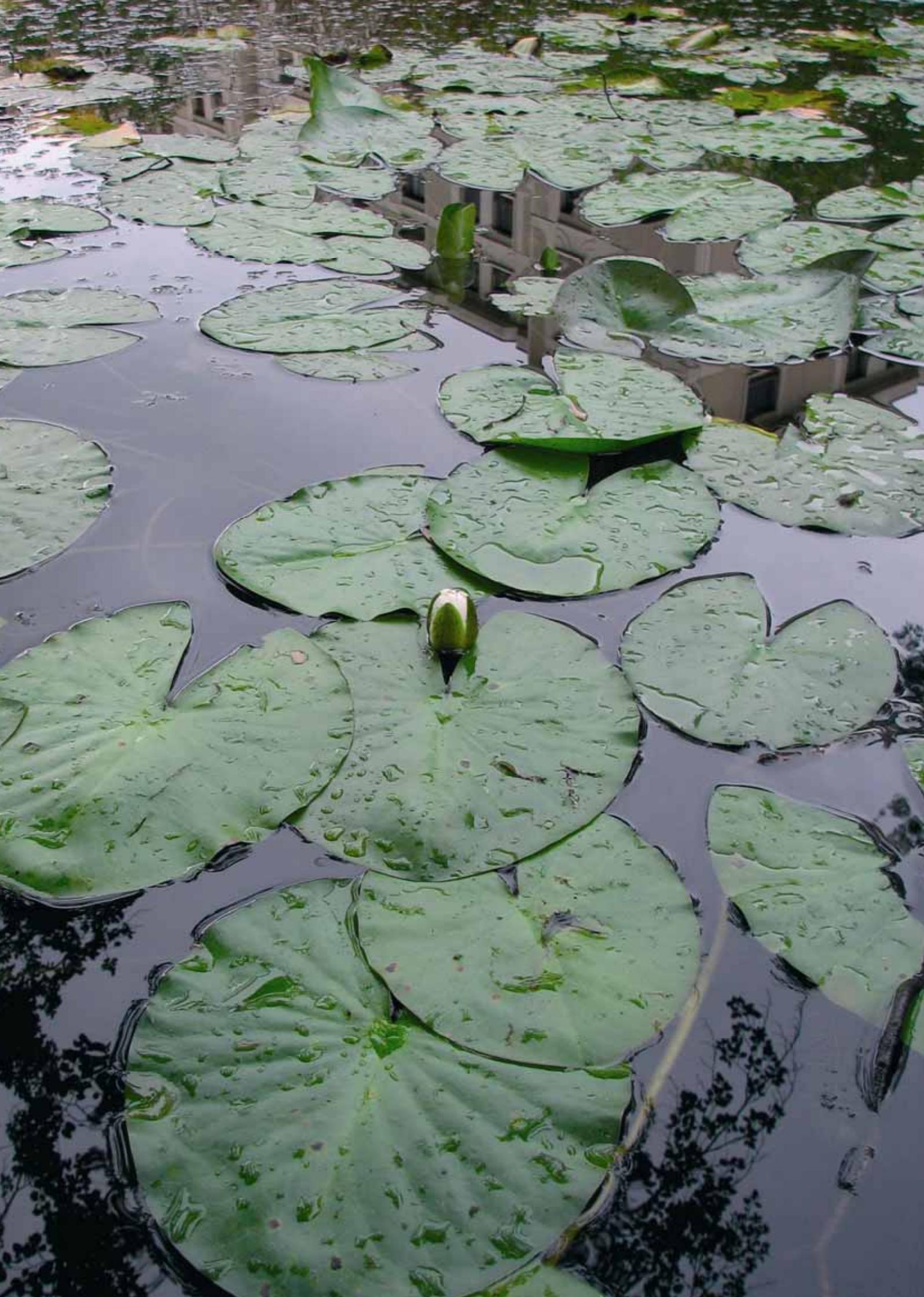
L'élève arrive à la conclusion suivante: les valeurs d'oxygène dissous sont plus basses en janvier 2001 qu'en janvier 1998, 1999 et 2000. La température de l'eau et les taux d'oxygène dissous saturé sont approximativement les mêmes. La baisse du taux d'oxygène dissous n'est pas liée au changement de la température de l'eau.

Son hypothèse selon laquelle une température de l'eau plus élevée entraîne une baisse du taux d'oxygène dissous est donc rejetée. Il est tout à fait normal de rejeter des hypothèses, les scientifiques font constamment cela. Découvrir qu'une hypothèse n'est pas valable permet souvent de trouver des solutions de remplacement qui mènent à une meilleure compréhension du problème en question.

Réflexions pour des recherches complémentaires

Dans ces données, rien n'indique la raison pour laquelle le taux d'oxygène dissous était beaucoup plus faible en hiver 2001 que lors des trois hivers précédents. L'élève a remarqué que l'hiver 2000–2001 semblait plus long que les autres hivers mais ne s'est pas demandé pourquoi cela avait pu influencer le taux d'oxygène dissous à la fin de l'hiver.

Elle a également remarqué qu'en été 2000, les données concernant l'oxygène dissous semblaient plus variables que celles des autres années. Un changement s'est peut-être opéré dans la rivière, comme la présence d'un nombre accru de bactéries, semblables à celles associées à la matière en décomposition provenant des eaux usées. Ces bactéries nécessitent en effet une quantité importante d'oxygène dissous. Un élève peut rechercher si des changements externes ont eu lieu sur le site d'hydrologie.



Mesure de la teneur en nitrates de l'eau

Pourquoi mesurer la teneur en nitrates de l'eau?

L'azote peut prendre différentes formes chimiques dans les masses d'eau. On le trouve sous forme d'azote moléculaire dissous (N_2), de composés organiques (dissous ou particulaires) et sous de nombreuses formes inorganiques telles que l'ammonium (NH_4^+), le nitrite (NO_2^-) et le nitrate (NO_3^-). Le nitrate (NO_3^-) est la forme inorganique de l'azote la plus importante car c'est un nutriment essentiel à la croissance et à la reproduction de nombreuses algues et autres végétaux aquatiques. En règle générale, on trouve le nitrite (NO_2^-) uniquement dans des eaux à faibles taux d'oxygène dissous appelées eaux hypoxiques.

Les scientifiques disent souvent que l'azote est un «nutriment limitant» car, en faible quantité, les végétaux absorbent tout l'azote disponible dans l'eau et ne peuvent plus ni croître ni se reproduire. L'azote «limite» donc la quantité de végétaux dans l'eau. La plupart des végétaux qui absorbent l'azote sont des algues microscopiques (phytoplancton). Si l'on ajoute de l'azote dans l'eau, les plantes peuvent davantage proliférer.

L'azote que l'on trouve sous forme de nitrate dans les eaux naturelles vient de l'atmosphère (pluies, neige, brouillard ou dépôts secs portés par le vent), des eaux souterraines, ainsi que du ruissellement et de l'infiltration des eaux. De la même façon, la décomposition de végétaux ou d'animaux sur le sol ou les sédiments favorisent l'apparition de nitrate. Les activités humaines peuvent grandement modifier le taux de nitrate des corps aqueux.

Quand on ajoute une quantité excessive d'un nutriment limitant tel que l'azote dans un lac ou un cours d'eau, l'eau devient très fertile, ce qui peut causer une forte croissance d'algues et autres végétaux. Ce procédé d'enrichissement de l'eau est appelé eutrophisation. La croissance excessive des végétaux qui en résulte peut engendrer des problèmes de goût et d'odeur dans les lacs qui servent de réserves d'eau potable ou entraîner des nuisances pour les utilisateurs du corps aqueux.

Même si les plantes et les algues apportent de l'oxygène très utile à l'eau, leur croissance excessive peut réduire le niveau de lumière dans le corps aqueux. À mesure que les végétaux meurent et se décomposent, les bactéries se multiplient et utilisent l'oxygène dissous de l'eau. La quantité d'oxygène dissous disponible dans l'eau peut chuter et nuire aux poissons et autres animaux aquatiques.

Fiche de protocole sur la mesure de la teneur en nitrates de l'eau

Objectif

Mesurer le taux d'azote des nitrates (N-NO₃⁻) dans l'eau.

Résumé

Les élèves vont utiliser le matériel approprié pour mesurer la teneur en nitrate de l'eau sur leur site d'hydrologie. La procédure exacte dépend du mode d'emploi du matériel utilisé.

Objectifs d'apprentissage

Les élèves vont apprendre:

- à utiliser le matériel spécial d'analyse
- à observer les raisons des transformations des nitrates dans une masse d'eau
- à transmettre les résultats de leur étude aux autres écoles de GLOBE
- à collaborer avec d'autres écoles de GLOBE (dans votre pays ou à l'étranger) et
- à partager leurs observations en entrant leurs données dans les archives de GLOBE.

Durée

20 minutes pour le test de nitrate

Procédure de contrôle de qualité: 20 minutes

Niveau

Moyen et avancé

Fréquence

Toutes les semaines

Contrôle de qualité tous les 6 mois

Matériel nécessaire

Matériel pour mesurer la teneur en nitrates

(si vous disposez d'une eau salée ou saumâtre, veillez à employer un matériel adapté)

- Feuille de protocole sur les nitrates (sur le terrain)
- Fiche sur le contrôle de qualité
- Fiche de relevé des données pour les expériences d'hydrologie
- Une horloge ou une montre
- Des gants en plastique
- Des lunettes de protection
- Un masque chirurgical (si vous utilisez des réactifs en poudre)
- De l'eau distillée

Pour la procédure de contrôle de qualité, il faut aussi:

- Fiche de contrôle de qualité (sur le terrain)
- Fiche de données sur le contrôle de qualité
- Fiche de préparation de la solution étalon de nitrate de 2 ppm (au laboratoire)
- Une solution étalon de nitrate (1000 mg/L d'azote des nitrates)
- Le matériel dépend de la façon dont est élaborée la solution étalon (voir la Fiche de préparation de la solution étalon de nitrate de 2 ppm au laboratoire)

Préparation

Activités suggérées: Entraînement sur les protocoles – protocole sur les nitrates (guide uniquement disponible sur Internet)

Prérequis

- Discussion sur la différence entre nitrate, nitrite et azote des nitrates
- Discussion sur les mesures de sécurité lors de l'utilisation de matériel chimique

Guide de terrain pour la mesure du taux de nitrates



Tâche

Mesurer la teneur en nitrate de votre échantillon d'eau.

Matériel nécessaire

- Fiche de données pour une recherche en hydrologie
- Lunettes de protection
- Matériel pour mesurer la teneur en nitrate
- Eau distillée
- Gants en plastique
- Horloge ou montre
- Masque chirurgical (si vous utilisez des réactifs en poudre)
- Récipient pour les déchets chimiques

Sur le site de mesure

1. Remplissez la partie supérieure de la Fiche de données pour une recherche en hydrologie.
Dans la partie «Nitrates», inscrivez le nom du fabricant du matériel et celui du modèle.
2. Mettez les gants et les lunettes de protection.
3. Suivez les instructions fournies avec le matériel pour mesurer l'azote des nitrates.
Vous devez utiliser la petite échelle de test (0-1 mg/L) à moins que des résultats précédents n'aient indiqué que votre site contient habituellement plus d'1 mg/L d'azote des nitrates.
Si vous utilisez des réactifs en poudre, mettez un masque chirurgical avant de les ouvrir. Si la notice indique que vous devez secouer l'échantillon, utilisez une horloge ou une montre pour chronométrer la durée.
4. Dans votre matériel, trouvez la couleur qui correspond à celle de l'échantillon d'eau.
Notez le résultat de la couleur correspondante comme ppm d'azote des nitrates.
Afin d'obtenir trois résultats, demandez à deux élèves de trouver une couleur qui corresponde à l'échantillon d'eau étudié. Notez les trois valeurs en azote des nitrates sur la fiche de données.
5. Faites la moyenne de ces trois mesures.
6. Vérifiez que la différence entre chacune de ces mesures et la moyenne ne dépasse pas 0,1 ppm (ou 1,0 ppm si vous utilisez la grande échelle de test).
Si elle ne dépasse pas, notez la moyenne sur la fiche de données.
Sinon, lisez à nouveau les mesures de couleur (N.B.: si plus de 5 minutes se sont écoulées, ne les relisez pas).
Faites à nouveau la moyenne. Si vos mesures dépassent encore, parlez des éventuels problèmes avec votre professeur.

**Foire aux questions**

1. Est-ce que ça va si la mesure du nitrate dans mon eau est de 0?
2. Oui. Une valeur de 0 ppm indique que le taux de nitrate dans l'eau (s'il y en a) est sous la limite de détection (généralement 0,1 ppm de N-NO_3^-) du matériel que vous utilisez. Beaucoup de corps aqueux peuvent contenir 0 ppm de N-NO_3^- la plupart de l'année.
3. Que se passe-t-il si mon eau, au lieu d'être rose, change de couleur pendant le test?
4. Vous ne pouvez probablement pas utiliser ce matériel. Veuillez contacter l'équipe d'hydrologie à l'Université d'Arizona pour voir s'ils souhaitent avoir un échantillon de votre eau.
5. Est-ce que c'est normal que les valeurs de nitrate varient beaucoup sur une courte période?
6. Oui. Après des précipitations, le ruissellement sur des sols qui contiennent des nitrates peut arriver jusqu'à un cours d'eau, un lac ou un estuaire et faire augmenter les taux de nitrate. Après un orage ou la fonte des neiges, les taux peuvent diminuer.

Procédure de contrôle de qualité pour le nitrate

Tâche

Vérifier l'exactitude du matériel pour mesurer la teneur en nitrate.

Ce dont vous avez besoin

- Matériel pour mesurer la teneur en nitrate
- Lunettes de protection
- Fiche pour le contrôle de qualité
- Eau distillée
- Solution étalon de nitrate de 2 ppm
- Gants en plastique
- Masque chirurgical (si vous utilisez des réactifs en poudre)
- Horloge ou montre
- Récipient pour les déchets chimiques

Au laboratoire

1. Remplissez la partie supérieure de la Fiche de contrôle de qualité.
Dans la partie «Nitrate», inscrivez le nom du fabricant du matériel et celui du modèle.
2. Mettez les gants et les lunettes de protection.
3. Suivez les instructions fournies avec le matériel pour mesurer l'azote des nitrates dans la solution étalon de 2 ppm. Si le matériel comporte une petite échelle (0-1) et une grande échelle (0-10), utilisez, pour l'étalonnage, les indications qui se réfèrent à la grande échelle. Utilisez la solution étalon là où il est écrit que vous devez utiliser un «échantillon d'eau». Si vous utilisez des réactifs en poudre, mettez un masque chirurgical avant de les ouvrir. Si la notice indique que vous devez secouer l'échantillon, utilisez une horloge ou une montre pour chronométrer la durée.
4. Dans votre matériel, trouvez la couleur qui correspond à celle de l'échantillon d'eau. Sur la Fiche de contrôle de qualité, notez le résultat de la couleur correspondante comme ppm de d'azote des nitrates.
N.B.: Si vous n'êtes pas sûr de la couleur qui correspond le mieux, demandez l'avis d'autres élèves.
5. Effectuez à nouveau les étapes 3 et 4 avec des échantillons d'eau douce. Vous aurez un total de trois mesures d'azote des nitrates.
6. Faites la moyenne de ces trois mesures.
7. Si votre mesure dépasse de ± 1 ppm (grande échelle) la solution étalon, recommencez vos mesures.
Si votre mesure dépasse encore, parlez des éventuels problèmes avec votre professeur.
8. Mettez les produits chimiques utilisés dans un récipient adapté avant de les jeter. Rincez les objets en verre avec de l'eau distillée. Fermez hermétiquement tous les produits chimiques.

Préparation de la solution étalon de nitrate de 1000 ppm

(au laboratoire)

Tâche

Fabriquer la solution-mère d'azote des nitrates de 1000 ppm pour la procédure de contrôle de qualité en utilisant du KNO_3 (nitrate de potassium).

Ce dont vous avez besoin

- Nitrate de potassium (KNO_3)
- Bouteille ou bocal de 500 mL avec bouchon
- Eau distillée
- Balance
- Four sécheur
- Chloroforme (facultatif)
- Une éprouvette graduée de 500 mL
- Lunettes de protection
- Gants en plastique

Au laboratoire

1. Mettez les gants et les lunettes de protection.
2. Faites sécher au four le KNO_3 (nitrate de potassium) pendant 24 heures à 105°C .
3. Mesurez 3,6 g de KNO_3 .
4. Diluez ces 3,6 g de KNO_3 dans 100 mL d'eau distillée.
5. Versez la solution dans une éprouvette graduée de 500 mL. Versez de l'eau distillée jusqu'à atteindre la marque des 500 mL.
6. Remuez avec précaution. Ne secouez pas la solution.
7. Versez le tout dans une bouteille et étiquetez-la comme solution d'azote des nitrates de 1000 mg/L. Inscrivez la date sur l'étiquette.
8. La solution-mère de nitrate peut être conservée pendant six mois maximum en utilisant du chloroforme (CHCl_3). Pour préserver une solution-mère de nitrate, ajoutez 1 mL de chloroforme à 500 mL de solution-mère de nitrate.

N.B.: Pour calculer l'azote des nitrates (N-NO_3^-), prenez en compte la composition moléculaire du KNO_3 (le rapport entre le poids de la molécule de N et celui de la molécule de NO_3 est de 0,138) : $7200 \text{ mg/ KNO}_3 \times 0,138 = 1000 \text{ mg/L}$ de solution d'azote des nitrates.

Préparation de la solution étalon de nitrate de 2 ppm

OPTION 1 (au laboratoire)

Tâche

Préparer la solution étalon d'azote des nitrates pour la procédure de contrôle de qualité en utilisant 5 mL de solution-mère d'azote des nitrates.

Ce dont vous avez besoin

- Solution étalon d'azote des nitrates (1000 ppm)
- Lunettes de protection
- Une éprouvette graduée de 100 mL
- Agitateur (facultatif)
- Un bécher ou une burette de 500 mL
- Eau distillée
- Une éprouvette graduée de 500 mL
- Bouteille ou bocal de 250 mL avec bouchon
- Gants en plastique

Au laboratoire

1. Mettez les gants et les lunettes de protection.
2. Rincez une éprouvette de 100 mL et un bécher de 100 mL avec de l'eau distillée. Séchez-les.
3. Au moyen d'une pipette (si possible), prélevez 5 mL de la solution-mère (1000 ppm) et introduisez-la dans l'éprouvette graduée de 100 mL. Diluez-la avec de l'eau distillée jusqu'à ce que vous obteniez 50 mL.
4. Versez ce liquide dans un bécher de 100 mL et mélangez en utilisant un agitateur propre ou en l'agitant. Étiquetez-le comme solution étalon 100 ppm.
5. Rincez l'éprouvette graduée de 100 mL avec de l'eau distillée.
6. Prélevez 10 mL de la solution étalon 100 ppm de nitrate en utilisant l'éprouvette graduée de 100 mL. Versez dans la burette de 500 mL. Versez 490 mL d'eau distillée dans l'éprouvette graduée de 500 mL. Ajoutez-la ensuite au contenu du bécher ou de la burette de 500 mL.
7. Remuez avec précaution la solution. Versez le tout dans une bouteille munie d'un bouchon et étiquetez-la comme solution étalon d'azote des nitrates de 2,0 ppm.

OPTION 2 (au laboratoire)**Tâche**

Préparer la solution étalon d'azote des nitrates pour la procédure de contrôle de qualité en utilisant 1 mL de solution-mère d'azote des nitrates.

Ce dont vous avez besoin

- Solution étalon d'azote des nitrates (1000 ppm)
- Pipette
- Un bécher de 100 mL (ou plus)
- Eau distillée
- Un bécher ou une burette de 500 mL
- Balance
- Gants en plastique
- Bouteille ou bocal de 250 mL avec bouchon
- Lunettes de protection

Au laboratoire

1. Mettez les gants et les lunettes de protection.
2. Rincez un bécher de 100 mL et une éprouvette de 500 mL avec de l'eau distillée. Séchez-les.
3. Pesez le bécher de 100 mL sur la balance, puis laissez-le dessus.
4. Au moyen d'une pipette, versez 1,0 g de la solution de 1000 ppm d'azote des nitrates dans le bécher sur la balance.
5. Enlevez le bécher de la balance et remplissez-le d'eau distillée jusqu'à atteindre la ligne des 100 mL. Remuez la solution. Étiquetez la comme solution étalon de nitrate de 10 ppm.
6. Pesez l'éprouvette graduée de 500 mL sur la balance, puis laissez-la dessus.
7. Prélevez 40 g de la solution étalon 10 ppm de nitrate et versez-les dans l'éprouvette graduée de 500 mL. Utilisez une pipette propre pour ajouter les derniers grammes de solution étalon afin de ne pas dépasser les 40 g.
8. Ajoutez de l'eau distillée jusqu'à atteindre 200 g (solution étalon 10 ppm de nitrate + eau distillée) dans l'éprouvette graduée. Utilisez une pipette propre pour ajouter les derniers grammes d'eau afin de ne pas dépasser les 200 g.
9. Agitez la solution. Versez le tout dans une bouteille munie d'un bouchon et étiquetez la comme solution étalon d'azote des nitrates de 2,0 ppm.
10. Rincez tous les objets en verre et les pipettes avec de l'eau distillée avant de les ranger.

Informations à l'usage des enseignants

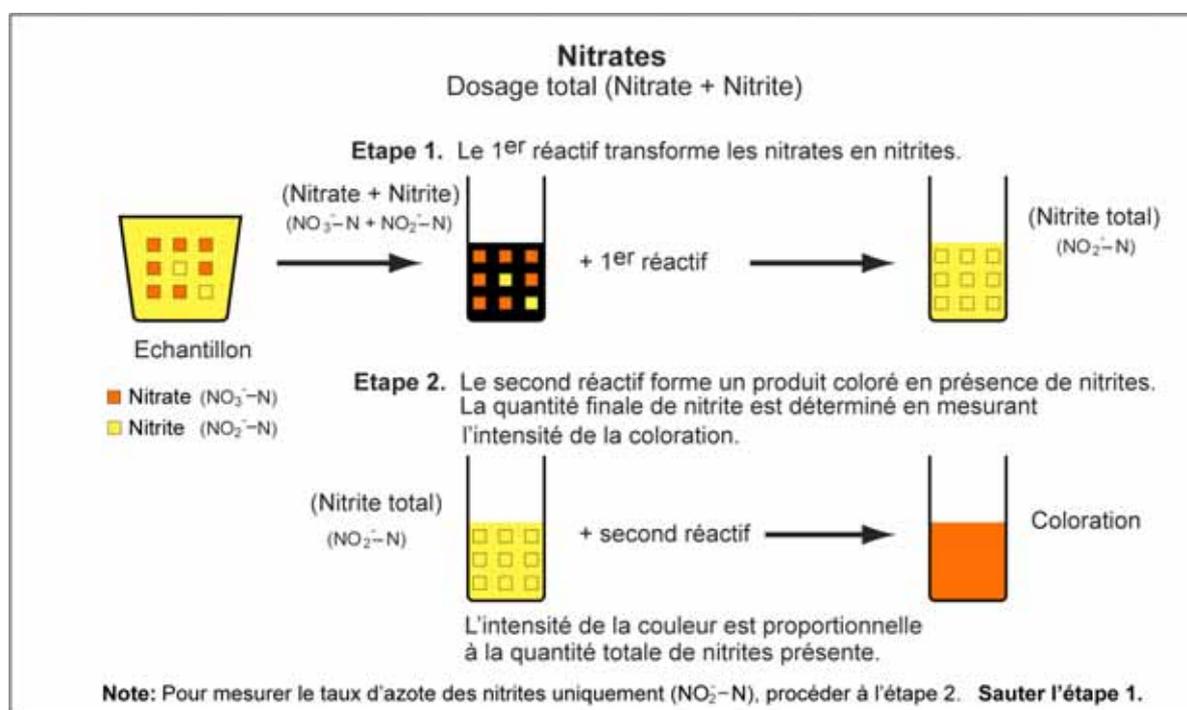
Comprendre le matériel de chimie pour la mesure des nitrates

Contrairement au nitrite (NO_2^-), il est difficile de mesurer directement le nitrate (NO_3^-). Afin de mesurer le nitrate (NO_3^-), le matériel utilisé transforme les nitrates (NO_3^-) de l'échantillon d'eau en nitrites (NO_2^-). Comme expliqué dans le mode d'emploi du matériel, vous ajouterez un produit chimique tel que le cadmium à l'échantillon d'eau, ce qui transformera les nitrates (NO_3^-) présents dans l'eau en nitrites (NO_2^-). Ensuite, vous ajouterez un deuxième produit chimique à l'échantillon d'eau qui réagira avec les nitrites (NO_2^-) et provoquera un changement de couleur proportionnel au taux de nitrite présent dans l'échantillon.

La mesure prise par le matériel fournit la concentration combinée de nitrite (s'il y en a) et de nitrate (souvenez-vous que les nitrates, NO_3^- , ont été transformés en nitrites, NO_2^-). Dans le Guide du maître de 1997, nous vous avons demandé de mesurer à la fois les nitrites (NO_2^-) et les formes combinées de nitrate et nitrite (voir procédure ci-dessus). Nous vous demandons à présent de ne noter que les formes combinées de nitrate et nitrite. Si l'eau de votre site présente des taux très bas d'oxygène dissous, nous vous encourageons à mesurer le taux de nitrite (NO_2^-). Pour cela, n'ajoutez pas le premier composant chimique tel que le cadmium, mais uniquement le deuxième qui réagit avec le nitrite (NO_2^-) afin de provoquer un changement de couleur. Le mode d'emploi du matériel devrait expliquer la marche à suivre. Voir schéma HY-NI-1.

La réaction chimique qui fait que les nitrates (NO_3^-) se transforment en nitrites (NO_2^-) s'appelle réaction d'oxydo-réduction. Ce genre de réactions est très courant et entraîne un déplacement d'électrons d'une molécule à l'autre. Il sera souvent écrit sur le matériel qu'il a été élaboré à partir d'une méthode de réduction par le cadmium, ce qui signifie que le cadmium a déplacé des électrons des nitrates (NO_3^-) pour former les nitrites (NO_2^-).

Schéma HY-NI-1



L'équipe de recherche en hydrologie a testé le matériel qui utilise le cadmium ou le zinc comme élément de réduction. Le matériel à base de cadmium a une résolution plus fine comprise entre 0,1 et 0,2 ppm; autrement dit, vous mesurerez une valeur dont l'exactitude sera de $\pm 0,2$ ppm. Le matériel à base de zinc qui a été testé offre, en règle générale, une résolution plus large, de 0,25 ppm. Cependant, le cadmium est cancérigène et il se peut qu'il ne soit ni recommandé ni autorisé dans votre école. Le matériel est conçu pour réduire l'exposition au cadmium et au zinc. Veuillez vérifier les règles de votre école avant de le commander. Nous espérons le développement de matériel qui utiliserait des produits chimiques différents.

GLOBE définit les concentrations en nitrate comme la quantité d'azote élémentaire sous forme de nitrate. Les concentrations sont exprimées en milligrammes par litre d'azote des nitrates (N-NO₃⁻).

Les milligrammes par litre (mg/L) sont équivalent aux parties par million (ppm). Par exemple, on notera une concentration comme suit: 14 g d'azote par mole de NO₃⁻ et non par grammes de NO₃⁻ (ce serait 62 g par mole de NO₃⁻). Il pourrait être utile de revoir la Classification périodique des éléments. L'azote pèse 14 g, et le NO₃⁻ 62 g (O=16 g). Le matériel utilisé est conçu pour mesurer l'azote des nitrates et nous vous demandons aussi de noter les valeurs de nitrate sous la forme d'azote des nitrates.

Pour vous entraîner, vous pouvez convertir l'azote des nitrates (mg/L) en nitrate (mg/L). Il suffit de multiplier la valeur que vous avez mesurée par 4,4. Ce nombre correspond au rapport entre les poids des molécules de nitrate et d'azote (62 g/14 g). Par exemple, prenons une mesure de 10 mg/L de N-NO₃⁻: en la multipliant par 4,4, on obtient 44 mg/L de NO₃⁻.

Comment mesurer

- La plupart des eaux naturelles ont des taux de nitrate inférieurs à 1,0 mg/L d'azote des nitrates, mais à certains endroits, les concentrations peuvent être supérieures à 10 mg/L.
Si votre matériel comporte une petite échelle de test (0-1 ppm) et une grande échelle de test (1-10 ppm), il est fort probable que vous n'utiliserez que la petite. Si vous n'êtes pas sûr du taux de nitrate présent, utilisez d'abord la petite échelle. Les élèves devront indiquer sur leur rapport l'échelle employée. Les valeurs supérieures à 10 ppm N-NO₃⁻ peuvent être négligées, sauf si une école indique que les résultats sont pertinents au-dessus de ce taux.
- Si votre matériel vous permet de mesurer l'azote des nitrates N-NO₃⁻, NE multipliez PAS la valeur que vous avez mesurée par 4,4. Notez directement la valeur donnée.
- Si le mode d'emploi du matériel indique que vous devez secouer l'échantillon, il est important que vous le secouiez pendant la durée exacte qui y est écrite. Utilisez une horloge ou une montre pour chronométrer. Faites en sorte qu'un élève secoue pendant qu'un autre surveille le temps.
- Ne notez pas de valeur si aucun test n'a été effectué pour déterminer la teneur en nitrate de l'eau. Une valeur de 0,0 ppm indique que l'eau a été testée et qu'aucun nitrate n'a été détecté.
- S'il y a de faibles valeurs d'oxygène dissous (par exemple inférieures à 3,0 mg/L) et que vous avez repéré des taux importants d'azote des nitrates (N-NO₃⁻), vous pouvez souhaiter mesurer les taux d'azote des nitrates (N-NO₂⁻).
- Si votre site présente une eau saumâtre ou salée, vous devez absolument vous assurer que votre matériel peut être utilisé dans une eau saumâtre ou salée. Si vous possédez déjà le matériel, consultez le mode d'emploi car certains instruments ne peuvent être utilisés dans une eau saumâtre ou salée.

Procédure de contrôle de qualité

Pour exécuter la procédure de contrôle de qualité, vous devez acheter une solution étalon d'azote des nitrates. Vous pouvez utiliser une solution étalon aqueuse ou une solution-mère sèche. La solution étalon que vous achèterez contient une forte concentration en N-NO_3^- (1000 ppm). Le guide du laboratoire explique comment il faut diluer la solution étalon jusqu'à atteindre la valeur de 2 ppm. C'est à partir de ce moment-là que les élèves peuvent mesurer la concentration de N-NO_3^- dans la solution étalon et comparer leurs résultats à la valeur attendue de la solution étalon de 2 ppm. La Fiche de préparation de la solution étalon de nitrate (au laboratoire) propose deux options pour préparer la solution étalon d'azote des nitrates de 2 ppm. L'option numéro 2 utilise moins de solution-mère et entraîne moins de déchets mais elle requiert plus de dextérité dans sa fabrication.

Une fois que vos élèves ont rempli la procédure de contrôle de qualité en utilisant la solution étalon de 2 ppm, jetez le reste des solutions étalons de 2 ppm et 100 ppm. Une nouvelle solution étalon de nitrate doit être préparée chaque fois que l'on effectue une procédure un contrôle de qualité.

Enfin, la Fiche de préparation de la solution-mère d'azote des nitrates de 1000 ppm (au laboratoire) vous montre comment obtenir une solution étalon concentrée de 1000 ppm à partir de nitrate de potassium (KNO_3). Cette méthode n'est recommandée que si vous disposez d'un laboratoire de chimie.

Protocoles complémentaires

Hydrologie: les élèves peuvent explorer les rapports entre transparence, température et oxygène dissous d'un côté, et quantité de nitrates dans l'eau de l'autre.

Couverture du sol/Biologie: l'examen des types de couverture du sol sur la ligne de partage des eaux peut aider à expliquer les caractéristiques de votre masse d'eau.

Atmosphère: la quantité des précipitations affectera le taux de ruissellement qui emporte les nutriments.

Mesures de sécurité

1. Les élèves doivent porter des gants quand ils manipulent des produits chimiques et les échantillons d'eau.
2. Les élèves doivent porter des lunettes de protection lorsqu'ils travaillent avec des produits chimiques. Ils doivent également mettre des masques chirurgicaux avant d'ouvrir des réactifs en poudre.
3. Il faut demander à la direction de l'école ce que vous devez faire des déchets des produits chimiques utilisés.

Entretien des instruments

- Tous les produits chimiques doivent être hermétiquement fermés et tenus éloignés de toute source directe de chaleur. Au bout d'un an, achetez de nouveaux produits.
- Tous les objets en verre utilisés doivent être rincés avec de l'eau distillée avant d'être rangés.
- Utilisez le matériel pour effectuer une procédure de contrôle de qualité tous les six mois afin de vous assurer que les produits chimiques sont toujours bons.

Questions pour une recherche plus avancée

- Pourquoi pensez-vous qu'il pourrait exister un schéma saisonnier des données sur le nitrate?
- Existe-t-il un lien entre le taux de nitrate sur votre site et le type de couverture du sol au niveau de la ligne de partage des eaux?
- La température a-t-elle une influence sur la teneur en nitrate de l'eau?
- Existe-t-il un lien entre les types de sol au niveau de la ligne de partage des eaux et la quantité de nitrate d'un corps aqueux?

Analyse des résultats

Les résultats sont-ils probants?

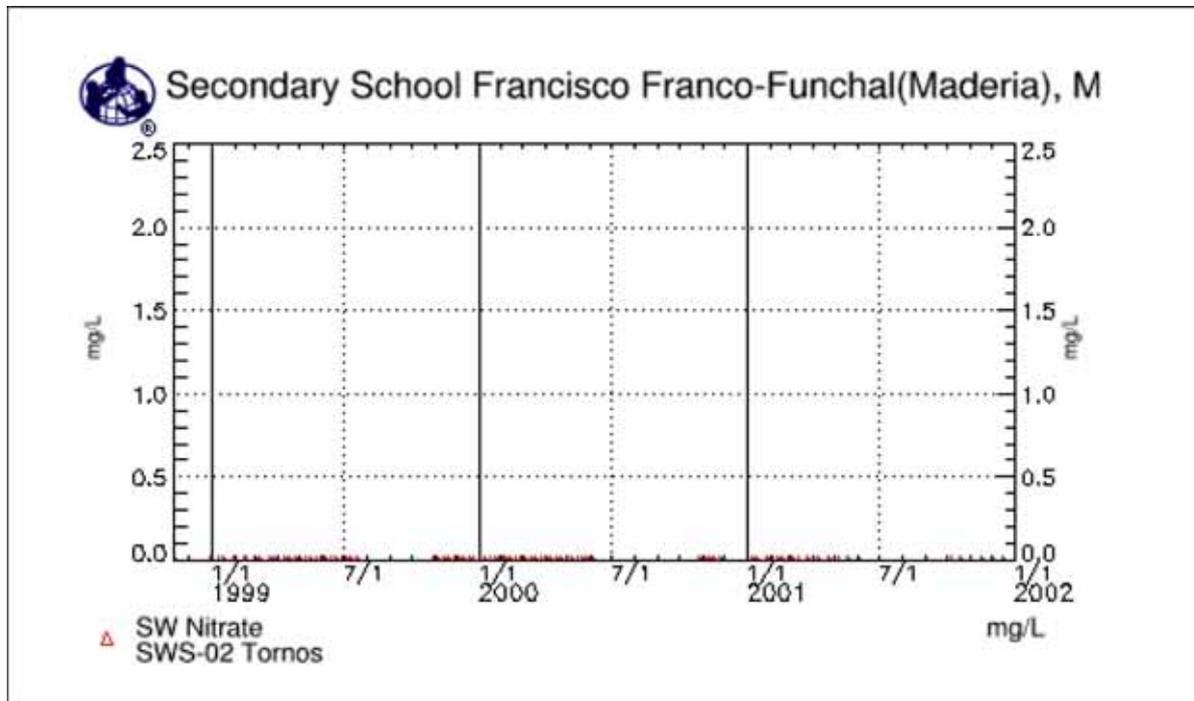
Les valeurs de nitrate sont généralement comprises entre 0,0 et 10 ppm. Il est possible de relever une valeur de 0,0 ppm: elle doit donc être notée. Il n'est pas rare de relever plusieurs fois une valeur de 0,0 ppm comme on le voit sur le graphique HY-NI-2. Il est possible de relever des valeurs supérieures à 10,0 ppm. Cependant, il est probable que le site web les rejettera du fait des caractéristiques du contrôle de qualité. Veuillez vérifier à nouveau les valeurs supérieures à 10,0 ppm afin de vous assurer qu'elles sont correctes. Si tel est le cas, contacter l'équipe d'hydrologie.

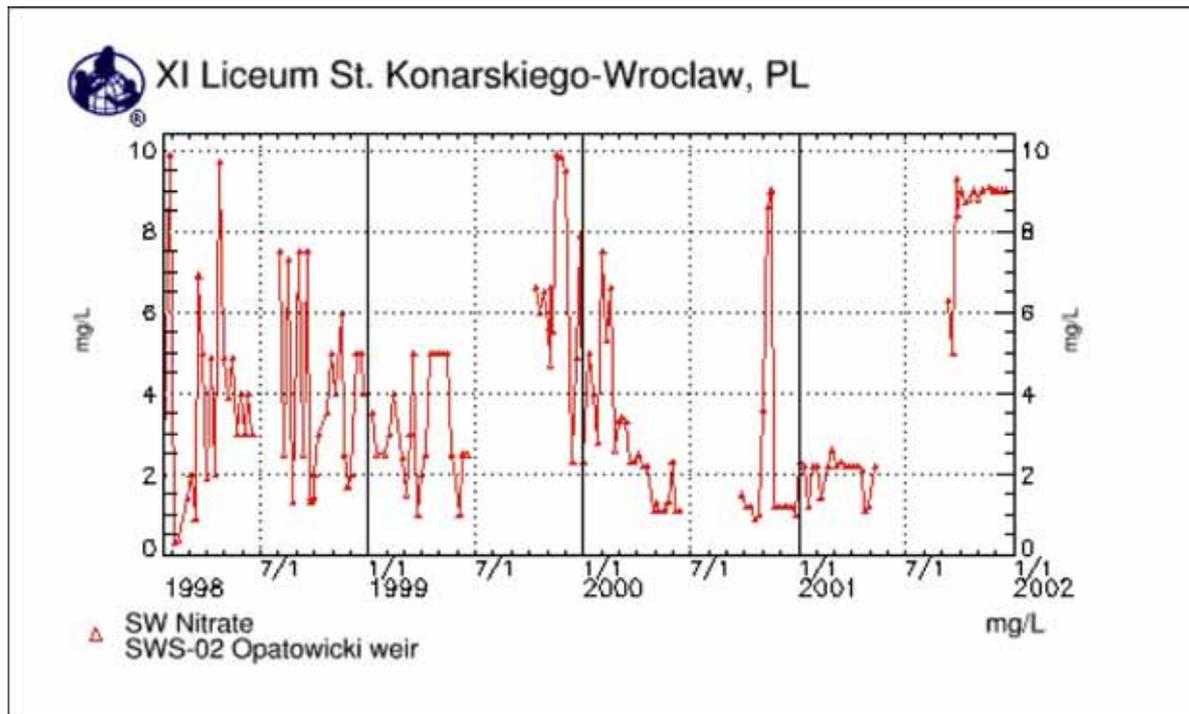
Que recherchent les scientifiques dans les données?

Les taux de nitrate peuvent affecter l'écologie des masses d'eau, ainsi que la façon dont les hommes utilisent l'eau. Les scientifiques suivent de près la quantité de nitrates présente dans l'eau potable pour la santé de la population. Le taux maximum de nitrate autorisé dans l'eau potable varie selon les pays. Les scientifiques et les gestionnaires des ressources surveillent également les sites d'eau car des taux élevés de nitrate peuvent entraîner une eutrophisation de la masse d'eau. Enfin, des taux élevés de nitrate peuvent entraîner une baisse des taux d'oxygène, phénomène qui peut nuire à la faune aquatique et entraîner la mort de poissons. Le phosphate est une cause courante d'eutrophisation des masses d'eau, particulièrement des lacs d'eau douce et des étangs.

Les sites ont souvent des variations saisonnières (voir graphique HY-NI-3). Les scientifiques observent régulièrement l'atmosphère, la couverture du sol, les données du sol et les activités humaines afin d'établir des liens entre les résultats de ces observations et les quantités saisonnières de nitrate.

Graphique HY-NI-2



Graphique HY-NI-3**Examples of Student Research
Investigation****Investigation #1**

monthly average for all years shown in the last column to the right.

The students use the spreadsheet program to plot the monthly data using a different symbol

Exemple de projet

TRAVAIL N°1

Formulation d'une hypothèse

Les élèves étudient les données sur les nitrates relevées à la rivière Warta par le Complex of Schools C.K. Norwida de Czeszochowa (Pologne) pendant trois ans (graphique HY-NI-4, graphique du haut). Certains élèves ont l'impression qu'il existe un cycle annuel: les valeurs les plus élevées sont en milieu d'année et les valeurs les plus basses en hiver. Tous les élèves ne sont pas convaincus car les données paraissent ne semblent pas avoir été prises à intervalles réguliers. Cependant, ils sont tous d'accord pour émettre l'hypothèse suivante: il existe un cycle annuel du taux de nitrate dans la rivière Warta.

Collecte et analyse des données

Les élèves commencent par relever les moyennes mensuelles d'azote des nitrates sur le serveur de GLOBE (graphique 3, graphique du bas) ce qui fait apparaître un cycle annuel. Ils créent, sur le site web, un tableau avec les données du graphique et téléchargent les moyennes mensuelles d'azote des nitrates. Ils reportent les données dans un tableau où chaque ligne correspond à un mois de l'année et chaque colonne à une année (voir tableau HY-NI-1). Ensuite, dans la dernière colonne, ils inscrivent la moyenne de toutes les années.

Les élèves reportent ces données mensuelles sur un graphique en utilisant un symbole différent pour chaque année et une courbe pour montrer où se situe la moyenne (graphique HY-NI-5). Il est beaucoup plus facile à présent de constater un cycle annuel. La moyenne la plus basse d'azote des nitrates est relevée entre janvier et mars (2 ppm) et la plus élevée entre mai et août (7 ppm). On mesure les valeurs intermédiaires (4 ppm) entre septembre et décembre. Hormis en juin et en novembre, chaque année, le nitrate se situe à ± 2 ppm N-NO₃⁻ de la moyenne.

Communication des résultats

Les élèves écrivent un rapport et présentent leurs résultats à la classe.

Recherche suivante

Ce site présente un cycle annuel pour le nitrate d'azote mais les élèves ne savent pas vraiment pourquoi. Ils décident de collecter des données sur les précipitations dans cette zone pour voir quels sont les mois les plus pluvieux. Coïncideront-ils avec les mois où l'on relève les plus hauts taux de nitrate?

TRAVAIL N°2

Formulation d'une hypothèse

Une équipe d'élèves chercheurs a observé les taux d'azote des nitrates dans la rivière Warta à Czeszochowa (Pologne) relevés par le Complex of Schools C.K. Norwida. Ils ont déjà établi que la moyenne mensuelle étudiée d'azote des nitrates correspondait à un cycle annuel au cours duquel les valeurs les plus élevées étaient relevées entre mai et août et les plus basses entre janvier et mars. Ils pensent que les taux d'azote des nitrates peuvent avoir un lien avec la quantité de ruissellement provoqué par les précipitations. Leur hypothèse est la suivante: le taux moyen de nitrate est le plus élevé pendant les mois où les pluies sont les plus abondantes.

Collecte et analyse des données

Leur première tâche est de trouver des données sur les précipitations dans cette région. L'école qui a relevé les données d'azote des nitrates dispose d'une excellente base de données sur les eaux de surface constituée sur plusieurs années, mais les élèves n'ont pas relevé les données atmosphériques. Les élèves ont d'abord cherché sur le serveur de GLOBE les écoles voisines. Il n'y a aucune autre école à Czestochowa mais plusieurs écoles GLOBE dans des villes voisines qui disposent de données sur les précipitations dont XI Liceum St Konarskiego à Wroclaw, Silesian Technical Scientific Schools à Katowice et Gimnazjum N°9 à Rzeszow. Les élèves relèvent les données mensuelles des précipitations des trois écoles. Voir graphique HY-NI-5. Ils n'observent aucune tendance commune aux trois sites. Même si les données de Rzeszow confirment la tendance qu'ils cherchaient (fortes précipitations en été), ils ne disposent pas de données pour chaque mois. Les données de Wroclaw montrent qu'il y a eu des précipitations très abondantes pendant les mois d'hiver de 2000 et 2001 alors que les données de Katowice n'indiquent aucune tendance; de plus, il n'y a aucune donnée pour les mois d'été.

Les élèves décident donc de chercher des informations sur Czestochowa sur Internet. Ils trouvent un site qui répertorie les moyennes climatiques de plusieurs villes: ils obtiennent ainsi la moyenne mensuelle des précipitations pour Czestochowa. Ces données ne correspondent pas à la même période que celle où les données sur le nitrate d'azote ont été relevées (1997-2001) mais à la place, il y a une moyenne mensuelle des valeurs des précipitations sur une plus longue durée (inconnue). Ils inscrivent les valeurs dans un tableau, à côté des données sur le nitrate d'azote. C'est de mai à août inclus que l'on observe les moyennes les plus élevées de nitrate d'azote et les plus fortes précipitations. Les trois mois où les taux d'azote des nitrates sont au plus bas (janvier-mars) sont les mois où la moyenne des précipitations est la plus basse. Ils concluent que leur hypothèse est correcte: le taux moyen de nitrate est le plus élevé pendant les mois où les pluies sont les plus abondantes.

Débat et recherche à venir

Les élèves élaborent un dernier graphe où ils reportent les moyennes des précipitations mensuelles, les moyennes d'azote des nitrates sur trois ans et le temps. Voir graphique HY-NI-6. Un élève se demande pourquoi les taux de nitrate commencent à monter en avril avant que les précipitations n'augmentent.

Les élèves exposent plusieurs éventualités et débattent des autres informations dont ils auraient besoin pour pouvoir les vérifier.

Il se peut que la fonte des neiges ait lieu en avril; elle serait donc responsable du lessivage des nitrates. (Les élèves devraient étudier la couche de neige en amont de leur site et consulter un registre des températures pour déterminer quand aurait pu débuter la fonte des neiges).

De 1998 à 2000, il a peut-être davantage plu en avril que lors des autres années où les précipitations ont été relevées. (Les élèves devraient vérifier cette hypothèse en cherchant des données uniquement sur cette période).

Les agriculteurs commencent peut-être à mettre de l'engrais en avril.

(Les élèves devraient déterminer le début de la fertilisation en amont et la composition des engrais).

Communication des résultats

Les élèves écrivent un rapport et présentent leurs résultats à la classe. Ils soumettent également leur rapport au site web de GLOBE dans la section «Recherche des élèves».

Fiches de relevé des mesure d'hydrologie

Nom de l'école:

Site d'observation:

HY-

Noms des observateurs:

Heure des mesures

Année:

Mois:

Jour:

Heure locale (heure:min):

Temps universel UT (heure:min):

État du cours d'eau (cocher la case qui convient)

Normal En crue À sec Gelé Inaccessible

Transparence de l'eau

Nébulosité (cocher la case qui convient)

Sans nuages Partiellement couvert (50–90%)
 Ciel clair (<10%) Ciel couvert (>90%)
 Nuages isolés (10–24%) Ciel obscurci
 Nuages épars (25–49%)



DISQUE DE SECCHI

Compléter les données suivantes suivant la méthode utilisée, disque de Secchi ou tube de turbidité.

1 première mesure de Secchi:

Longueur de corde entre l'observateur et le point de disparition du disque _____ mètres

Longueur de corde entre l'observateur et le point de réapparition du disque _____ mètres

Longueur de corde entre l'observateur et la surface de l'eau _____ mètres

Le disque de Secchi touche le fond et reste toujours visible.
 Indiquer la profondeur de l'eau, si la case est cochée _____ mètres

2 seconde mesure de Secchi:

Longueur de corde entre l'observateur et le point de disparition du disque _____ mètres

Longueur de corde entre l'observateur et le point de réapparition du disque _____ mètres

Longueur de corde entre l'observateur et la surface de l'eau _____ mètres

Le disque de Secchi touche le fond et reste toujours visible.
 Indiquer la profondeur de l'eau, si la case est cochée _____ mètres

3 troisième mesure de Secchi:

Longueur de corde entre l'observateur et le point de disparition du disque _____ mètres

Longueur de corde entre l'observateur et le point de réapparition du disque _____ mètres

Longueur de corde entre l'observateur et la surface de l'eau _____ mètres

Le disque de Secchi touche le fond et reste toujours visible.
Indiquer la profondeur de l'eau, si la case est cochée _____ mètres

Tube de turbidité

Remarque: si le disque à secteurs reste visible lorsque le tube est totalement rempli, cocher la case «plus profond que le tube de turbidité», et compléter la longueur du tube.

Mesure 1: _____ cm Plus profond que le tube de turbidité? Oui Non

Mesure 2: _____ cm Plus profond que le tube de turbidité? Oui Non

Mesure 3: _____ cm Plus profond que le tube de turbidité? Oui Non

**Température de l'eau**

| Nom de l'observateur: | Température °C: | Température moyenne: |
|-----------------------|-----------------|----------------------|
| 1. | | °C |
| 2. | | |
| 3. | | |

**Oxygène dissous**

| Nom de l'observateur: | Oxygène dissous mg/L: | Teneur moyenne en oxygène |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| 1. | | mg/L |
| 2. | | |
| 3. | | |

Conductivité

Température de l'échantillon lors de la mesure:



| Nom de l'observateur: | Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$: | Conductivité moyenne: |
|-----------------------|--|-------------------------|
| 1. | | $\mu\text{S}/\text{cm}$ |
| 2. | | |
| 3. | | |

Valeur de la solution d'étalonnage de la conductivité _____ $\mu\text{S}/\text{cm}$ **PH de l'eau**Cocher la méthode de mesure utilisée: papier PH PH-mètre

| Nom de l'observateur: | pH: | pH moyen: |
|-----------------------|-----|-----------|
| 1. | | ph |
| 2. | | |
| 3. | | |

Valeur des tampons d'étalonnages utilisés: pH 4 pH 7 pH 10 (cocher tous les tampons utilisés)

Alcalinité**pour kit chimique avec lecture directe**

| Nom de l'observateur: | Alcalinité de CaCO ₃ mg/L: | Alcalinité moyenne: Sous forme de CaCO ₃ |
|-----------------------|---------------------------------------|---|
| 1. | | mg/L |
| 2. | | |
| 3. | | |

Alcalinité: pour kit chimique par comptage de gouttes, ou par comparaison

| Nom de l'observateur: | Nombre de gouttes, ou volume d'acide mL: | Facteur de conversion pour le kit utilisé | Alcalinité de CaCO ₃ mg/L: |
|-----------------------|--|---|---------------------------------------|
| 1. | | x | = |
| 2. | | x | = |
| 3. | | x | = |

**Nitrate total** (N-NO₃⁻ + N-NO₂⁻)

| Nom de l'observateur: | Nitrate et nitrite mg/L: | Teneur moyenne en nitrate et nitrite: |
|-----------------------|--------------------------|--|
| 1. | | mg/L |
| 2. | | |
| 3. | | |

Appendix

Glossaire

acide

Substance hydrogénée qui, en solution aqueuse, donne des ions hydrogènes H^+ , et, de ce fait, présente un ensemble de propriétés caractérisant la «fonction acide» (en particulier, pH inférieur à 7, action sur une base pour donner un sel, l'hydrogène étant remplacé par un métal).

abondance

Nombre d'individus représentant une même espèce (taxon) présents dans un échantillon.

abondance des espèces

Nombre relatif des individus de chaque espèce par rapport à l'ensemble d'une biocénose.

acidité

Qualité acide d'un corps qui s'exprime par le pH (logarithme de l'inverse de la concentration). Qualité acide d'un corps qu'on oppose à l'alcalinité.

aérosol

Suspension de particules solides ou liquides, de dimensions micrométriques, dans un milieu gazeux. La dimension, la forme, le mode de dispersion de ces particules amènent à distinguer entre fumées, brouillards, brumes et poussières. Les particules sont généralement d'un diamètre inférieur au micron (0,001mm).

alcalin

Qualifie des corps chimiques qui libèrent des ions OH^- lorsqu'ils sont mis en solution dans l'eau.

alcalinité

Capacité d'un milieu aqueux à réagir quantitativement avec des ions hydrogènes. Teneur de l'eau en carbonates, en bicarbonates, en hydroxydes et parfois en borates, en silicates et en phosphates. L'alcalinité s'exprime en milligrammes par litre de carbonate de calcium.

basique

Terme décrivant des substances qui présentent des caractères alcalins. Qualifie des corps chimiques qui libèrent des ions OH^- lorsqu'ils sont mis en solution dans l'eau. Terme décrivant une matière dont le pH dans l'eau est supérieur à 7,0. Se dit d'une substance pouvant s'unir aux acides pour former des sels et aux graisses pour former des savons.

bassin-versant

Territoire dont les eaux se déversent vers un lieu donné: cours d'eau, lac, ouvrage artificiel, etc. Le bassin-versant se définit par rapport à un lieu donné, tel que l'embouchure d'un fleuve, une rivière ou un barrage (par exemple, le bassin-versant du Rhône).

benthique

Qui est relatif aux fonds marins ou lacustres.

benthos

Ensemble des espèces aquatiques qui vivent sur des fonds (ou à proximité) et qui en dépendent pour leur nourriture. Ces organismes peuvent être fixes ou mobiles: nageants, rampants ou fousseurs.

biodiversité

Ensemble des gènes, des espèces et des écosystèmes d'une région ou d'un milieu naturel donnés. Le terme biodiversité provient de la contraction de l'expression diversité biologique.

chaleur massique (chaleur spécifique)

Quantité de chaleur nécessaire pour augmenter de 1°C la température d'un kilogramme d'une substance, sans qu'il y ait de changement de phase. La chaleur spécifique de l'eau est de 4120 J/kg°C et celle de l'air est de 1000 J/kg°C.

conductimètre

Appareil qui permet de mesurer la capacité d'un liquide de faire passer de l'électricité d'un point à un autre sous l'action d'une différence de potentiel électrique.

conductivité

Inverse de la résistivité dont la mesure permet de déterminer la minéralisation globale de l'eau. Pour l'examen de la qualité de l'eau, celle-ci est souvent appelée «conductivité électrique» et peut être utilisée comme mesure de la concentration des solutés ionisés présents dans l'échantillon.

cycle hydrologique (cycle de l'eau)

Cycle complet des phénomènes subis par l'eau depuis la vapeur d'eau atmosphérique, en passant par l'état liquide ou solide sous forme de précipitations, pour s'écouler sur ou sous la terre jusqu'à la mer, et finalement retourner à la forme de vapeur d'eau atmosphérique par l'action de l'évaporation et de la transpiration.

dénitrification

Réduction de la concentration des nitrates dissous dans l'eau généralement sous l'action de bactéries. Réduction par des bactéries des nitrates en nitrites, puis en azote élémentaire.

densité

La densité d'une substance est le poids d'un volume donné de cette substance à une température donnée par comparaison avec le poids d'un volume égal d'eau à la température, toutes les pesées étant effectuées dans l'air.

dureté

Teneur plus ou moins élevée d'une eau en cations, calcium et magnésium. Elle s'exprime en milligramme de CaCO₃ par litre. Elle est due principalement à la présence d'ions calcium et magnésium. La dureté désigne la quantité totale, exprimée en partie par million (ppm), de calcium en CaCO₃ et de magnésium exprimé en équivalent de CaCO₃: [dureté ppm (en CaCO₃) = (ppm ca x 2,497 + ppm mg x 4,116)]. Propriété de l'eau qui se manifeste par une difficulté à former de la mousse avec du savon.

eau naturelle

Eau telle qu'elle se présente à l'état naturel. Elle contient généralement des matières solides, liquides ou gazeuses en solution ou en suspension.

eau saumâtre

Mélange d'eau douce et d'eau de mer en proportion variable. Eau contenant des sels en moindre proportion que l'eau de mer. Mélange d'eau douce et d'eau salée dans la partie du cours d'un fleuve soumise aux marées (embouchure). Eau dont la salinité, inférieure à celle de la mer (35% en moyenne), est cependant trop élevée pour être buvable.

eau subtoxique

Eau dont la quantité d'oxygène dissous disponible pour les organismes vivants est inférieure à 4 mg/L, et ne suffit plus à leurs besoins.

eaux courantes

Eaux des fleuves, rivières, ruisseaux, torrents, par opposition aux eaux stagnantes ou dormantes des lacs, étangs, mares.

échelle logarithmique

Échelle graphique pour laquelle chaque unité de graduation représente une augmentation ou une diminution par un facteur 10, par rapport à l'unité de graduation précédente.

écosystème lotique

Ecosystème d'eau douce, où l'eau est courante (rivières, torrents, sources, eaux phréatiques).

électrode

Partie terminale d'un appareil de mesure électronique, destinée à être immergée dans un liquide, pour en déterminer les propriétés électriques. (Électrode de pH, électrode à oxygène, ou de conductimétrie)

équitabilité

Distribution du nombre d'individus par espèce (par taxon).

étalonnage

Détermination expérimentale de la relation entre la quantité à mesurer et l'indication donnée par l'instrument, le dispositif ou le procédé de mesure.

eutrophisation

Processus évolutif, naturel ou provoqué, rendant un écosystème, et particulièrement un lac, de plus en plus pourvu de sels nutritifs (nitrates, phosphates) et donc de plus en plus riche en organismes vivants et en matières organiques. Enrichissement de l'eau, qu'elle soit douce ou saline, par des nutriments, en particulier par des composés d'azote et de phosphore, qui accélèrent la croissance d'algues et des formes plus développées de la vie végétale. Processus d'accumulation de matières organiques dans les eaux stagnantes, dû à la prolifération et à la décomposition des végétaux non consommés, ce qui diminue la teneur en oxygène des eaux profondes. Ce processus naturel est accéléré par l'apport de matières nutritives lié aux activités humaines.

exactitude

Qualité des données qui sont conformes aux caractéristiques des phénomènes qu'elles représentent.

fosse

Formation relativement petite mais plutôt profonde contenant de l'eau calme dans un cours d'eau.

gué

Endroit peu profond d'un cours d'eau permettant la traversée de celui-ci par les véhicules ou les piétons.

in situ

Au lieu même, soit localisé, ou à sa place normale ou en position habituelle.

lac

Masse d'eau de grande étendue à l'intérieur des terres.

lentique

Qualificatif s'appliquant à ce qui est caractéristique des eaux douces à circulation lente ou nulle (lacs, étangs, canaux).

ligne de partage

Limite topographique entre les bassins-versants.

lotique

Qui est propre aux eaux courantes. Habitat d'eau douce. Se dit de l'aspect des eaux courantes.

masse d'eau

Grand volume d'eau caractérisé par une température et une salinité spécifiques ou par sa composition chimique.

masse volumique

Représente la masse par unité de volume (généralement exprimée en grammes par centimètre cube: g/cm³).

mesureur

Appareil de mesure électronique

molaire

Relatif à une molécule-gramme ou mole.

molarité

Concentration d'une solution exprimée en nombre de moles d'un soluté par litre de solution.

mole

Unité de masse d'un corps chimique correspondant à la masse d'un nombre de molécules égal au nombre d'Avogadro (= $6,022 \times 10^{23}$).

molécule

Partie la plus petite d'un corps pur, théoriquement susceptible d'être isolée par des moyens mécaniques.

mouille

Sur les rivières à courant libre, passage ayant quelque profondeur et dans lequel la circulation était aisée.

neutre

Qui n'est ni acide ni alcalin. Se dit d'une solution dont le pH est proche de 7.

nitrate

Sel de l'acide nitrique.

nitrites

Sels de l'acide nitreux (HNO²). Toxiques. Peuvent apparaître sous l'action réductrice de certains germes à partir des nitrates (salpêtre et KNO₃) ou par oxydation de l'ammoniac (cas des Nitrosomonas).

oxygène dissous

Quantité d'oxygène présent en solution et disponible pour la respiration des organismes aquatiques. La solubilité de l'oxygène diminue dans les eaux chaudes.

pH

Le pH est utilisé pour évaluer l'eau, les sols, les aliments, etc.

pH-mètre

Appareil à montage potentiométrique permettant la mesure du pH d'une solution.

photosynthèse

Biosynthèse conditionnée par la lumière qui permet à certains organismes d'élaborer des substances organiques. Synthèse de matière organique à partir de gaz carbonique et d'eau, en présence de lumière par des organismes vivants utilisant des pigments réagissant photochimiquement.

pluie acide

Eau de pluie dont le très bas niveau de pH, généralement inférieur à 5, est dû à des concentrations anormalement élevées des substances acides qu'elle contient. Les substances contenues dans la pluie acide ont un effet néfaste sur les plantes, l'eau et la vie aquatique. Elles peuvent également accélérer la détérioration des édifices et des monuments, et être nocives pour la santé humaine. L'acidité de la pluie est due principalement à l'émission de dioxyde de soufre et de certains oxydes d'azote, gaz qui proviennent de la combustion du charbon et du pétrole dans les secteurs de la fonderie et des transports.

ppm (partie par million)

Nombre d'unités d'une substance par million d'unités du constituant principal (eau, air, sol).

précipitation

Réaction chimique au cours de laquelle des ions précédemment en solution forment un solide insoluble. Apport d'eau total, mesurable, de toutes les formes sous lesquelles elle tombe, y compris la rosée, la pluie, le brouillard, la neige, la grêle et la neige mélangée de pluie; il est généralement exprimé par la hauteur d'eau liquide sur une surface horizontale correspondant à un jour, un mois ou une année et est appelé, par conséquent, précipitation journalière, mensuelle ou annuelle.

précision

Qualité qui exprime le degré d'erreur du résultat d'une mesure. La précision peut être déterminée soit, dans le cas d'une seule mesure, par le mode opératoire et les instruments utilisés, soit par l'analyse statistique d'un ensemble de mesures, soit par l'écart constaté par rapport à une valeur connue. La précision se rapporte toujours à une valeur quantitative par rapport à la valeur réelle. La précision croît en sens inverse de l'erreur.

productivité

On appelle productivité la biomasse formée pendant un temps déterminé (généralement un jour ou un an), sur une surface déterminée. Quantité de matière vivante produite par une population ou par une communauté végétale ou animale ou par une biocénose au cours d'une période de temps déterminée (généralement au cours du cycle annuel).

proton

ion d'hydrogène H⁺.

qualité de l'eau

Terme utilisé pour décrire les propriétés chimiques, physiques et biologiques de l'eau, compte tenu de son utilisation.

radier

Partie inférieure de la section d'un chenal naturel ou artificiel.

réactif

Substance employée dans les opérations chimiques en vue des réactions qu'elle y produit.

rivière

Masse d'eau naturelle s'écoulant de façon continue ou intermittente selon un tracé bien défini vers un océan, une mer, un lac, une dépression, un marais ou un autre cours d'eau.

ruissellement

Écoulement par gravité à la surface du sol, suivant la pente de terrain, des eaux météoriques qui ont échappé à l'infiltration, à l'évaporation et au stockage à la surface du sol. Écoulement de l'eau de pluie ou de fusion des neiges à la surface du sol qui provoque l'érosion dès que la vitesse est suffisante pour entraîner des particules solides.

salinité

Concentration de l'eau salée et de l'eau de mer en sels dissous, principalement en chlorure de sodium.

sel

Composé résultant de l'action d'un acide sur une base.

siemens (mho)

Unité de mesure de la conductivité. Inverse de la résistance électrique exprimée en «ohm». «Mho» est un anagramme de ohm.

solides en suspension

Très petites particules de solide insolubles et qui ne décantent que très lentement, ou pas du tout.

solubilité

Propriété que possède une substance de se dissoudre dans une autre. Proportion de substance qui peut être dissoute dans une masse donnée ou dans un nombre de moles ou dans un volume donné de solvant, à saturation, pour une température et une pression déterminée.

soluté

Substance dissoute dans un solvant. Substance se dissolvant dans une autre.

solution

Liquide homogène formé par dispersion complète et uniforme des molécules d'un corps chimique dans un solvant.

solution saturée

Solution qui contient, à une température donnée, autant de soluté qu'elle peut en dissoudre lorsqu'elle est en présence d'un excès de ce soluté.

solution tampon

Solution assez concentrée dont le pH reste sensiblement constant malgré l'addition d'un acide ou d'une base ou malgré sa dilution. Solution dont le pH est automatiquement ramené à une valeur d'équilibre grâce à la présence de certains sels dissous, régulateurs de l'équilibre acides-bases.

solvant

Substance, généralement liquide, capable de dissoudre une autre substance.

stagnant

Fluide qui ne s'écoule pas, reste immobile. Eau dormante.

suspension

Solution contenant de très petites particules solides et insolubles, trop petites pour se déposer.

taxa

Ensemble de taxons (un taxon, des taxa).

taxon

Groupe d'êtres vivants ou fossiles qui ont des traits communs.

titrant

Réactif de dosage volumétrique.

titration

Opération de dosage volumétrique d'une solution, servant à déterminer la quantité de matière en solution.

topographie

Configuration de la surface du terrain.

transparence de l'eau

Propriété d'une eau claire, limpide, non troublée par la présence de matières dissoutes ou en suspension. Inverse de la turbidité. Eau dont la transmission de la lumière est élevée et permet de discerner des objets immergés, même à grande profondeur.

turbidité

Réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute. Caractéristique d'une eau dont la transparence est atténuée en raison de la présence de fines particules en suspension d'origine naturelle ou dues à des agents polluants.

vapeur d'eau

Ensemble de molécules d'eau présentes sous la forme de gaz dans une atmosphère constituée d'autres gaz.

Littérature

Trompette R.,
La Terre, une planète singulière, Ed. Belin, 2003, ISBN 2-7011-3064-6

Cosandey C. (sous la direction de), 2003,
Les eaux courantes – Géographie et environnement, Ed. Belin, Coll. Sup – Géographie.

Bethemont J., 1977,
De l'eau et des hommes, Ed. Bordas.

Touchart L., 2003,
Hydrologie – Mers, fleuves et lacs, Ed. A. Colin, coll. Campus.

Lambert R., 1996,
Géographie du cycle de l'Eau. Toulouse, Ed. Presses Universitaires du Mirail.

Encyclopédie Larousse «Théma».
Chapitres «Eaux terrestres»; «Quelques grands fleuves du monde»; «Lacs et glaciers», Ed.
Larousse, Paris.

Liens

GLOBE, informations, mesures, résultats, visualisation des résultats

GLOBE, site international, base de données:

www.globe.gov

GLOBE-swiss homepage:

www.globe-swiss.ch

Hydrologie générale

EPFL, cours d'hydrologie générale, Prof. Musy:

<http://hydram.epfl.ch/e-drologie/>

Notre-planète: dossier sur les différents thèmes de l'hydrologie

<http://www.notre-planete.info/geographie/geomorphologie.php>

Le cycle de l'eau, ressources hydriques

CNRS, dossier scientifique «le cycle de l'eau»:

<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/cycle/menuCycle.html>

Galileo, ressources éducatives, «le cycle de l'eau»:

http://galileo.cyberscol.qc.ca/InterMet/eau/cycle_eau.htm

UNEP, programme des Nations Unies pour l'environnement, (en anglais):

<http://www.unep.org/vitalwater/> et <http://www.vitalgraphics.net/>

Jeux quiz, sur le cycle de l'eau (en anglais):

<http://www.cchs.co.uk/subjects/geography/gcse/exercises/rivers/hydrological-cycle.htm>

Animations interactives sur le cycle de l'eau (version flash):

http://www.lyonnaise-des-eaux.fr/IMG/swf/anim_cycle-2.swf (site en français)

http://www.meteofrance.com/FR/pedagogie/jeunesse_et_jeux/index.jsp

(pour les plus jeunes)

<http://polaris.umuc.edu/cvu/envm/hydro/hydro.html> (site en anglais)

Neige et glaciers

Réseau Suisse des observations glaciaires, informations, fonte des glaciers en direct:

<http://glaciology.ethz.ch/swiss-glaciers/>

Eaux souterraines

SSIGE, site d'informations de la Société Suisse du Gaz et des Eaux,

très complet:

http://www.trinkwasser.ch/fr/frameset_fr.htm?html/trinkwasser/nav_tw_fr.html~leftFrame

Nitrates

Nitrate.ch, site d'information sur la réduction des nitrates dans les eaux souterraines:

<http://www.nitrate.ch/f/index.html>

Musées, excursions, jeux

Excursions hydrologiques en suisse: 3 visites thématiques

Thème 1. L'eau en ville (Lausanne)

Thème 2. L'eau dans le bassin versant (Châtel-St-Denis – Veveyse)

Thème 3. L'eau en zone calcaire (Le Brassus)

Informations, description des parcours, commande des brochures et guides:

http://hydrant.unibe.ch/hades/exku/ex_inhalt_06.htm

Sentier de la géomatique:

Promenade avec expériences de géométrie et de positionnement (Gland – Bassins)

http://jep.cfrlacote.ch/article.php?id_article=16

Musée du Léman:
Expositions thématiques, aquarium géant
<http://www.museeduleman.ch/>

Divers, offices fédéraux, associations

UNESCO, glossaire des termes utilisés en hydrologie:

<http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/HINDFR.HTM>

EAWAG, institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux,
site en allemand et anglais:

<http://www.eawag.ch/>

OFEV, office fédéral de l'environnement, liens thématiques vers l'eau, l'hydrologie,
et l'hydrogéologie:

<http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/fr/fachgebiete/index.html>

ASL, association de sauvegarde du Léman, thèmes divers, Opération Rivières Propres:

<http://www.asleman.ch/>

CIPEL, commission internationale pour la protection des eaux du lac,
dossiers thématiques:

<http://www.cipel.org/sp/>

http://www.partnersinair.org/fr/curriculum_unit1a_bkgd.html



Energie solaire, éolienne et hydraulique pour vos SMS et E-Mails

Swisscom utilise de l'énergie écologique solaire, éolienne et hydraulique pour transmettre vos SMS et E-Mails. Swisscom est le plus grand utilisateur de Suisse d'électricité écologique «naturemade star» de production solaire, éolienne et hydraulique.

Swisscom conduit des projets internes d'économie d'électricité et construit des installations solaires sur ses bâtiments avec ses apprentis.

En outre, Swisscom soutient le Parc national Suisse et la protection des espèces menacées avec le WWF. Nos collaborateurs sont régulièrement engagés pour des actions en faveur de la protection de la nature.

En savoir plus sur les activités environnementales de Swisscom: www.swisscom.ch/umwelt



GLOBE



The GLOBE Program

GLOBE Global Learning and Observations to Benefit the Environment

*GLOBE met en liaison des milliers d'écoles du monde entier via Internet.
Il marie la formation et la recherche dans le domaine de l'environnement.
Observer, mesurer, collecter des données, les publier en ligne et les comparer:
GLOBE est un projet scolaire pour tous les niveaux.*

GLOBE Suisse bénéficie du soutien de:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Bundesamt für Umwelt BAFU
Office fédéral de l'environnement OFEV
Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Uffizi federal d'ambient UFAM
Federal Office for the Environment FOEN



swisscom



**Fondation Suisse
d'Éducation pour
l'Environnement**

www.globe-swiss.ch