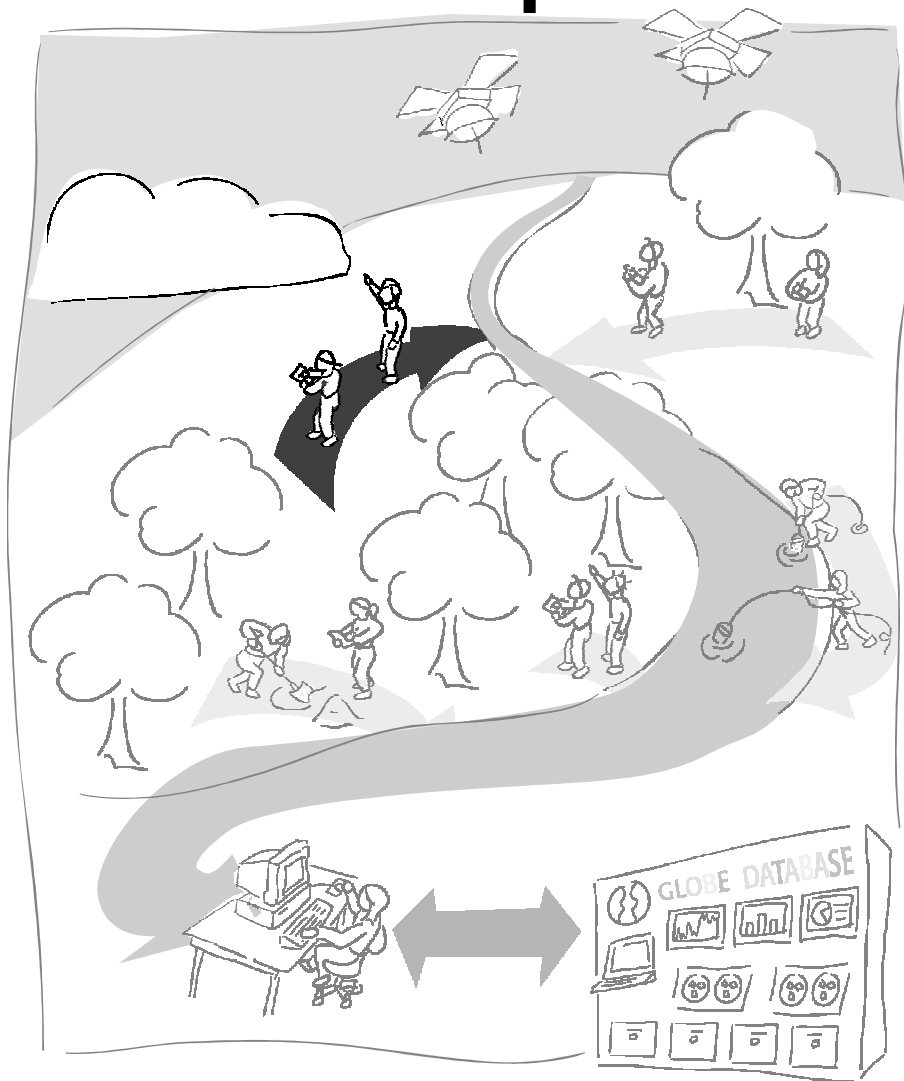


# Etude de l'atmosphère



Une unité d'apprentissage GLOBE®



# Un aperçu de l'étude de l'atmosphère



## Protocoles

- Mesures quotidiennes à moins d'une heure du midi solaire local :
- Précipitations (pluie ou neige) y compris le pH
  - Maximum et minimum de température des dernières 24 heures  
(si vous utilisez un thermomètre numérique plusieurs jours Max/Min, ces valeurs peuvent être lues à n'importe quel moment de la journée)
- Au moins une mesure par jour :
- Couverture nuageuse et type de nuages
  - Aérosols
  - Vapeur d'eau
  - Humidité relative
  - Neige
  - Température courante
  - Température de surface
  - Ozone de surface

## Séquence d'activités suggérée

- Lisez l'*Introduction*, tout particulièrement les sections *Quelles mesures sont faites* et *Démarrer*.
- Lisez la brève description des activités d'apprentissage et le début de la partie *Activités d'apprentissage*.
- Passez en revue les protocoles ainsi que les mesures que vos élèves feront ; n'hésitez pas à commencer par un niveau de travail facile puis à augmentez ce niveau.
- Commandez ou remplacez les instruments requis.
- Les observations des nuages sont les plus faciles pour commencer et elles sont requises pour un certain nombre d'autres protocoles ; faites ces activités avec vos élèves avant de commencer les observations des nuages :  
*Observer, Décrire et identifier des nuages* et *Estimer la couverture nuageuse : une simulation*
- Installez l'abri à instruments météo requis pour les mesures de température de l'air.
- Vérifiez la calibration des instruments (thermomètres et baromètres ou altimètres).
- Demandez aux élèves de définir leur site d'étude de l'atmosphère et d'envoyer cette donnée à GLOBE.
- Installez votre jauge de mesure de pluie (pluviomètre) et votre baromètre ou altimètre et mettez en place la logistique pour les mesures (où vont rester les instruments requis, moments des mesures et temps nécessaire, etc.).
- Choisissez quelles *Fiches de relevé de données atmosphérique* vos élèves utiliseront et imprimez-les.
- Imprimez les *Guides de terrain* pour les protocoles que feront vos élèves.
- Apprenez aux élèves à faire les mesures en suivant les *Guides de terrain*, noter leurs observations sur les *Fiches de relevé de données* et soumettre leurs données à GLOBE.
- Donnez aux élèves autant de responsabilité que possible pour prendre les mesures et soumettre les données.
- Demandez aux élèves d'étudier leurs données et des données comparables d'autres écoles.
- Engagez les élèves dans les recherches et aidez les élèves de niveau intermédiaire et secondaire à mener des projets de recherche étudiants en utilisant les parties *Etude des données* des protocoles.

# Table des matières

## **Introduction**

Pourquoi étudier l'Atmosphère? .....	Introduction 2
Vue générale .....	Introduction 3
Mesures GLOBE .....	Introduction 4
Démarrer .....	Introduction 10

## **Protocoles**

Construction d'instrument, Sélection de site et préparation	
Protocole relatif aux nuages	
Protocole relatif aux Aérosols	
Protocole relatif à la vapeur d'eau	
Protocole relatif à l'humidité relative	
Protocole relatif aux précipitations	
Protocole pour la mesure numérique sur plusieurs jours de la température Courante de l'air et du sol ainsi que de ses maxima et minima.	
Protocole relatif à la température maximale, minimale et courante	
Protocole relatif à la température de surface	
Protocole relatif à l'ozone de surface	
Protocole optionnel de Station climatique automatisée*	
Protocole optionnel relatif à la pression barométrique*	
Protocole optionnel d'observation automatique de la température de l'air et du sol*	
Protocole optionnel AWS Wheathernet*	

## **Activités d'apprentissage**

Observer, décrire et identifier les nuages	
Estimation de la couverture nuageuse : une simulation	
Observation des nuages	
Observer la visibilité et la couleur du ciel	
Réaliser un cadran solaire	
Calculer la masse d'air relative	
Etude de l'abri à instrument météo*	
Fabriquer un Thermomètre*	
Construire un modèle de ppmv (parties par milliard par volume) de l'ozone de surface*	
Tracer une carte hypsométrique*	
Dessiner votre propre graphique*	
Apprendre à utiliser des graphiques : Un exemple avec l'altitude et la température*	

\* Voir la version électronique complète du *Guide du Professeur* disponible sur le site Web GLOBE et le CD-ROM.

## **Appendice**

Fiche de définition du site.....	Appendice 2
Fiche de relevé de données.....	Appendice 3
Observation des Nuages 1 - Fiche de relevé de données de mesures	
Observation des Nuages 7 - Fiche de relevé de données de mesures	
Intégré 1 jours - Fiche de relevé de données quotidienne	
Intégré 7 jours - Fiche de relevé de données quotidienne	
Fiche de relevé de données des aérosols	
Fiche de relevé de données de la vapeur d'eau	
Fiche de relevé de données d'étalonnage et de réinitialisation d'un thermomètre numérique Max/Min	
Fiche de relevé de données numérique Max/Min sur plusieurs jours	
Fiche de relevé de données de température de surface	
Observation des types de nuages .....	Appendice 27
Glossaire .....	Appendice 33

# Introduction



Les scientifiques cherchent à en savoir d'avantage sur l'atmosphère. Ils veulent arriver à comprendre et prévoir :

le temps (la température de l'air, la pluie, la neige, l'humidité relative, les conditions nuageuses, la pression atmosphérique et les va-et-vient des orages) ;

le climat (les conditions moyennes et extrémales de l'atmosphère) ;

le bilan énergétique (les interactions entre le sol et l'atmosphère) ;

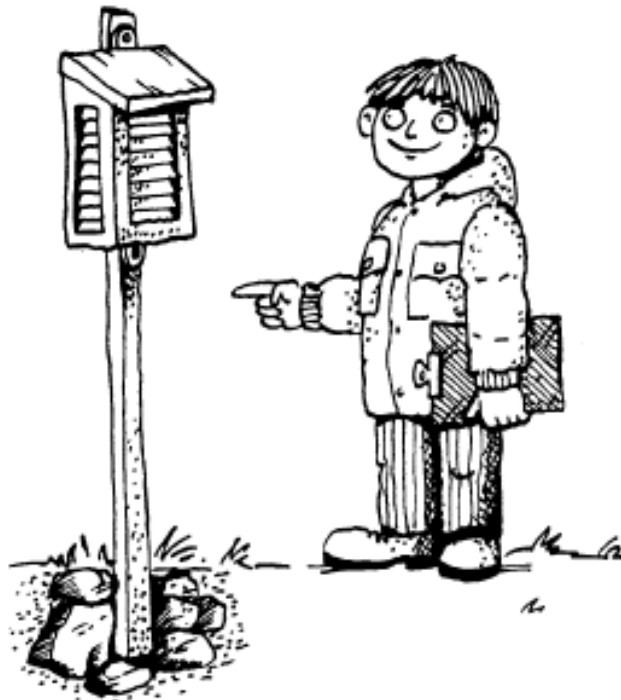
et la composition atmosphérique (l'existence et la localisation des gaz et des particules dans l'atmosphère).

Chacune de ces caractéristiques de l'atmosphère a une influence sur nous et sur notre environnement. Ce que nous portons et nos activités de la journée dépendent du temps. Pleut-il ? Neige-t-il ? Fait-il beau ? Fait-il froid ?

Comment construisons-nous nos maisons et nos écoles, quelles cultures développons-nous, quels animaux et quelles plantes nous entourent naturellement ?

Tout cela dépend du climat. Pleut-il surtout en hiver, en été ou tout les jours ? Avons-nous du gel ou de la neige en hiver ? Combien de temps dure la saison sèche ? La composition de l'atmosphère influence la pureté et les variations de l'air qui nous entoure ainsi que notre horizon. Quand le ciel n'est pas couvert de nuages, est-il bleu ou laiteux ? A-t-il déjà eu une couleur marron ? Les couchers de soleil ont-ils de nombreuses nuances de rouges ? Tout cela dépend de la composition de l'air.

Les scientifiques participant au projet GLOBE cherchent à obtenir différents échantillons de données pour les aider dans leurs recherches. En tant qu'élève GLOBE, vous pouvez aussi participer à cette recherche sur l'atmosphère. Vous pouvez étudier le climat autour de vous, le temps, la composition atmosphérique et leurs variations d'un endroit à l'autre, saison par saison, et année par année. Vous en apprendrez d'avantage sur l'air qui vous entoure.



## **Pourquoi étudier l'atmosphère ?**

Les êtres humains vivent sur terre, mais ils vivent et bougent dans l'air et respirent de l'air. L'atmosphère nous donne l'oxygène que nous respirons et emporte le dioxyde de carbone que nous rejetons. L'atmosphère filtre les formes les plus dangereuses des rayons du soleil et retient la chaleur qui sort de la surface de la Terre. L'atmosphère transporte l'énergie de l'équateur aux pôles pour rendre l'ensemble de la planète plus habitable et transporte l'humidité qui s'évapore des lacs et des océans jusqu'aux terres arides. Ainsi, nous pouvons boire de l'eau et irriguer nos terres. Nous sommes des créatures de l'atmosphère et nous dépendons de sa température, de sa structure, de sa composition et de l'humidité qu'elle transporte.

### **Le temps**

Sur une base journalière, nous voulons connaître beaucoup de variables sur le temps de la journée. Par exemple, nous aimerions connaître quelle sera la température de l'air et s'il pleuvra pour pouvoir décider quel type d'habits mettre, si on doit prendre un parapluie ou non pour sortir, ou un chapeau et de la crème solaire pour se protéger des rayons ultraviolets du soleil. Nous voulons être sûrs que l'air que nous respirons est bon pour nous. Nous voulons des mises en garde au cas où nous devrions nous protéger ou protéger nos biens contre de sévères intempéries.

### **Le Climat**

Nous voulons également des informations sur l'atmosphère à plus long terme. Les agriculteurs ont besoin de savoir si leurs cultures auront assez d'eau. Les stations de ski ont besoin de savoir si les chutes de neige seront suffisantes. Les assureurs des régions frappées par des ouragans aimeraient connaître le nombre d'ouragans susceptibles de se produire au cours d'une année donnée et leur force quand ils atteignent le sol. Tout le monde voudrait bien connaître le temps qu'il va faire non seulement le lendemain ou le surlendemain, mais aussi la semaine suivante, et quel sera le climat des 6 mois, de l'année, voire des 10 ans à venir. Longtemps, on a dit : "chacun se plaint du temps, mais personne n'y fait rien ". Aujourd'hui, les scientifiques travaillent dur pour comprendre et prévoir l'ensemble des phénomènes atmosphériques, des tempêtes jusqu'à l'ozone.

Les scientifiques chargés d'étudier l'atmosphère étudient non seulement ce qui se passe dans l'atmosphère aujourd'hui, mais pourquoi cela se

passait d'une certaine façon dans le passé et comment cela pourra se passer dans le futur. Alors que contrôler le temps qu'il fait est une activité qui dépasse en général toute capacité humaine, l'activité humaine avec tous ses effets influencent le temps, le climat et la composition atmosphérique. La compréhension scientifique de l'atmosphère et la capacité à prévoir son état futur est possible grâce à l'application des lois fondamentales et de nombreuses observations. Puisque nous nous intéressons à l'atmosphère à des échelles allant de la simple ferme à la planète entière, et de quelques minutes dans les fortes tempêtes à des dizaines d'années pour le climat, d'immenses quantités d'informations sont nécessaires.

## **Les scientifiques ont besoin des informations GLOBE**

Souvent, les gens pensent que les scientifiques savent ce qui arrive dans toutes les parties du monde, mais, ceci est loin d'être vrai. Il existe de nombreuses régions où les scientifiques n'ont qu'une perception très générale des facteurs environnementaux, comme la température de l'air et les précipitations. Même dans les régions où on a l'impression qu'il y a beaucoup de données, les scientifiques ne savent toujours pas déterminer comment varient sur de courtes distances la température et les précipitations.

Les stations officielles de contrôle du temps fournissent beaucoup d'informations depuis un siècle ou plus à certains endroits, pendant que les satellites nous donnent des images de larges étendues toutes les 30 minutes et des images de la planète au moins deux fois par jour depuis des décennies. Certaines régions ont des appareils de contrôle spécifiques aux gaz atmosphériques et de plus en plus, les aéroports sont équipés d'appareils de surveillance des vents, non seulement au sol, mais jusqu'à plusieurs kilomètres de haut. Malgré tous ces remarquables efforts, il reste des zones non couvertes. L'atmosphère varie significativement dans ces zones et les mesures des élèves GLOBE peuvent améliorer la couverture pour de nombreux types d'observations. Les conditions atmosphériques jouent un rôle important en ce qui concerne les types de plantes et d'animaux qui vivent dans certaines régions, et même sur le type de terre qui s'y forme.

Les mesures que les élèves prennent pour l'étude atmosphérique GLOBE sont importantes pour les scientifiques qui étudient le temps, le climat, la couverture terrestre, la phénologie, l'écologie, la biologie, l'hydrologie et le sol.

## L'Image Globale

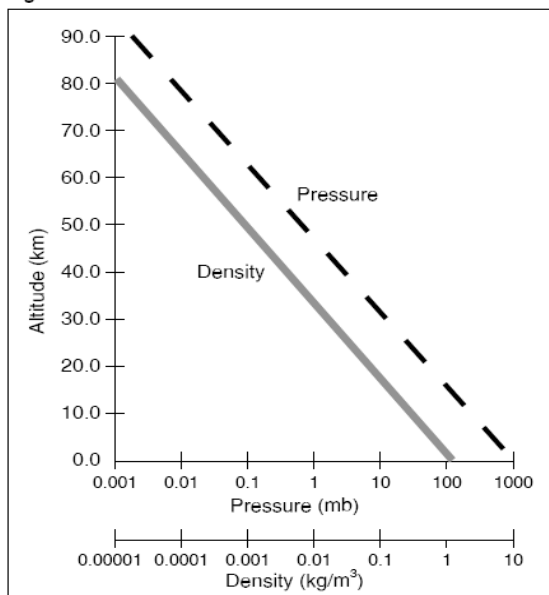
### La composition de l'atmosphère

L'atmosphère terrestre est une mince couche de gaz, composée d'environ 78% d'azote, 21% d'oxygène et 1% d'autres gaz (y compris de l'argon, de la vapeur d'eau, du dioxyde de carbone et de l'ozone). Elle contient également des particules suspendues solides et liquides appelées aérosols. La gravité terrestre retient l'atmosphère autour de la Terre, et par conséquent la pression atmosphérique et la densité diminuent avec l'altitude au-dessus de la surface de la terre. Voir figure AT-I-1.

La température varie également en fonction de l'altitude dans l'atmosphère, mais de manière plus compliquée que la pression et la densité. Environ la moitié de la lumière solaire traverse toute l'atmosphère et réchauffe la surface. Ensuite, le sol tiède réchauffe l'air à la surface. La température en général baisse jusqu'à 8 à 15 kilomètres, selon la latitude. Cette partie la plus basse de l'atmosphère s'appelle la *troposphère*. C'est dans la troposphère que l'essentiel des phénomènes météorologiques se produisent.

Les rayons ultraviolets du soleil sont absorbés par l'oxygène pour former la couche d'ozone et par l'ozone elle-même. Cette absorption réchauffe la couche moyenne de l'atmosphère, ce qui fait monter la température avec l'altitude, du haut de la partie basse de l'atmosphère jusqu'à 50 km (la *stratosphère*) pour chuter ensuite vers 80 km (la *mésosphère*).

Figure AT-I-1



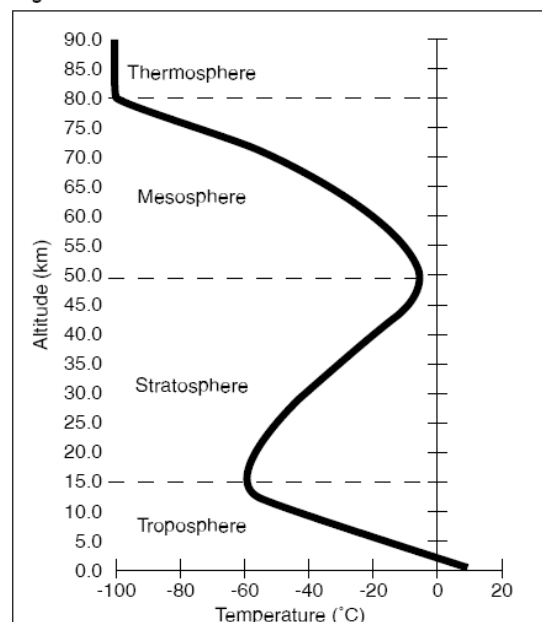
Au-dessus de cette altitude, dans la *thermosphère*, la densité de l'air est si faible que de nombreux phénomènes deviennent non négligeables. A cette altitude, l'absorption de rayons X et des rayons ultraviolets très énergétiques venant du soleil ionisent les gaz de l'atmosphère et réchauffent l'air. Les ions sont affectés non seulement par le champ magnétique terrestre mais aussi par le vent solaire.

A de très grandes distances de la surface de la planète, l'atmosphère se fond dans le *milieu interplanétaire*. La densité de l'atmosphère diminue jusqu'à rejoindre celle de l'espace interplanétaire.

L'atmosphère diffère aussi bien en fonction des latitudes que des altitudes. L'intensité du rayonnement solaire à la surface de la Terre varie avec la latitude. Le rayonnement est plus intense sous les Tropiques et moins intense près des Pôles. Les Tropiques reçoivent davantage de chaleur que les pôles, et l'atmosphère, de même que les océans, transporte la chaleur de l'équateur vers les pôles. L'atmosphère est donc soumise à une circulation à grande échelle décrite au chapitre *La Terre en tant que système*.

Puisque l'atmosphère est mobile, tous les points de la Terre sont reliés à des échelles allant de quelques heures à quelques journées, voire à quelques mois. Un changement au niveau de l'atmosphère à un endroit précis modifie également l'atmosphère à plusieurs autres endroits.

Figure AT-I-2



## *Temps et climat, l'atmosphère dans la durée*

Temps et climat : ce n'est pas pareil. Par temps, nous entendons ce qui se passe dans l'atmosphère aujourd'hui, demain et même la semaine prochaine. Par climat, nous parlons du temps, mais en terme de moyenne, de variabilité et d'extrêmes sur de longues périodes. Prenons par exemple une ville où la température actuelle est de 25°C : c'est le temps. Si, en revanche, nous devons prendre en considération les valeurs associées au temps sur les 30 dernières années, nous pourrions trouver que la température moyenne dans cette ville, ce jour-là, est de 18°C (c'est le climat). Nous pourrions également découvrir que sur cette période de 30 ans, la température dans cette ville a varié de 30° au plus haut à 12 ° au plus bas, ce jour -là. Ainsi, 25° n'est pas une température étonnante ce jour-là.

Lorsque nous étudions l'histoire du climat de la Terre, nous remarquons que la température et les précipitations varient à n'importe quel endroit dans le temps et que la composition de l'atmosphère n'est plus la même. Par exemple, certains satellites montrent que de grands fleuves ont traversé le désert égyptien. Nous savons aussi qu'il y a des milliers d'années, il y avait des glaciers dans des villes comme New York où aujourd'hui tout le monde utilise l'air conditionné en été. Si la Terre était si différente avant, peut-on prédire ce qui pourra arriver dans le futur? La prévision du climat est un but essentiel de la Science de la Terre de nos jours.

## **Les mesures GLOBE**

### *Quelles mesures sont prises ?*

Différents types de mesures GLOBE sont utiles pour comprendre le temps, le climat, et la composition atmosphérique.

#### *Le temps*

La couverture nuageuse et les différents types de nuages

La couverture des traînées de condensation et les différents types de traînée

La pression barométrique

L'humidité relative

La vapeur d'eau

Les précipitations

Les températures maximum, minimum et courante

La température de surface de la Terre

La vitesse du vent et sa direction (si vous avez le matériel automatisé adéquat)

#### *Le climat*

La couverture nuageuse et les différents types de nuages

La couverture des traînées de condensation et les différents types de traînée

L'épaisseur optique des aérosols

L'humidité relative

La vapeur d'eau

Les précipitations

Les températures maximum, minimum et courante

La température de surface de la Terre

La vitesse du vent et sa direction (si vous avez le matériel automatisé adéquat)

#### *La composition de l'atmosphère*

L'épaisseur optique des aérosols

La vapeur d'eau

L'humidité relative

Les précipitations (pH)

L'ozone en surface

Grâce aux mesures de : pression barométrique, nuages, direction du vent et température courante.



## Mesures individuelles

### *Couverture nuageuse et différents types de nuages*

Les nuages jouent un rôle important en ce qui concerne le temps et le climat de la Terre. Les nuages peuvent assombrir (ou même cacher) le sol quand la Terre est vue de l'espace. Les satellites ne peuvent donc pas observer le sol quand il y a des nuages, ce qui peut être problématique pour beaucoup de recherches scientifiques, notamment celles qui font intervenir la température à la surface de la Terre.

### *Couverture des traînées de condensation et les différents types de traînée*

Quand un avion à réaction traverse le ciel avec juste la bonne combinaison humidité/température, il se forme un nuage linéaire. On les appelle sillages ou traînées de condensation. Dans plusieurs régions, à cause du trafic aérien, on peut observer une augmentation sensible de la masse nuageuse, ce qui peut affecter tant le temps que le climat. En utilisant les protocoles GLOBE concernant les nuages, les élèves déterminent à l'œil nu le pourcentage de ciel couvert par les sillages d'avion. Les élèves peuvent également compter le nombre de traînées et les classer en trois catégories, comme prévu dans le protocole. En quantifiant les sillages présents dans le ciel, les élèves fournissent une information cruciale pour étudier l'importance de l'effet de ces sillages sur le temps qu'il fait.

### *L'épaisseur optique des aérosols*

Les petites particules dans l'air, solides et liquides, appelées aérosols, déterminent si le ciel paraît bleu ou laiteux, clair ou voilé. Elles influencent aussi la quantité de lumière qui atteint la surface de la Terre. En utilisant un photomètre et un voltmètre pour mesurer l'intensité des rayons atteignant la surface, les élèves GLOBE et les scientifiques peuvent déterminer la quantité d'aérosols (leurs épaisseurs optiques). Les satellites déduisent cette propriété de l'atmosphère en prenant des mesures à distance, tandis que des observations au sol apportent des mesures directes pour déterminer la concentration en aérosols. Ces deux types de données sont complémentaires et les mesures des élèves peuvent constituer un grand apport aux quelques stations d'enregistrement au sol qui collectent actuellement les données.

### *La vapeur d'eau*

La vapeur d'eau dans l'atmosphère dépend considérablement du temps et de l'endroit dont il s'agit. Ces variations sont reliées à la fois au temps et au climat.

Les nuages sont formés à partir de la vapeur d'eau. La vapeur d'eau est le premier gaz à effet de serre qui permet de contrôler les températures dans la partie inférieure de l'atmosphère et à la surface de la terre. Bien que la présence de vapeur d'eau à la surface de la Terre soit aisément discernable sous la forme de nuages et de l'humidité relative, il y reste encore beaucoup de questions lorsqu'il s'agit de la vapeur d'eau atmosphérique. En utilisant un instrument à vapeur d'eau portatif GLOBE/GIFTS pour mesurer l'intensité des rayons solaires atteignant la surface à des longueurs d'ondes spécifiques, les élèves GLOBE et les scientifiques peuvent déterminer la quantité de vapeur d'eau atmosphérique présente dans l'atmosphère. En dépit de son importance, la distribution globale et les variations temporelles de la vapeur d'eau ne sont pas bien connues. Par conséquent, les mesures des élèves seront utiles au travail des scientifiques sur la vapeur d'eau atmosphérique.

### *L'humidité relative*

Le rapport entre la quantité de vapeur d'eau dans l'air et la quantité maximale de vapeur d'eau que l'air peut contenir à la même température, s'appelle l'humidité relative et s'exprime en pourcentage. Les satellites peuvent déterminer la quantité d'eau dans l'atmosphère, mais en général, ces mesures sont des moyennes sur de grandes régions (>10s de kilomètres). L'humidité peut varier sur des distances plus courtes. Utilisant un psychromètre à fronde ou un hygromètre numérique pour mesurer l'humidité relative, les élèves GLOBE peuvent augmenter le nombre global de données relatives à l'humidité et aider les scientifiques à mieux comprendre les variations à petites échelles.

### *Les précipitations*

La pluie et la neige varient beaucoup sur des distances inférieures à 10 km. Pour comprendre les cycles de l'eau aux niveaux local, régional, et global, connaître la quantité de précipitations tombées à différents endroits autour du monde est indispensable. Les observations des élèves utilisant des jauges à eau de pluie (pluviomètre) et des planches à neige permettent d'augmenter le nombre global d'échantillons de quantité de pluie et de neige, et de mieux connaître le temps et le climat.

Non seulement les élèves GLOBE mesurent la quantité de précipitation, mais ils mesurent également le pH de la pluie et de la neige fondue. Connaître le pH des précipitations tombées à un endroit particulier est bien souvent essentiel pour comprendre le pH du sol et des étendues d'eau des environs. Les mesures des élèves permettent d'établir une base de données, et par conséquent de suivre les changements de l'acidité de l'environnement. Cela peut aider les scientifiques à placer les éléments chimiques dans l'atmosphère.

### ***La Température***

La température de l'air varie tout au long de la journée en réponse à la chaleur solaire directe. Elle varie aussi suivant la journée puisque le système météorologique est un système mobile global qui se déplace autour du monde. La température moyenne de l'air varie aussi avec les saisons. Les scientifiques veulent autant connaître les températures extrêmes que la température moyenne sur des périodes allant de 24 heures à un mois, un an, ou même davantage. Les élèves du programme GLOBE mesurent les températures maximale et minimale sur une période de 24 heures telle que le début et la fin de la période de mesure correspondent, à une heure près, à midi (heure solaire locale). Les climatologues cherchent à savoir si la température change d'un endroit à un autre et si oui, quelles sont les tendances de ces changements. Les mesures locales de température, comme celles des élèves GLOBE, aident les scientifiques à répondre à ces questions ainsi qu'à d'autres questions concernant le climat de la Terre. La colonisation humaine combinée avec les variations de hauteur et de distance des étendues d'eau crée des variations locales de température. Les mesures des écoles GLOBE ont beaucoup de valeur pour comprendre ces changements, même si les centres météorologiques officiels se trouvent à proximité.

De nombreuses possibilités existent pour mesurer la température de l'air. La méthode la plus utilisée consiste à utiliser un thermomètre numérique permettant de mesurer sur plusieurs jours les températures maximales et minimales. Elle est décrite dans le *Protocole pour la Mesure Numérique sur Plusieurs Jours de la Température courante de l'Air et du Sol ainsi que leurs Maxima et Minima*. Ce thermomètre permet de relever six jours de suite les données de températures maximales et minimales et a une sonde plantée

dans le sol. Cette dernière permet de collecter les températures du sol. On peut utiliser aussi un thermomètre en forme de U rempli de liquide ou un thermomètre numérique, comme décrit dans le *Protocole Relatif à la Température Actuelle de l'Air ainsi qu'à ses Maxima et Minima*. On doit lire le thermomètre et le remettre chaque jour à zéro pour obtenir un compte-rendu continu de la température. Pour des mesures supplémentaires, on peut utiliser les appareils automatisés pour relever les données, comme ceux qui sont décrits dans le *Protocole Relatif au Suivi Automatique de Températures de l'Air et du Sol* et *Les Protocoles Relatifs à une Station Météorologique Automatisée*, protocoles disponibles dans la version électronique du *Guide du Professeur: La Température de Surface*.

En utilisant une définition scientifique, la température en surface est la température rayonnante à la surface de la terre. La connaissance des températures en surface est la clé pour connaître le cycle de l'énergie – la transmission de la chaleur aux environs. La transmission de la chaleur entre les différents éléments de l'environnement et les environs se produit aux frontières de ces éléments, et la température en surface fournit les températures à ces frontières. Les mesures des températures en surface aident donc à associer les températures de l'air, du sol, et de l'eau, et contribuent de manière décisive à l'étude du cycle de l'énergie. Les élèves peuvent relever la température en surface en utilisant un Thermomètre Infrarouge portatif (TIR). Les mesures des températures en surface sont indispensables pour étudier le climat, pour comparer avec les données des satellites, et pour améliorer la compréhension de l'équilibre mondial de l'énergie.

### ***L'ozone en surface***

L'ozone (O<sub>3</sub>) est un gaz très réactif présent dans l'air autour de nous. Connaître la quantité d'ozone dans l'air est important pour comprendre la chimie de l'atmosphère et son effet sur la santé des plantes et des animaux (nous inclus). On mesure les concentrations d'ozone en parties par milliard (ppm) et elles peuvent varier sur de petites échelles spatiales. Les scientifiques ont besoin d'utiliser ces mesures locales pour suivre les variations locales de l'ozone dans l'atmosphère. Les scientifiques associés au programme GLOBE ont développé pour les élèves une technique simple pour mesurer l'ozone dans leurs écoles en exposant à l'air des bandes traitées chimiquement, et en mesurant les changements de couleur avec un lecteur portatif.

Les observations des élèves complètent et élargissent le nombre limité de stations encore existantes pour surveiller l’ozone.

***Où les mesures sont-elles prises?***

Les mesures atmosphériques sont prises sur le Site pour l’Etude de l’Atmosphère. Pour s’assurer que les élèves aient assez de temps pour obtenir les données chaque jour en un minimum de temps, ce site est d’habitude situé sur le terrain de l’école et assez près de la salle de classe pour s’y rendre en marchant. En général, plus c’est ouvert à l’air libre, meilleur c’est. Les grands obstacles sont à éviter, ce qui inclut les arbres et les bâtiments près des instruments.

Si votre école n’a pas de cour pour l’installation permanente et sûre des instruments pour la mesure de l’atmosphère, vous pouvez réfléchir à mettre votre site sur le toit avec des instruments automatisés. Cependant, les sites sur le toit ne sont pas adéquats pour le *Protocole Relatif pour la Température en Surface!* Consultez les *Protocoles* dans ce chapitre pour davantage de conseils.

***Quand les mesures sont-elles prises ?***

Les mesures de l’atmosphère GLOBE doivent être prises quotidiennement, à des moments bien spécifiques de la journée. Voir figure AT-I-3. Si vos mesures sont prises chaque jour au même moment de la journée, c’est plus facile de les comparer sur une année et avec les autres écoles dans le monde. Avec le programme GLOBE, beaucoup d’observations atmosphériques doivent être faites au moment de midi (heure solaire locale), à une heure près.

Relever les températures maximale et minimale et la quantité journalière totale de précipitations n’est possible que si c’est fait à midi (heure solaire locale), à une heures près. Chacune de ses mesures couvre une période de 24h, puisqu’elle sont prises entre midi (heure solaire locale) une journée, et midi (heure solaire locale) le lendemain. Voir tableau AT-I-1.

Les observations des nuages et des traînées de condensation, les relevés d’humidité relative, et les mesures de température courante sont aussi faits aux environs de midi (heure solaire locale) à une heure près, mais ces observations peuvent être aussi effectuées à d’autres moments de la journée.

Le thermomètre numérique permettant de mesurer plusieurs jours les températures maximales et minimales peut être utilisé à n’importe quel moment de la journée, pourvu qu’il ait été remis à zéro à midi (heure solaire locale) à une heure près.

Les mesures automatiques sont prises de manière continue toute les 15 minutes environ. Cela permet d’avoir des mesures très utiles en ce qui concerne la direction du vent.

Midi (heure solaire locale) est une heure clé pour prendre les mesures atmosphériques GLOBE. Vous pouvez vous référez à la partie sur comment calculer le midi solaire. Est-ce que cela signifie que seules les classes qui ont cours à ce moment-là peuvent participer ? Bien sûr que non. Parce que ces mesures ne prennent pas beaucoup de temps, les élèves qui ont cours avant ou après peuvent utiliser la pause de midi pour prendre les mesures.

Figure AT-I-3

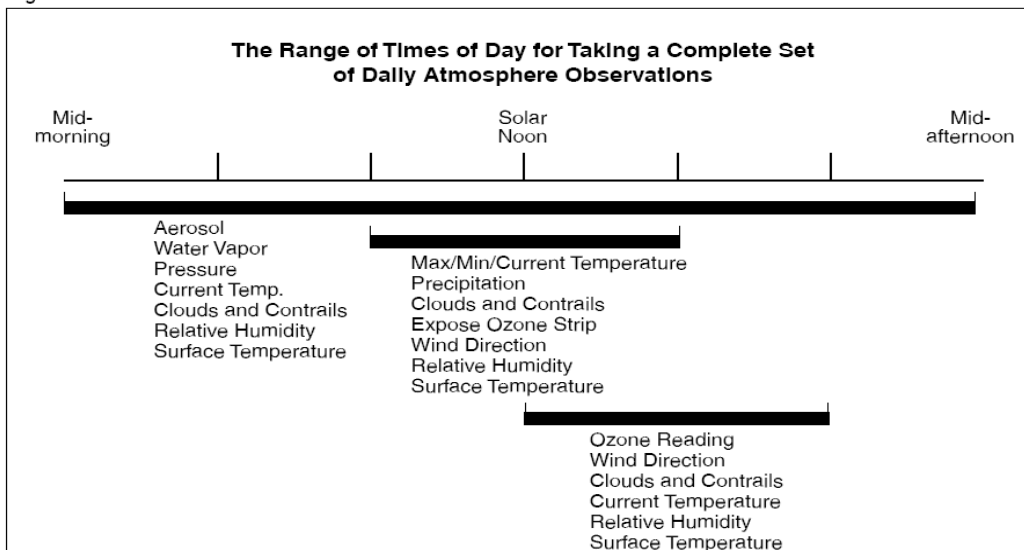


Tableau AT-I-1

Mesures	Prises à midi (heure solaire locale) à une heure près	Autres moments de la journée où les mesures peuvent être prises
Couverture nuageuse et types de nuages Couverture en traînée et types de traînées	Oui	Ces mesures sont nécessaires aux mesures relatives aux aérosols, la vapeur d'eau, la température en surface, l'ozone et la transparence de l'eau ; des mesures supplémentaires peuvent être prises à d'autres moments de la journée.
Aérosols Vapeur d'eau	Cela dépend. Le moment idéal dépend des saisons et de l'endroit.	Lorsque le soleil est au moins à 30° au-dessus de l'horizon ou lorsqu'il est midi (heure solaire) et que le soleil ne dépasse pas les 30° au-dessus de l'horizon.
Humidité relative	Oui pour le psychromètre; pour l'hygromètre numérique, les mesures peuvent être reportées jusqu'à une heure plus tard, en même temps que les mesures d'ozone.	Des mesures supplémentaires à d'autres moments sont acceptables. Ces mesures sont nécessaires aux mesures relatives à la vapeur d'eau, aux aérosols, et à l'ozone.
Précipitations	Oui	Non
Température momentanée	Oui	Nécessaires pour comparer avec la température du sol, et utiles pour les mesures relatives aux aérosols, la vapeur d'eau, l'ozone, et l'humidité relative. des mesures supplémentaires peuvent être prises à d'autres moments de la journée.
Température en surface	Non demandées	Ces mesures sont des éléments de comparaison importants pour les mesures de température du sol et de température momentanée
Températures maximale et minimale	Oui	Non
Pression barométrique	Non demandées	Au moment (dans l'heure) où sont prises les mesures relatives aux aérosols et à la vapeur d'eau si elles sont prises ; sinon, peut importe le moment de la journée.
Ozone	Les observations commencent à midi (heure solaire) et se terminent une heure après.	D'autres périodes d'une heure sont acceptables du moment qu'une mesure à été prise vers midi (heure solaire).

### Midi (heure solaire)

GLOBE emploie le terme *midi (heure solaire)* pour désigner l'heure à laquelle le soleil semble avoir atteint le point le plus haut de la journée dans le ciel. Un astronome, par exemple, utilisera l'expression *midi (heure locale apparente)* pour désigner ce moment. En général, Midi (heure solaire) ne coïncide pas avec midi sur vos montres. Le moment correspondant à midi (heure solaire) dépend de l'endroit où vous vous situez dans votre fuseau horaire, de la période de l'année, et si vous êtes ou non à l'heure d'été. A midi (heure solaire),

le soleil est à mi-parcours entre le lever et le coucher du soleil lorsque le soleil croise l'horizon

A ce moment de la journée, les ombres sont les plus courtes. Pour déterminer midi (heure solaire), le moyen le plus facile consiste à prendre un journal local qui fournit les heures de lever et de coucher du soleil et de calculer la moyenne. Pour cela, il faut tout d'abord convertir les deux heures du journal en les écrivant toutes les deux au format de 24h : les heures de l'après-midi sont des chiffres entre 12 (pour midi) et 24 (pour minuit). Il faut ensuite ajouter les deux heures et les diviser par deux. L'heure trouvée correspond au midi solaire. Voir tableau AT-I-2.

Table AT-I-2

Example:	1	2	3	4
Sunrise (am or 24-hour clock are the same)	7:02 a.m.	6:58 a.m.	7:03 a.m.	6:32 a.m.
Sunset	5:43 p.m.	5:46 p.m.	8:09 p.m.	5:03 p.m.
Sunset (24-hour clock)	17:43	17:46	20:09	17:03
Sunrise + Sunset	24 hr 45 min	23 hr 104 min	27 hr 12 min	23 hr 35 min
Equivalent (so that the number of hours is even)	(unchanged)	24 hr 44 min	26 hr 72 min	22 hr 95 min
Divide by 2	12 hr 22.5 min	12 hr 22 min	13 hr 36 min	11 hr 47.5 min
Local Solar Noon (rounded to the nearest minute)	12:23 p.m.	12:22 p.m.	1:36 p.m. or 13:36	11:48 a.m.

Note that this is an example of doing arithmetic in base 60.

### *Combien d'élèves sont nécessaires ?*

Pour relever les mesures atmosphériques, un seul élève suffit. Cependant, demander à un petit groupe d'élèves de prendre les mesures pour qu'ils puissent vérifier leurs relevés de mesures entre eux, paraît judicieux. Il est aussi plus pratique d'avoir un partenaire qui puisse noter les valeurs pendant qu'on les relève. Les mesures d'aérosols et de vapeur d'eau sont délicates à prendre pour une seule personne. Pour beaucoup d'observations, vous pouvez soit relever une mesure pour l'ensemble du groupe soit demander à chacun de relever les mesures puis comparer les résultats. Si chacun relève ses mesures, il ne faut pas oublier de vider la jauge de pluie et de remettre à zéro le thermomètre, mais uniquement lorsque chacun a fini de prendre ses mesures. Dans l'idéal, les mesures de pH sont prises par trois différents groupes d'élèves qui utilisent chacun leur propres échantillons d'eau de pluie ou de neige fondue. Dans tous les cas, il faut prendre trois mesures. On peut ainsi faire la moyenne entre ces trois résultats et les comparer pour vérifier qu'ils sont corrects. Pour donner à chaque élève l'occasion de participer, un système périodique de rotation des groupes peut être envisagé. Cependant, nous déconseillons la prise de mesures des précipitations et des températures maximale et minimale à plusieurs moments dans la même journée par différents groupes. En effet, cela apporte davantage de confusion, notamment en ce qui concerne le vidage de la jauge d'eau ou la

remise à zéro du thermomètre, ou encore le report des mesures. Les estimations des différents types de nuages, de la couverture nuageuse, des différents types de traînées, et leur couverture sont des mesures subjectives ; par conséquent, plus il y a d'élèves qui participent, meilleur c'est. Chaque élève doit avoir ses propres valeurs, puis le groupe doit se mettre d'accord sur quelle valeur prendre. Ne soyez pas surpris si vos élèves ont du mal dans leurs estimations au début. Même ceux qui observent le temps à chaque saison ne sont pas toujours d'accord entre eux sur les différents nuages qu'ils voient et sur le pourcentage de couverture nuageuse qu'ils trouvent. A mesure que vos élèves s'habitueront aux observations, ils commenceront à reconnaître les différences plus subtiles entre les différents nuages.

### *Combien de temps prennent les mesures ?*

Cela dépend de l'endroit où se trouve votre site d'étude de l'atmosphère, de combien d'élèves relèvent les données, de leur âge et de l'habitude qu'ils ont de prendre les mesures et des conditions au moment où sont prises les mesures. Voir tableau AT-I-3.

## **Et maintenant, bien commencer**

Vous pouvez commencer avec vos élèves à étudier l'atmosphère sur votre propre site et vous pouvez coopérer avec des scientifiques et d'autres élèves pour exercer une surveillance constante.

Tableau AT-1-3

Measurement	Approximate Time required (in minutes)
Cloud and contrail cover and type	10
Aerosols including supporting measurements	15 - 30
Water Vapor including supporting measurements	15 - 30
Aerosols and water vapor combined including supporting measurements	20 - 40
Relative Humidity	5 - 10
Precipitation	5 - 10
Precipitation pH using meter including calibration	10
Handling of snow samples in the classroom for snow or snow pack water equivalent	5
Snow water equivalent once the snow has melted	5
1-day maximum, minimum, and current temperature	5
Multi-day max/min/current air and soil temperature	5 - 10
Surface temperature including supporting measurements	10 - 20
Ozone deploying the strip and taking supporting measurements	10
Ozone reading the strip and taking supporting measurements	10 - 15
<b>Entire set of local solar noon measurements:</b> clouds and contrails, relative humidity, precipitation amount and pH, max/min/current temperature, surface temperature, and deploying the ozone strip*	15 - 25

de l'environnement mondial. L'atmosphère est un élément clé de l'environnement mondial et vous pouvez aider à établir une base de données sur l'atmosphère mondiale qui aidera, à long terme, à comprendre comment l'atmosphère évolue. Archivez vos données GLOBE dans votre école. Les données atmosphériques que les élèves rassemblent ne doivent pas seulement être envoyées sur le serveur GLOBE, mais elles doivent également être conservées de manière permanente à l'école dans le cahier de notes GLOBE. Vous pouvez utiliser un cahier contenant des *Feuilles de données* que les élèves peuvent remplir. Reportez-vous au chapitre *Guide pour l'implémentation* si vous cherchez une description du cahier de données et de son importance. Les élèves peuvent être fiers de contribuer à la mise en place d'une base de données à long terme sur l'atmosphère avec leur école. A mesure que votre base de données locale personnelle augmente, vous devriez conseiller à vos élèves de regarder les données qu'ils ont collectées. Chaque protocole dans ce chapitre contient une partie « Critique des données » qui indique notamment comment savoir si les informations sont raisonnables ou non, et qui explique pourquoi les scientifiques s'intéressent à ces données. La plupart des protocoles contient également des exemples types de ce que les élèves peuvent trouver comme valeurs. Vous pouvez revoir ces parties pour vous faire une idée sur comment les élèves peuvent utiliser les données GLOBE pour comprendre le temps. Vous pouvez, avec vos élèves, étudier l'atmosphère de différentes façons, mais les trois principaux thèmes qui peuvent être étudiés en classe avec les mesures GLOBE que vous prenez restent : le temps, le climat, et la composition de l'atmosphère. Les paragraphes ci-dessous décrivent comment les *protocoles atmosphériques* GLOBE permettent de mieux comprendre chacun de ces domaines, domaines que vous pouvez choisir d'inclure à votre programme scolaire.

### *Le temps*

Vos élèves étudient peut-être déjà le temps. Dans ce cas, GLOBE peut s'inscrire comme une partie intégrante de leurs études. Par « temps », nous désignons les conditions du moment, ainsi que les changements à court terme de l'atmosphère. Les élèves peuvent avoir déjà été familiarisés avec les bulletins et les prédictions météorologiques et vous pouvez introduire les protocoles GLOBE en

leur demandant comment ils définiraient « temps ». Ils répondront sûrement que c'est lié à la température, que c'est ce qui fait qu'il pleuve ou qu'il neige, que le ciel soit nuageux, qu'il y a du vent et dans quelle direction il souffle. Certains pourront évoquer la pression barométrique, les différents nuages et l'humidité. Chacune de ces notions correspond à un aspect de ce que les météorologues appellent « temps ». Par conséquent, en prenant des mesures pour GLOBE, vos élèves peuvent commencer à mesurer, surveiller, suivre la progression et prévoir le temps.

Nous vous proposons ici un exemple pour introduire les mesures GLOBE à travers l'étude du temps.

1. Les mesures relatives aux nuages et aux traînées sont les plus faciles à introduire. Vous n'avez besoin que d'une carte des nuages et d'une paire d'yeux. Il y a deux activités d'apprentissage qu'il est bon de faire avant de s'attaquer aux protocoles concernant la couverture nuageuse et les différents types de nuages :
  - *Observer, décrire et identifier les nuages*
  - *Estimer la couverture nuageuse: une simulation*
2. Pour pouvoir soumettre vos observations sur la couverture nuageuse et les différents types de nuages, vous avez au préalable besoin de définir un site d'étude de l'atmosphère et de soumettre les coordonnées de ce site à GLOBE. Il est sans doute préférable de fournir les coordonnées du site avant de mettre en place l'abri à instrumentation. De cette manière, si la construction de l'abri prend du retard, vous pouvez déjà commencer à transmettre les données que vous avez.
3. Vous pouvez également commencer à relever les mesures relatives aux aérosols, à la vapeur d'eau, à l'humidité relative, à la température en surface ainsi qu'à la pression barométrique sans avoir encore d'abri à instrumentation.
4. Il en est de même pour la température courante. Vous pourrez relever et fournir les valeurs quotidiennes maximales et minimales de température de l'air une fois votre abri installé.
5. Pour mesurer la quantité de précipitations sous leur forme liquide et transmettre les valeurs que vous trouvez, vous avez besoin d'une jauge

placée à un endroit fixe. Pour mesurer l'épaisseur du manteau neigeux, la quantité équivalente de liquide, et le pH, vous n'avez cependant pas besoin que la jauge à eau de pluie soit installée.

6. Si vous utilisez certaines stations météorologiques automatisées, vous pouvez ajouter les mesures de vitesse et de direction du vent à vos données en utilisant les protocoles adéquats.
7. Vous devez vérifier que vos appareils de mesure sont bien étalonnés (thermomètres, baromètre ou altimètre, psychromètre à fronde) avant de commencer.

Il peut être intéressant pour les élèves d'utiliser les informations qu'ils recueillent pour essayer de prévoir le temps en utilisant leurs propres valeurs, puis de comparer leurs prédictions à celles de professionnels. Qui s'avère être le plus précis ? Quelles informations sont les plus utiles pour prévoir le temps ? Quelles sont les données supplémentaires dont se servent les professionnels et auxquelles les élèves n'ont pas accès ? Il y a beaucoup de questions intéressantes à développer.

### ***Le climat***

Le climat est un autre thème majeur que vos élèves peuvent étudier et qui peut être approfondi en utilisant les mesures et les informations GLOBE. Le « Climat » correspond aux tendances à long terme de l'atmosphère et d'autres aspects variables de l'environnement. Il y a un autre proverbe qui dit « Le climat, c'est ce à quoi tu t'attends, et le temps, c'est ce que tu as ». Le climat se réfère à des moyennes, à des extrêmes de température, de nuages, de précipitations, d'humidité relative, ainsi qu'à leur comportement. En regardant sur Internet les informations GLOBE de leur propre école, et celles d'autres sites tout autour du monde, les élèves peuvent commencer à apprécier les différents climats ainsi que ce qui les cause. Ils peuvent remarquer qu'il existe des tendances saisonnières, des variations selon la latitude ainsi que des variations suivant qu'il y ait à proximité de grandes étendues d'eau. En utilisant les archives GLOBE concernant les informations collectées par les élèves, ces derniers peuvent comparer le climat de leur école au climat des écoles des environs, et aux climats d'autres écoles partout dans le monde.

Les élèves peuvent considérer que mettre en place une base de données à long terme qui permette de décrire le climat dans leur localité, c'est un challenge. La plupart des journaux publient chaque mois un résumé du temps qu'il a fait au cours du mois et le compare à ce qu'on pourrait attendre compte tenu du climat. Si vous n'avez pas sous la main de journal qui le fasse, vous pouvez consulter un météorologue à l'aéroport le plus proche, une station radio ou une chaîne de télévision. Ces différentes études du climat font le lit de nombreuses discussions sur ce qui est « normal » dans votre localité. Ce mois a-t-il été plus humide qu'un mois « normal » ? Plus chaud ? Plus froid ? Y a-t-il eu davantage de nuages ? En utilisant leurs informations GLOBE peut commencer à répondre à ces questions et réfléchir sur comment le climat peut-il changer. Pour étudier le climat, vos élèves ont besoin d'utiliser les mêmes protocoles que pour le temps, si ce n'est qu'ils n'ont pas besoin de mesurer ou de se servir de la pression barométrique. Les mesures quotidiennes de la quantité journalière de précipitations, et des températures maximale et minimale de l'air sont cruciales pour étudier le climat. Les mesures de la température du sol, de l'humidité du sol, et de la phénologie sont également importantes en ce qui concerne l'étude du climat. Si vous voulez étudier le climat en vous servant des mesures GLOBE, vous voudrez que vos élèves aient accès aux informations des autres écoles, grâce au site Internet de GLOBE. Vous trouverez notamment sur le site Internet de GLOBE des outils graphiques et vous aurez également la possibilité de télécharger les données d'autres écoles sous forme de tableaux qui peuvent être importés dans d'autres programmes d'analyse de données comme les tableurs.

### ***La composition atmosphérique***

Vos élèves étudient peut-être actuellement la composition de l'atmosphère. Ils peuvent utiliser trois des *protocoles relatifs à l'atmosphère* de GLOBE – *Les aérosols*, *La vapeur d'eau*, et *L'ozone en surface* – pour approfondir leur étude. Ces protocoles peuvent également être intégrés dans l'étude du temps et du climat, puisqu'ils représentent certains aspects de ces thèmes. Les aérosols et la vapeur d'eau influent sur la visibilité ainsi que sur le passage de la lumière et de la chaleur à travers l'atmosphère. L'ozone, quant à elle, affecte à la fois à court et à long terme les plantes et les animaux et affecte à long terme tout

matériaux en contact avec l'atmosphère.

Ces trois protocoles peuvent être menés à bien sans qu'aucune installation disposant d'un quelconque équipement permanent ne soit nécessaire. Ainsi, même si vous ne pouvez pas installer d'abri à instrumentation ou de jauge à eau de pluie, vous pouvez toujours procéder à ces trois mesures. Pour le *Protocole relatif à l'ozone en surface*, vous aurez cependant besoin de connaître le pourcentage de couverture nuageuse, les types de nuages, la direction du vent, ainsi que la température momentanée (en utilisant le protocole alternatif, celui qui n'utilise pas l'abri à instrumentation). En ce qui concerne les *Protocoles relatifs à la vapeur d'eau* et aux *aérosols*, vous aurez besoin de noter la couverture nuageuse, celle en traînée, l'humidité relative et la température courante, et vous devrez probablement mesurer la pression barométrique, ou obtenir leurs valeurs à partir d'autres sources ou directement à partir de GLOBE.

### **Bien se préparer**

De manière à être parfaitement préparé pour permettre à vos élèves de comprendre le concept de l'étude de l'atmosphère grâce à GLOBE, nous vous conseillons de lire les sections introductives du chapitre *Atmosphère* dans le *Guide GLOBE du Professeur*. Vous pouvez également vous familiariser avec les concepts scientifiques sous-jacents expliqués dans le guide. Ensuite, nous vous conseillons de jeter un coup d'œil aux parties *Quelles mesures sont prises ?* Vous pouvez alors décider quel thème vous allez aborder, ou à quelles questions les élèves devront répondre et quelles mesures leur permettent de le faire. Vous pouvez réfléchir à la manière dont vous introduirez le concept de GLOBE à vos élèves, et l'opportunité que cela leur procure de participer, conjointement avec des scientifiques et d'autres élèves, à la surveillance de l'environnement mondial. Vous pouvez également réfléchir quels projets et quelles analyses vos élèves peuvent faire selon qu'ils étudient l'atmosphère à partir du temps, du climat, ou de la composition de l'atmosphère.

S'ils ont l'âge, vous pouvez photocopier et leur distribuer la partie de ce chapitre appelée *Pourquoi étudier l'atmosphère* pour qu'ils comprennent pourquoi chacune des mesures est importante pour la Science. Discutez avec eux de l'importance d'avoir à la fois une base de données mondiale et



une base de données locale suffisamment précise pour comprendre l'environnement et comment ils peuvent participer à ce grand projet en soumettant des mesures précises et cohérentes à GLOBE. Encouragez les élèves à poser des questions auxquelles ils peuvent eux-mêmes répondre en prenant des mesures.

Nous vous conseillons également de revoir les protocoles spécifiques, et de prévoir quelles mesures vous élèves effectueront. Vous pouvez commencer avec des mesures faciles à prendre régulièrement de manière à être cohérent avec votre programme scolaire, puis ensuite, compliquer.

Vous devez obtenir les instruments dont vous aurez besoin et les étalonner si nécessaire. Vous devez aussi mettre en place votre abri à instruments météo et votre jauge à eau de pluie (pluviomètre) si vous souhaitez mesurer les températures maximale et minimale et la quantité de précipitations sous leur forme liquide.

Faites suffisamment de photocopies de toutes les *Feuilles de notes* dont les élèves auront besoin, ainsi que les explications qui vont avec.

Préparer un carnet de notes sur lequel seront conservées les données de l'école.

Ensuite...il ne vous reste plus qu'à commencer *L'étude de l'atmosphère !*

## Objectifs éducatifs

Les élèves qui participent aux activités présentées dans ce chapitre devraient en retirer des compétences scientifiques pour ce qui est de l'investigation et de la compréhension d'un bon nombre de concepts. Cela inclue l'utilisation de nombreux instruments bien particuliers et les techniques associées pour prendre les mesures et les analyser, ainsi que les manières générales d'aborder les problèmes. Les qualités scientifiques développées, qui sont précisées dans les parties grisées, reposent sur le fait que le professeur a terminé le protocole, ce qui inclut la partie *Critique des données*. Si cette partie n'est pas vue en classe, alors toutes les qualités scientifiques ne seront pas toutes développées. Les concepts scientifiques mis en jeu dans les protocoles font partie des références dans la liste de l'éducation nationale scientifique Américaine.

Le Conseil national de la Recherche aux Etats-Unis recommande de les aborder. Ces concepts comprennent également les concepts en lien avec les Sciences de la Terre et de l'espace et les Sciences Physiques. Les concepts géographiques sont extraits des concepts nationaux de référence aux Etats-Unis, eux-mêmes choisis par le Comité pour les concepts de référence aux Etats-Unis. Certains concepts destinés à approfondir des points en particulier concernant les mesures de l'atmosphère ont également été ajoutés. La partie grisée en début de chaque protocole ou de chaque activité d'apprentissage fournit les concepts scientifiques clés, ainsi que les capacités scientifiques qui vont être développés au cours de l'investigation. Les tableaux suivants donnent un résumé indiquant quels concepts et quelles compétences sont couvertes dans quels protocoles ou dans quelles activités d'apprentissage.

National Science Education Standards	Basic Protocols				Adv. Protocols	
	Clouds	Humidity	Precip.	Temp.	Aerosols	Ozone
<b>Earth and Space Science Concepts</b>						
Weather can be described by quantitative measurements		■	■	■		■
Weather can be described by qualitative observations	■					
Weather changes from day to day and season to season	■	■	■	■		■
Weather varies on local, regional, and global spatial scales	■	■	■	■		■
Clouds form by condensation of water vapor in the atmosphere	■					
Clouds affect weather and climate	■					
Precipitation forms by condensation of water vapor in the atmosphere		■	■			
The atmosphere has different properties at different altitudes	■					
Water vapor is added to the atmosphere through evaporation and transpiration from plants	■	■				
The atmosphere is composed of different gases and aerosols					■	■
The sun is a major source of energy for changes in the atmosphere					■	
The diurnal and seasonal motion of the sun across the sky can be observed and described					■	
The water vapor content of the atmosphere is limited by pressure and temperature		■				
Condensation and evaporation affect the heat balance of the atmosphere		■				
Materials from human societies affect the chemical cycles of Earth						■
Dynamic processes such as Earth's rotation influence energy transfer from the sun to Earth						
The atmosphere has changed its composition over time						
Water circulates through the crust, oceans, and atmosphere						
Global patterns of atmospheric circulation influence local weather						
Oceans have a major affect on global climate						
Solar insolation drives atmospheric and ocean circulation						
The sun is the major source of energy for Earth surface processes						
The sun is the major source of energy at Earth's surface						
Solar isolation drives atmospheric and ocean circulation						
<b>Physical Science Concepts</b>						
Materials exist in different states – solid, liquid and gas	■	■	■			
Heat transfer occurs by radiation, conduction, and convection						
Substances expand and contract as they are heated and cooled						
Light radiation interacts with matter						
The sun is a major source of energy on the Earth's surface						
Energy is transferred in many ways						
Heat moves from warmer to cooler objects						
Light/ radiation interacts with matter						
The sun is a major source of energy for changes on the Earth's surface						
Energy is conserved						
<b>Life Science Concepts</b>						
Sunlight is the major source of energy for ecosystems						
Energy for life drives mainly from the sun						
<b>General Science Concepts</b>						
Scale models help us to understand concepts						
Visual models help us to analyze and interpret data						

\* See the electronic version of the complete *Teacher's Guide* on CD-ROM or GLOBE Web site.

Adv. Protocols		Learning Activities											
Water Vap.	Surface Temp	Estimate Cloud Cover	Cloud Watch.	Observe Clouds	Study Instr. Shelter*	Build a Thermometer*	Draw Visuals*	Use Visuals*	Contour Map*	Make a Sundial	Hazy Skies	Air Mass	Model ppv*
■		■											
				■									
■		■	■	■									
		■											
■				■									
■	■		■										
■											■		
	■									■			■
	■												
												■	
■													
■													
■													
■													
■													
	■												
	■												
	■												
	■												
													■
	■									■			

National Science Education Standards	Basic Protocols				Adv. Protocols	
	Clouds	Humidity	Precip.	Temp.	Aerosols	Ozone
<b>Geography Concepts</b>						
The temperature variability of a location affects the characteristics of Earth's physical geographic system				■		
The nature and extent of cloud cover affects the characteristics of Earth's physical geographic system	■					
The nature and extent of precipitation affects the characteristics of Earth's physical geographic system			■			
Human activities can modify the physical environment					■	
Water vapor in the atmosphere affects the characteristics of Earth's physical geographic system		■				
Measurements of atmospheric variables help to describe the physical characteristics of an environment						
The physical characteristics of a location depend on its latitude and relation to incident solar radiation						
Geographic visualizations help to organize information about places, environments, and people						
The concentration of water vapor varies significantly from place to place, and depends on altitude, latitude, and climate						

\* See the electronic version of the complete *Teacher's Guide* on CD-ROM or GLOBE Web site.

Adv. Protocols		Learning Activities											
Water Vap.	Surface Temp	Estimate Cloud Cover	Cloud Watch.	Observe Clouds	Study Instr. Shelter*	Build a Thermometer*	Draw Visuals*	Use Visuals*	Contour Map*	Make a Sundial	Hazy Skies	Air Mass	Model ppv*
	■												
	■					■							
	■	■	■	■									
	■												
	■										■		
					■								
										■			
							■	■	■				
■													

	Basic Protocols				Adv. Protocols			
	Clouds	Humidity	Precip.	Temp.	Aerosols	Ozone	Water Vapor	Surface Temp.
<b>National Science Inquiry Standards</b>								
<b>General Scientific Inquiry Abilities</b>								
Use appropriate tools and techniques								
Construct a scientific instrument or model								
Identify answerable questions								
Design and conduct scientific investigations								
Use appropriate mathematics to analyze data								
Develop descriptions and explanations using evidence								
Recognize and analyze alternative explanations								
Communicate procedures and explanations								
<b>Specific Scientific Inquiry Abilities</b>								
Use a thermometer to measure temperature								
Use a cloud chart to identify cloud type								
Estimate cloud cover								
Use a rain gauge to measure rainfall and rain equivalent of snow								
Use pH paper, pens, or meters to measure pH								
Use meter sticks to measure snow depth								
Use a sun photometer and voltmeter to measure the amount of direct sunlight								
Use ozone strips and a strip reader to measure in situ ozone concentrations								
Use a weather vane to identify wind direction								
Use a barometer or altimeter to measure barometric pressure								
Use a hygrometer or sling psychrometer to measure relative humidity								
Use instrument to measure atmosphere water vapor content								
Use an infrared thermometer								

Estimate Cloud Cover	Learning Activities										
	Cloud Watch	Observe Clouds	Study Instrument Shelter*	Build a Thermo- meter*	Draw Visuals*	Use Visuals*	Contour Map*	Make a Sundial	Hazy Skies	Air Mass	Model ppv*



### ***Construction d'un instrument, Sélection d'un site, et organisation***

Le choix d'un site commode est crucial pour collecter quotidiennement les données.

### ***Protocole relatif aux nuages***

Les élèves évaluent la quantité de nuages et de traînées de condensation, observent quels types de nuages sont visibles, et comptent les différents types de traînée de condensation.

### ***Protocole relatif aux aérosols***

Les élèves utilisent un photomètre solaire à diodes rouges/vertes pour mesurer la quantité de lumière solaire qui atteint le sol quand les nuages ne cachent pas le soleil.

### ***Protocole relatif à la vapeur d'eau***

Les élèves utilisent un photomètre solaire proche de l'infrarouge pour mesurer la quantité de lumière solaire qui atteint le sol à des longueurs d'onde liées à la vapeur d'eau.

### ***Protocole relatif à l'humidité relative***

Les élèves mesurent l'humidité relative en utilisant soit un hygromètre numérique, soit un psychromètre à fronde.

### ***Protocole relatif aux précipitations***

Les élèves mesurent chaque jour la quantité de précipitations tombées en utilisant une jauge à eau, la quantité de neige en utilisant une planche graduée, la quantité totale de neige accumulée sur le sol, leurs équivalents en quantité de précipitations (pour la neige tombée dans la nuit, et la neige totale), et utilisent les techniques issues de l'*Etude relative à l'hydrologie* pour mesurer le pH de l'eau de pluie et de la neige fondue.



***Protocole pour la mesure numérique sur plusieurs jours de la température courante de l'air et du sol ainsi que de ses maxima et minima***

Les élèves utilisent un thermomètre numérique pouvant garder en mémoire les extrema de températures plusieurs jours, installé dans un abri pour mesurer les températures de l'air et du sol maximales et minimales durant des périodes pouvant aller jusqu'à 6 jours.

***Protocole relatif à la température actuelle de l'air ainsi qu'à ses maxima et minima***

Les élèves utilisent un thermomètre installé dans leur abri pour mesurer la température de l'air à un moment donné, ainsi que les températures minimale et maximale pendant une journée. Les élèves peuvent ne mesurer que la température momentanée.

***Protocole relatif à la température en surface***

Les élèves utilisent un thermomètre infrarouge (IRT) pour mesurer la température à la surface de la Terre.

***Protocole relatif à l'ozone de surface***

Les élèves exposent une bande chimiquement sensible à l'air pendant une heure et déterminent la quantité d'ozone présent en utilisant un lecteur de bandes à ozone.

***Protocole optionnel relatif à une station météorologique automatisée\****

Les élèves utilisent une station météorologique automatisée pour mesurer la pression barométrique, l'humidité relative, la fréquence et la quantité des précipitations, la température de l'air, la vitesse du vent et sa direction, toutes les 15 minutes.

***Protocole optionnel relatif à la pression barométrique\****

Les élèves utilisent un baromètre anéroïde pour mesurer la pression barométrique en s'aidant des protocoles relatifs aux aérosols et à la vapeur d'eau.

***Protocole optionnel relatif au suivi automatique des températures de l'air et du sol \****

Les élèves utilisent un carnet de notes ou un ordinateur ainsi que des capteurs de température pour mesurer la température de l'air et du sol à 5,10 et 50 cm de profondeur toutes les 15 minutes, pendant de longues périodes.

***Protocole optionnel relatif à la station météorologique AWS sur Internet \****

Les élèves enregistrent la station météorologique AWS de leur école sur Internet en tant que site d'étude de l'atmosphère GLOBE et permettent à GLOBE de récupérer une copie des données relevées dans leur station pour l'ajouter aux archives de GLOBE.

\* Se reporter à la version complète sur Internet du *Manuel pour enseignant* disponible sur le site Internet de GLOBE et sur CD-ROM.

# Construction d'instrument.

## Instructions pour construire un abri à instruments météo :

L'abri à instruments météo de GLOBE doit être fabriqué à partir de pin blanc ou de bois similaire, peint en blanc à l'intérieur et à l'extérieur, d'environ 2cm d'épaisseur. Un verrou doit être installé pour éviter l'altération d'autres instruments. Les blocs montés doivent être installés à l'intérieur pour éviter que le thermomètre min/max ne touche la face arrière. Les diverses pièces doivent être vissées ou collées et clouées ensemble. Les plans sont spécifiés en unité métrique. Vous aurez donc sans doute besoin de faire quelques ajustements mineurs sur les dimensions selon les dimensions locales standard du bois dans votre région.

Il est plus simple d'acheter des panneaux à lamelles préfabriqués, et qui sont d'ailleurs souvent disponibles à l'achat. Le principal critère à prendre en compte pour fabriquer des lamelles est qu'elles permettent la ventilation de l'abri météo tout en évitant à la lumière du soleil et à la pluie de rentrer directement. Pour éviter que la lumière du soleil ne rentre dans l'abri, nous suggérons que chaque lamelle se chevauche légèrement sur les lamelles adjacentes (voir figure AT-IC-1). Il devrait aussi y avoir un écart entre les lamelles d'environ 1 cm, et l'angle de la lamelle doit approximativement être à 50-60 degrés de l'horizontale. Pour les instructions sur le montage des protections, voir la Figure AT-IC-8.

Figure AT-IC-1  
Abri météo

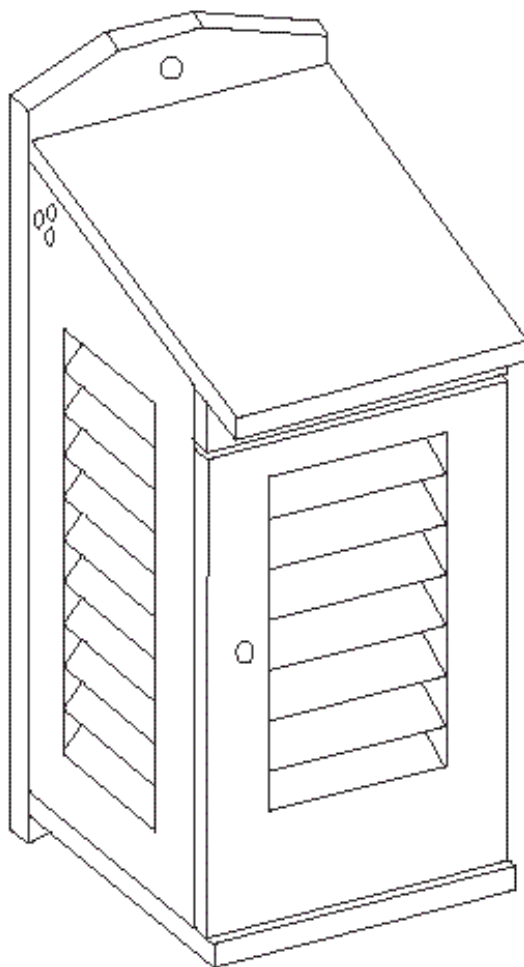
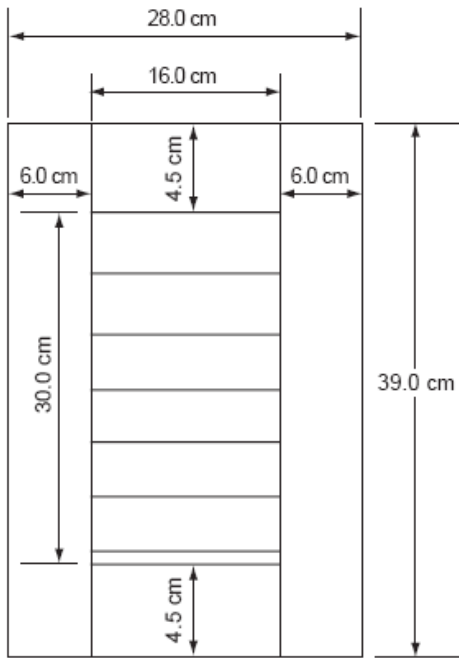
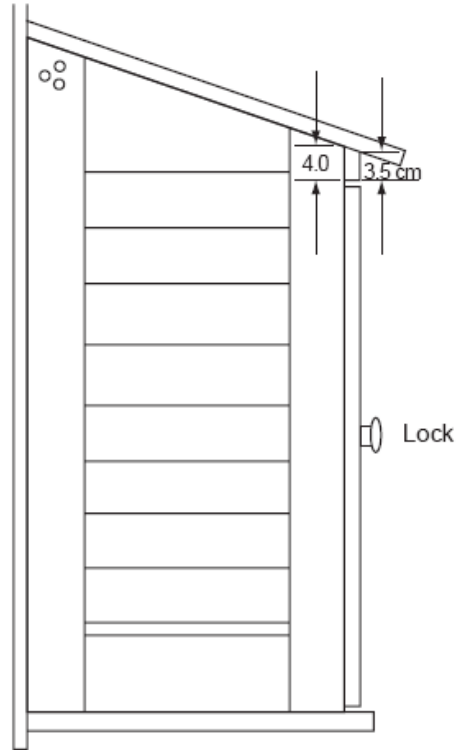


Figure AT-IC-2: Dimensions de l'abri météo

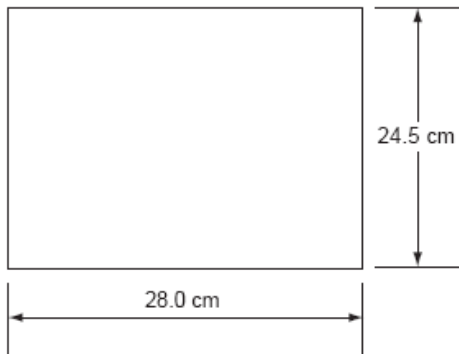


**Porte avant**

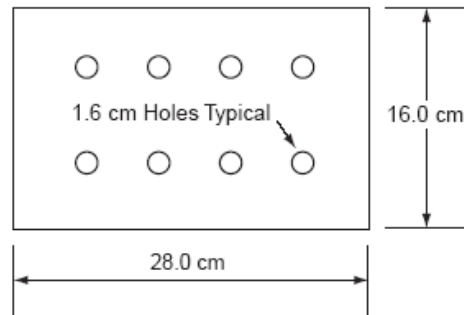
Note : les lamelles font 0,64 cm d'épaisseur et 4,5 cm de large



**Vue de coté**



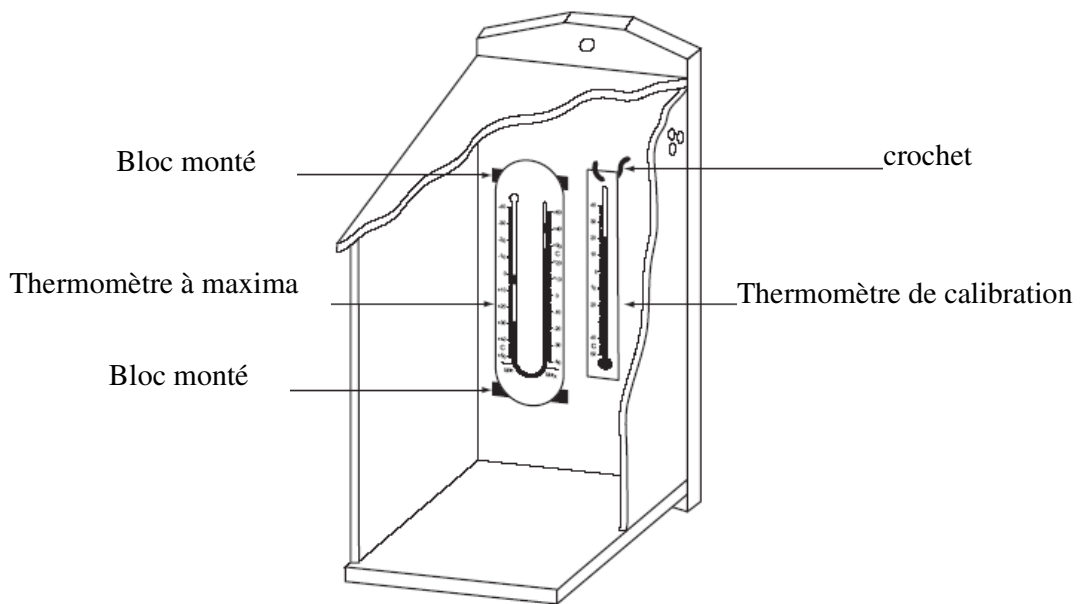
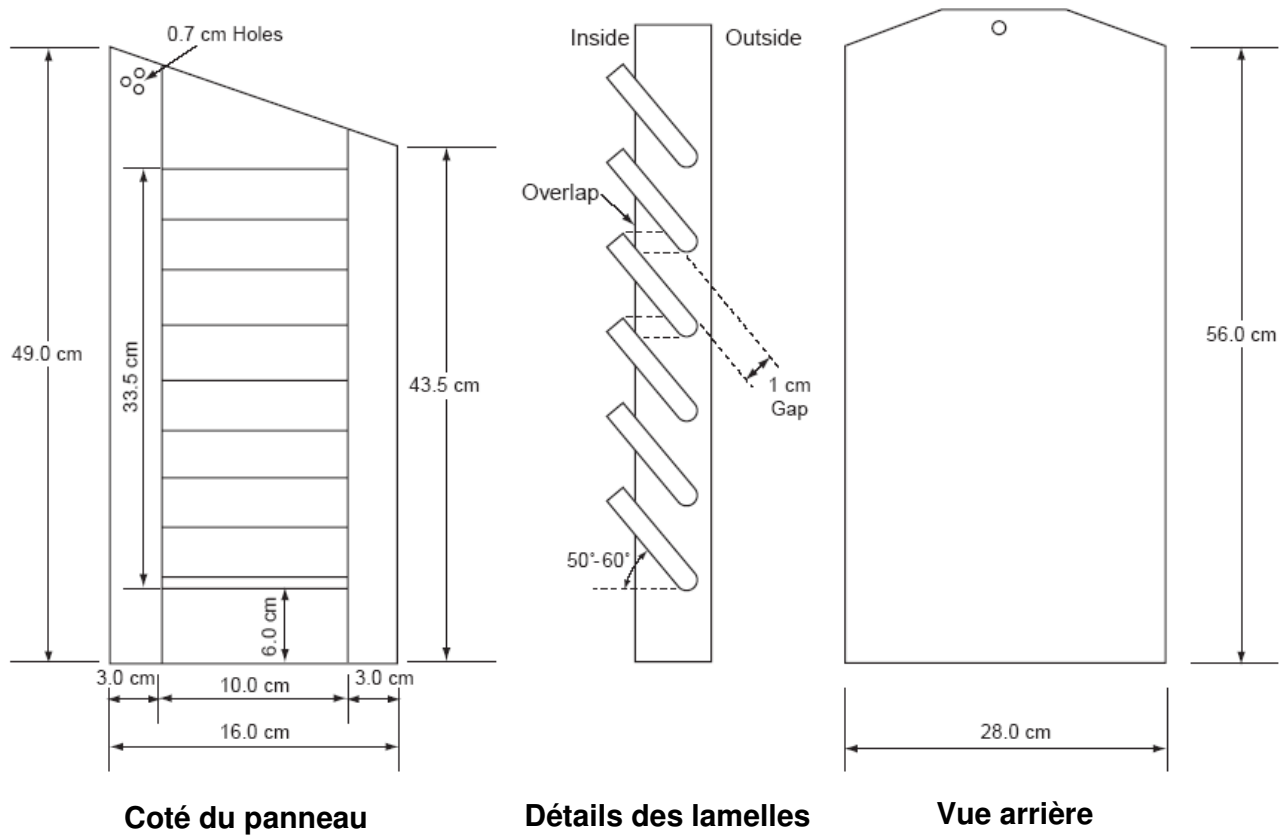
**Toit**



**Vue de dessous**

Les dimensions extérieures incluent les panneaux de lamelles.

Figure AT-IC-3

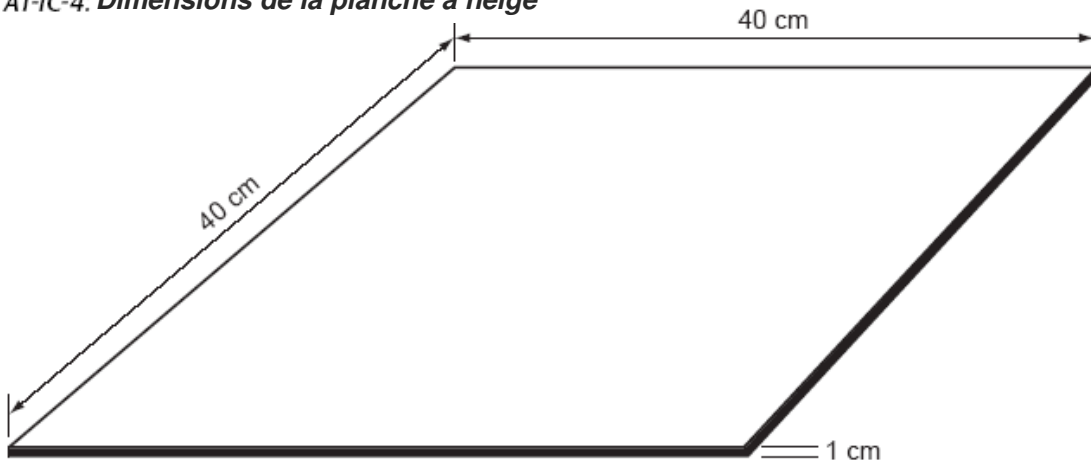


## Instructions pour construire une planche de neige

Une planche de neige est une surface mince et plate qui repose sur les premières couches de neige. La neige qui tombe dessus peut-être mesurée avec un mètre. La planche doit être fabriquée à partir de contreplaqué d'environ 1 cm d'épaisseur. Elle doit être assez légère pour que la neige déjà tombée soutienne son poids.

Elle doit faire au moins 40 cm x 40 cm en surface pour que plus d'une mesure de profondeur de la neige puisse être faite afin de collecter des échantillons à la fois pour l'eau équivalente à une quantité de neige donnée et pour le pH de la neige. La planche doit être peinte en blanc. Un fanion sera nécessaire pour marquer la position de la planche afin de la retrouver après une chute de neige récente.

Figure AT-IC-4: Dimensions de la planche à neige



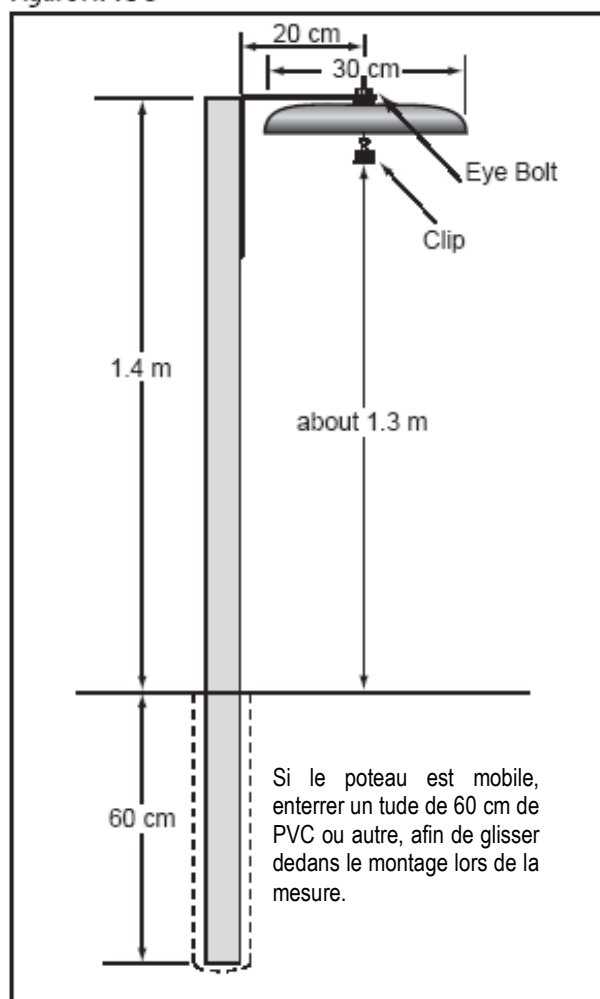
# Construction de la Station de Mesure de l'Ozone

## Les matériaux

Les matériaux nécessaires pour construire la Station de Mesure de l'Ozone peuvent être achetés dans une quincaillerie locale.

- 1 disque en plastique pour le toit de protection – 30 cm de diamètre (ex: Frisbee, couvercle d'un seau en plastique).
- 1 support de coin (equerre) – 20 cm (8 pouces)
- 1 boulon – 1cm x 5cm (3/8 pouces x 2 pouces)
- 2 joints en caoutchouc – 1 cm (3/8 pouces)
- 4 maillons de chaîne en acier inoxydable (3/8 pouces)
- 1 pince double clip – 3 cm (1 ¼ pouces)
- 1 boîte de peinture laquée anti-rouille
- Peinture
- 1 poteau en bois traité de 2 m (6 pieds 8 pouces)

Figure AT-IC-5



## Instructions pour la fabrication

1. Pulvérisez toutes les pièces métalliques de peinture résistante à la rouille de couleur claire.
2. Placez un joint sur le boulon.
3. Placez le disque en plastique de 30 cm sur le dessus du boulon avec la partie convexe vers le haut (pour que l'eau de pluie s'écoule).
4. Placez le boulon à travers le trou percé dans le support de coin. Mettez le deuxième joint et le fixer avec un écrou.
5. Attachez l'autre côté du support de coin à un poteau de 2 m et enfoncez solidement 60 cm du poteau dans le sol ou attachez-le à une tige mobile qui s'insère dans une section de 60 cm de long dans un tuyau en PVC ou autre, qui soit enfoncé dans le sol. Voir Figure AT-IC-5.

## Fabriquer le maillon de la chaîne

1. Utilisez une pince plate pour ouvrir un maillon en fin de chaîne pour glisser par dessus le boulon et utilisez une pince pour fermer le maillon ouvert.
2. Ouvrez le maillon de l'autre extrémité de la chaîne et attachez-le à une poignée de la pince clip de 3 cm (1 ¼ pouces). Fermez le maillon solidement.
3. Quand vous êtes prêt à exposer la bande ozone, placez-la dans la pince clip.

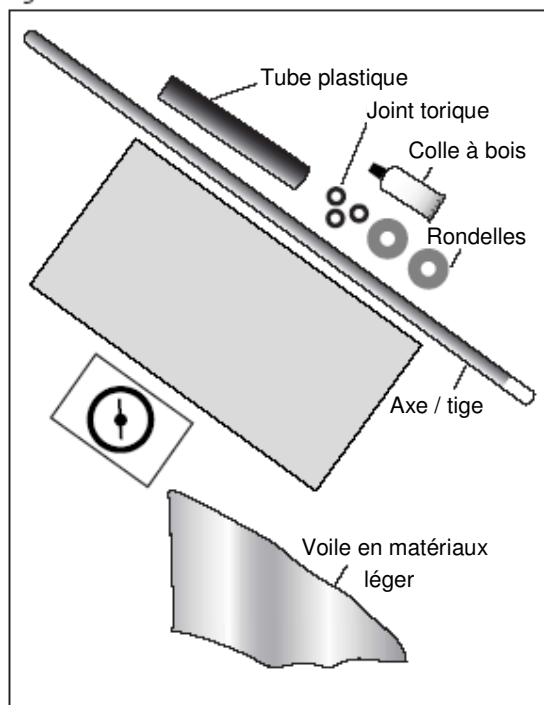
La station de mesure d'ozone est conçue pour offrir une protection contre la pluie et la neige à la bande de test d'ozone. La chaîne avec la bande chimique doit être assez longue pour que la bande de test ozone soit à l'air libre en dessous du disque en plastique – et assez courte pour que le vent ne fasse pas balancer la bande en dehors du fond du disque qui sert de toit.

# Construire un instrument pour déterminer la direction du vent

## Les matériaux

- 1 morceau de bois de pin – 5 x 15 x 60 cm pour base
- 1 axe/tige
- 3 anneaux en O (joint torique) – doivent convenir parfaitement sur l'axe
- 2 rondelles larges et plates - avec le diamètre interne de celui de l'axe
- 1 pièce de 15 cm de tuyau en plastique
- 1 paquet de lettres et de chiffres ou de la peinture
- 1 boussole
- 1 morceau de matériau léger (nylon, plastique, etc...)
- à couper en petite voile – format: triangle rectangle (environ 15 cm x 25 cm)
- 2 morceaux de fil dentaire cirés ou de fil en nylon pour attacher la voile
- 1 perceuse pour faire des trous pour l'axe
- 1 bande de velcro de 15 cm
- 1 récipient de colle à bois

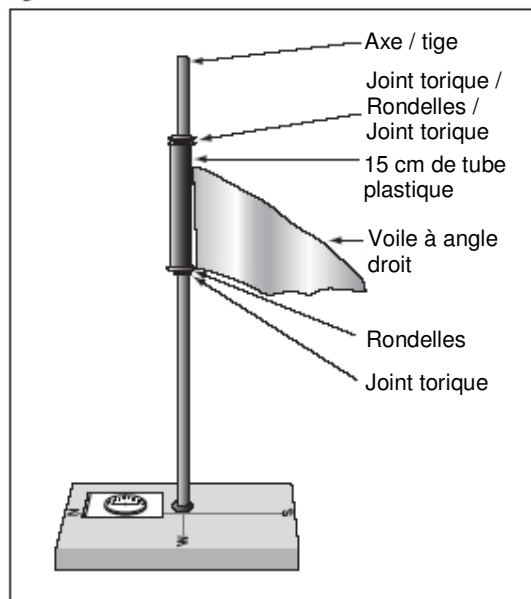
Figure AT-IC-6



## Instructions pour la fabrication

1. Tracez des droites à travers le centre de la pièce en bois (un aller de bout en bout et un aller de côté en côté) et placez les lettres sur la grille N, S, E et O.
  2. Faites des trous de même diamètre que l'axe presque tout le long de la pièce en bois en direction de son centre
  3. Coupez l'axe sur une longueur de 60 cm et poncez légèrement les deux extrémités
  4. Collez une extrémité de l'axe dans le trou
  5. Roulez un joint torique le long de l'axe jusqu'à 25 cm en partant du haut
  6. Placez une rondelle en acier plate au dessus du joint torique.
  7. Placez le tuyau en plastique de 15 cm au dessus de la rondelle plate
  8. Placez le deuxième joint torique à 0.5 cm au dessus du tuyau
  9. Placez la deuxième rondelle au dessus du joint torique et le troisième anneau par dessus la rondelle
  10. Coupez la voile selon un angle droit et attachez-le au tuyau avec le fil en nylon ou le fil dentaire ciré
- Attachez le Velcro au bois et à l'arrière de la boussole et alignez le N de la boussole avec celui du bloc en bois. (Le N de la pièce en bois doit être le vrai nord et non le nord magnétique. Bien régler la déclinaison magnétique.) Si vous n'êtes pas familier avec la différence entre le nord géographique et le nord magnétique, référez-vous à l'*Etude GPS* pour toute aide.

Figure AT-IC-7



## Questions fréquentes

### 1. Est-ce que notre abri météo doit avoir des lamelles?

Il est important que l'air puisse passer librement à l'intérieur et à l'extérieur de l'instrument de protection pour que le thermomètre mesure la température de l'air ambiant. Les lamelles sur l'abri permettent à l'air de pénétrer à l'intérieur mais aussi à protéger de la pluie, de la neige et des débris soufflés par le vent. Mettre juste des trous sur les faces de l'abri permettrait à la pluie ou à la neige de pénétrer encore plus que les lamelles. Il est donc très important que l'abri ait des lamelles. Pour un aperçu plus détaillé sur les caractéristiques de l'abri, veuillez-vous référer à l'étude de l'activité dans *Etude de l'abri à instruments météo*.

### 2. Pourquoi l'abri à instruments météo doit-il être blanc?

Le rôle de l'abri à instruments météo est de protéger les thermomètres de la lumière solaire directe ainsi que de la précipitation des débris soufflés par le vent. Néanmoins, nous voulons nous assurer que l'abri météo lui-même n'affecte pas la température de l'air qui est en cours de mesure. Autrement dit, nous voulons que la température de l'air à l'intérieur de l'abri soit la même que la température à l'ombre de l'air extérieur. Cela signifie que nous voulons un abri qui n'absorbe pas beaucoup de rayonnement solaire et chauffe plus que son environnement. En rendant l'abri blanc, la plupart de la lumière solaire incidente est réfléchi. Pour plus de détails sur les caractéristiques de l'abri, veuillez-vous référer à l'étude de l'activité dans *Etude de l'abri à instruments météo*.

### 3. Notre planche de neige doit-elle être en contreplaqué?

Le contreplaqué est meilleur, mais d'autres bois légers peuvent être utilisés. Il n'est pas judicieux d'utiliser du métal car il peut s'échauffer sous le soleil et faire fondre la première neige d'un enneigement en plein jour. L'important est que la planche soit assez légère pour être placée à la surface même de la neige et non pas s'enfoncer à l'intérieur.



# Choix du site et installation

Le choix du lieu de votre Site d'Etude Atmosphérique et l'installation correcte de votre indicateur de pluie, de l'abri météo et Station de Mesure d'Ozone sont cruciaux pour le succès de la mise en oeuvre de cette étude. Les mesures d'atmosphère sont prises fréquemment et les élèves doivent donc être capables d'aller au site et d'en retourner en peu de temps.

Le site idéal pour faire des mesures atmosphériques est un site ouvert, éloigné des arbres, des bâtiments et autres structures. Un site ouvert convient mieux car rien ne bloque les précipitations en créant des zones d'ombre à la pluie ou à la neige. L'air est libre de s'écouler autour des instruments; la chaleur des bâtiments individuels n'altère pas les données de manière significative et une grande partie du ciel peut être observée. En choisissant votre site, quelques compromis peuvent s'avérer nécessaires entre l'idéal pour les observations scientifiques et les contraintes logistiques de l'école et de ses alentours. L'important, pour garantir les données de vos élèves est de se renseigner sur la nature de l'atmosphère de votre site d'étude et des alentours. La figure AT-IC-9 montre le site idéal. Les arbres, les bâtiments et autres structures sont à une distance au moins quatre fois leurs hauteurs. Par exemple, si votre site est entouré d'arbres ou de bâtiments qui font 10m de haut, placer vos instruments à au moins 40 m de ces arbres. A de telles distances, les arbres, buissons ou bâtiments peuvent être favorables en cassant le vent rendant ainsi la lecture de vos mesures de pluviosité et d'enneigement plus précis.

## Les observations de nuages, de sillages condensés et d'aérosols

Les mesures faites sur les nuages, les quantités d'air condensé provenant des sillages d'avion, les catégories de nuages et les aérosols demandent une vie dégagée du ciel mais pas l'installation d'équipement. Le milieu d'un terrain de sport est un excellent endroit. Le site où vous effectuez vos mesures de nuages, de sillages condensés et d'aérosols n'a pas besoin d'être le même que celui de votre station de mesure d'indicateur de pluie, d'hygromètre et d'ozone, ni le même que celui de votre abri météo. Si vous choisissez de faire des observations de nuages, de sillages condensés et d'aérosols dans un site différent et éloigné de plus de 100 m de l'abri, définissez deux Sites d'Etude de l'Atmosphère et reportez séparément les données des différents protocoles.

Pour choisir un bon endroit pour faire les mesures, marchez simplement autour de votre établissement scolaire jusqu'à ce que vous arriviez à une zone où le ciel est dégagé. Si vous habitez dans une ville, il se peut que vous ne trouviez pas de zone où la vue du ciel est complètement dégagée. Choisissez alors le site disponible le plus ouvert possible. Pour les sites ayant des obstacles considérables comme de arbres hauts ou

de grands bâtiments qui empêchent une vue totale du ciel, il serait utile de faire trois observations d'enveloppes de nuages et de sillages condensés, et de types de nuages et de sillages condensés, séparées de 5 minutes chacune. Dans cette situation, signaler à GLOBE plutôt la moyenne de l'enveloppe des nuages et des sillages et celle de leurs types – que les résultats d'une seule observation.

## Le positionnement de l'instrument de mesure de précipitations, d'humidité relative, de température et d'ozone

Le positionnement idéal de l'indicateur de pluie (et/ou celui de la planche de neige) et de l'abri météo qui va héberger les thermomètres et l'hygromètre numérique – est une zone plate et ouverte avec une surface naturelle (ex: herbeuse). Evitez les toitures des bâtiments et les surfaces pavées ou en béton: ces derniers peuvent s'échauffer plus qu'une surface herbeuse et altérer les lectures d'instruments. Les surfaces dures peuvent causer des erreurs de mesures de précipitations à cause des éclaboussures. Evitez également de placer les instruments sur des pentes abruptes ou dans des creux abrités sauf si ce type de terrain représente la zone environnante.

Les mesures d'humidité et de température du sol ont plus de valeur pour les scientifiques et sont plus utilisables dans les projets de recherche des élèves si les données sur les précipitations et la température de l'air sont réalisées sur un site qui est à moins de 100 m du site de mesure de l'Humidité et de la Température du Sol. Ces mesures du sol impliquent de creuser, de placer les instruments dans le sol, de prendre des échantillons de terre et d'enfoncer les thermomètres dans celle-ci. S'il est possible pour votre établissement scolaire de faire ces mesures de la terre, même si vous ne comptez pas le faire pendant plusieurs années, vous devez prendre en compte les exigences des Protocoles d'humidité et de température de la terre dans *l'Etude de la terre*.

## Le positionnement de l'indicateur de pluie

Comme le vent est l'une des plus grandes causes d'erreur dans les mesures d'indicateurs de pluie, le meilleur positionnement pour la jauge de pluie (pluviomètre) est sur un poste aussi bas et aussi pratique que possible. Le vent à travers le haut de la jauge crée un effet qui fait dévier les gouttes de pluie autour d'elle. Comme la vitesse du vent augmente généralement avec la hauteur par rapport au sol, plus la jauge de pluie (pluviomètre) est basse, moins elle sera perturbée par le vent. Notez sur la Figure AT-IC-8 que l'abri météo et la jauge de pluie (pluviomètre) sont montés sur des postes séparés. Le haut de la jauge est à environ 0.5 m du sol et est situé à 4 m plus loin de l'abri pour que ce dernier ne bloque pas la pluie qui est collectée dans la jauge.

Si ce n'est pas pratique de placer le pluviomètre et l'instrument sur des postes séparés, ils peuvent être montés sur un poste unique avec le pluviomètre sur la partie opposée de l'abri. Sans se soucier si le pluviomètre partage un poste avec l'abri météo ou si elle est montée sur son propre poste, assurez-vous que le dessus du pluviomètre est environ 10 cm plus haut que celui du poste. Si possible, coupez le haut du poste à 45° pour que les gouttes de pluie s'éclaboussent loin du pluviomètre.

### Le positionnement de la planche de neige

Placez la planche de neige au niveau qui représente le mieux la profondeur moyenne de la zone environnante. Sur le flan d'une colline, utilisez la pente non exposée au soleil (c'est-à-dire une exposition orientée vers le nord à l'hémisphère nord et orientée sud à l'hémisphère sud). Le site ne doit pas contenir des arbres, des bâtiments et autres obstructions qui peuvent altérer l'écoulement du vent ou la fonte de neige. Rappelez-vous qu'après chaque nouvel enneigement, la planche devra être déplacée vers une nouvelle zone non perturbée. Pensez également à placer un fanion là où la planche est située pour la retrouver après la chute de neige.

### Le positionnement de l'abri météo et du thermomètre

L'abri météo doit être monté tel que le thermomètre à maximum-minimum, à l'intérieur soit à 1.5 m au dessus du sol (ou 0.6 m au dessus de la moyenne de la profondeur de la neige). Cela aidera à éviter que la chaleur du sol n'altère la lecture des températures. L'abri doit être monté sur le côté du poste ne faisant pas face à l'équateur.

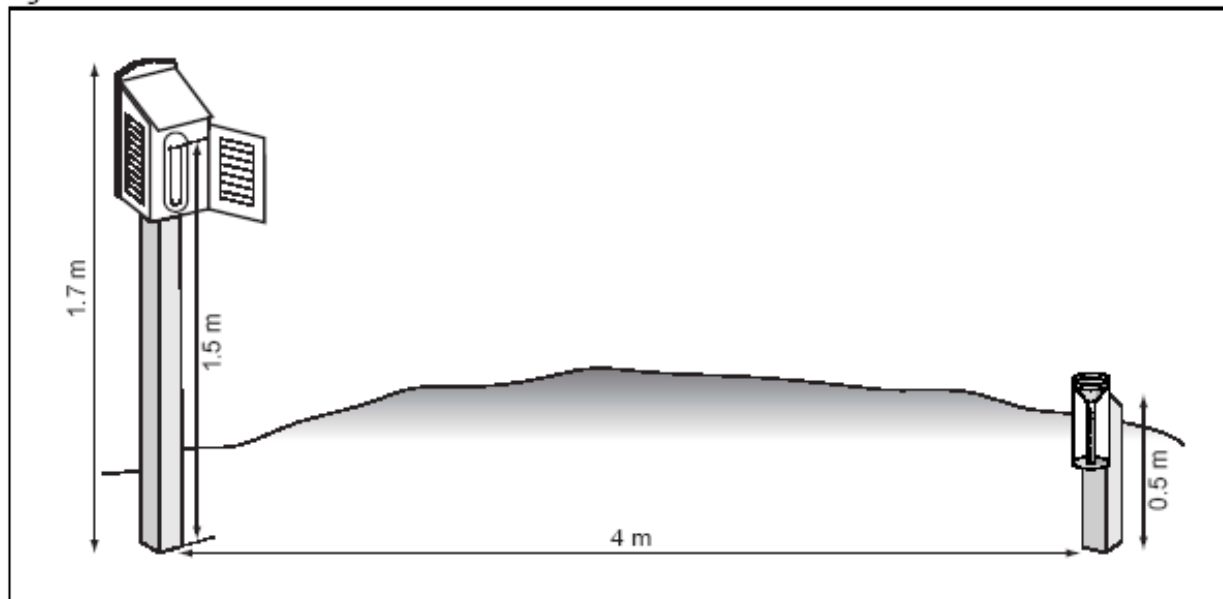
Autrement dit, l'abri doit être placé sur la face nord du poste à l'hémisphère nord et sur la face sud du poste à l'hémisphère sud. Ce positionnement permet de protéger le thermomètre de la lumière solaire directe quand la porte de l'abri est ouverte pour faire des lectures.

Le poste sur lequel est monté l'abri doit être solidement fixé au sol. Cela permettra de minimiser les vibrations causées par des vents forts qui sont susceptibles de faire bouger les indicateurs dans le thermomètre à maximum/minimum. On verrouille généralement l'abri entre deux lectures pour éviter de fausser le thermomètre. L'abri protège le thermomètre des radiations du soleil, du ciel, du sol et des objets environnant, mais permet à l'air de s'écouler à l'intérieur pour que la température à son intérieur soit la même que celle à l'extérieur.

Montez le thermomètre à maximum/minimum dans l'abri de façon à ce qu'il y ait un écoulement d'air autour du boîtier du thermomètre. Cela est possible en utilisant de blocs ou des séparateurs entre le thermomètre et le mur arrière de l'abri. Voir la figure AT-IC-3. Aucune partie du thermomètre ne doit toucher les murs, le sol ou le toit de l'abri.

La sonde sur plusieurs jours du thermomètre à maximum/minimum numérique doit être suspendue à l'intérieur de l'abri sans toucher les murs. L'unité de lecture à voix haute peut être montée sur le mur de derrière.

Figure AT-IC-8



## La station de mesure d'ozone

La station de mesure est montée sur un poste permanent et est située dans une zone ouverte pour permettre à l'air de s'écouler librement autour de la bande chimique. Elle doit être située près de l'abri d'instrument du GLOBE pour permettre aux élèves de collecter facilement les données courantes de température. La Station de Mesure de l'Ozone fait ainsi partie du Site d'Etude de l'Atmosphère.

L'unité qui comprend la bande de test chimique doit être attachée à un poteau de 5 cm de diamètre et de 2 m de long. Une fois le poteau enfoncé de manière permanente à 60 cm du sol, le haut de la station de surveillance sera à 1.4 m du sol plaçant ainsi la bande chimique à environ 1.3 m du sol. Cela placera le trombone qui maintient la bande sensible d'ozone à une bonne hauteur pour des élèves du primaire. Le poteau peut être plus court pour situer la station de surveillance à une hauteur commode pour des élèves plus jeunes.

Les élèves peuvent également se mettre debout sur le tabouret utilisé pour avoir le niveau de leurs yeux à hauteur du thermomètre à maximum/minimum. Le disque en plastique protège la bande chimiquement sensible de la pluie et des faibles chutes de neige.

## Sécurité pour vos instruments

Certains établissements scolaires ont signalé des problèmes de vandalisme à leurs sites d'étude GLOBE, en particulier avec la jauge de pluie (pluviomètre) et l'abri météo. Chaque école doit déterminer les mesures de sécurité qui lui conviennent le mieux. Certaines écoles placent leur abri météo dans un lieu proéminent où toute la communauté peut l'admirer et le surveiller. D'autres écoles ont mis des clôtures autour de leurs sites atmosphériques. Cela est parfaitement acceptable tant que les clôtures n'interfèrent en aucun cas avec les instruments. Cela signifie qu'une enceinte clôturée doit être assez large pour que la jauge soit libre de toute obstacle. Une enceinte clôturée ne doit avoir de toit d'aucun type, même un toit clôturé, car cela interfère avec les mesures de précipitations. S'il n'y a vraiment aucune zone sûre aux alentours de votre établissement scolaire où les instruments peuvent être gardés à l'extérieur en toute sécurité pour de longues périodes, il y a d'autres protocoles complémentaires de GLOBE que vous pouvez utiliser pour mesurer la température, et la station de mesure d'ozone peut être transportable.

# La documentation de votre site d'étude de l'Atmosphère

Pour faire un compte-rendu de vos mesures d'atmosphère à GLOBE, vous devez définir votre Site d'étude de l'Atmosphère dans le système de données de GLOBE. Pour permettre à vos élèves de commencer rapidement, vous pouvez initialement définir le site en donnant son nom et en l'assignant aux mêmes coordonnées que celles de l'emplacement de votre école. Ensuite, quand vous aurez mesuré la latitude, la longitude et la hauteur via un récepteur GPS, vous pouvez éditer la donner la définition de votre site d'étude en fournissant ces informations. Il y a d'autres caractéristiques de votre site qui peuvent être importantes pour les utilisateurs des données. Ils peuvent inclure la hauteur de votre jauge de pluie, du thermomètre à maximum/minimum, de l'objet qui fixe votre bande de test ozone, de la pente du terrain où se trouve votre site ainsi que la direction de cette pente et de toutes les informations qui font que votre site diffère des conditions idéales. Tous ces éléments peuvent être ajoutés quand vous éditez la description du site.

Dans plusieurs écoles du système GLOBE, l'atmosphère idéale du site d'étude n'existe pas. Les scientifiques peuvent continuer d'utiliser des données de ces écoles, mais toutes les informations qui font que votre site n'est pas idéal sont à fournir. Ces informations sont appelées des *metadata* et sont déclarées comme partie entrante de la définition du Site d'Etude de l'Atmosphère. Il est important pour les scientifiques de connaître toute condition locale qui pourrait fausser la température dans l'abri météo, la quantité de pluie qui atteint la jauge ou la neige qui s'accumule sur la planche, la capacité des élèves de voir tout le ciel, etc.

## ***Par quoi peuvent être faussées les lectures de température?***

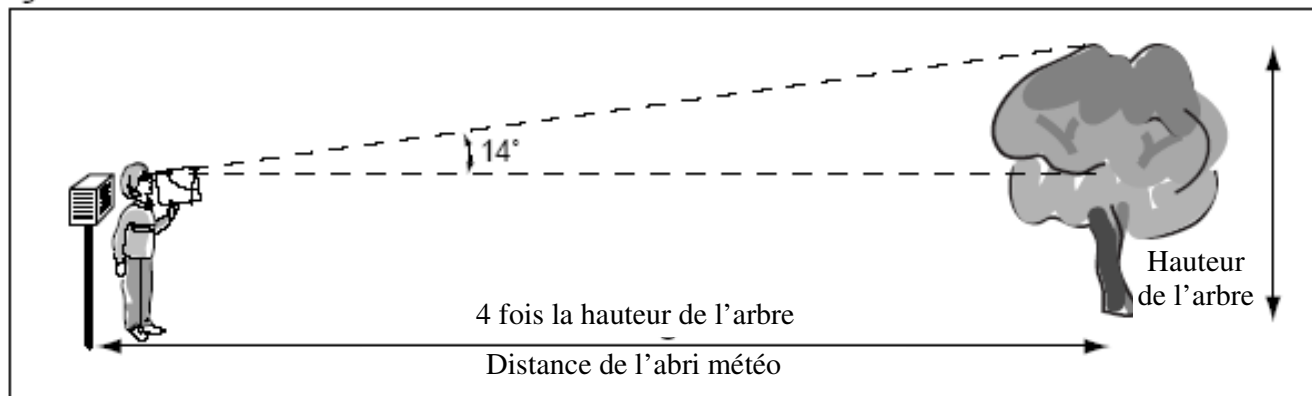
Les bâtiments qui s'échauffent ou qui refroidissent dégagent de la chaleur. Si un bâtiment est à 10m de l'abri météo, cela doit être noté dans votre *metadata*. Les surfaces comme les dallage et les briques absorbent la lumière du soleil et en s'échauffant, elles rayonnent de la chaleur dans l'air environnant. Si l'abri est monté sur une surface pavée ou sur un toit, une bonne description de cette surface doit être signalée y inclus le matériau qui la compose et sa couleur. La surface souhaitée en dessous de l'abri est l'herbe. Si la surface naturelle dans votre région est de la terre nue parce que vous habitez dans une région aride ou semi-aride, cela doit être signalé également.

## ***Par quoi peuvent être faussées les observations de précipitations et de nuages?***

La quantité de précipitations collectées ainsi que la partie du ciel qui peut être observée sont influencées par les bâtiments, les arbres, les collines, etc ... qui entourent le Site d'Etude de l'Atmosphère.

Pour GLOBE, n'importe quel obstacle qui est à une distance quatre fois plus grande que sa hauteur ne pose pas de problème. Les obstacles qui sont plus proches doivent être signalés comme partie intégrante de la définition de votre site. Si vous regardez le sommet d'un obstacle à travers un clinomètre, et s'il est exactement à une distance quatre fois sa hauteur, l'angle que vous lirez sera  $14^\circ$ . tout obstacle à un angle supérieur à  $14^\circ$  est trop près et doit être signalé comme partie de votre définition du site sauf si ce n'est pas un objet considérable. Par exemple, un porte-drapeau de 7 m à une distance de 7 m et faisant dix centimètres de diamètre n'altérera pas significativement vos mesures, alors qu'un arbre de 20 m à une distance de 40 m peut créer une rupture de vent et va certainement cacher une partie du ciel.

Figure AT-IC-9



# La documentation de votre Site d'Etude de l'Atmosphère

## Guide de terrain

### **But**

Décrire et localiser votre Site d'Etude de l'Atmosphère

### **Ce dont vous avez besoin**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> fiche de définition du Site d'Atmosphère | <input type="checkbox"/> récepteur GPS     |
| <input type="checkbox"/> guide de terrain du protocole GPS        | <input type="checkbox"/> 50 m de Scotch    |
| <input type="checkbox"/> une boussole                             | <input type="checkbox"/> un clinomètre     |
| <input type="checkbox"/> stylo ou crayon                          | <input type="checkbox"/> un appareil photo |

### **Sur le terrain**

1. Complétez les informations au haut de votre *Fiche de Définition du Site d'Atmosphère*.
2. Localisez votre Site d'Etude de l'Atmosphère en suivant le Guide de Terrain du protocole GPS.
3. Décrivez tous les obstacles autour de votre site. (un bâtiment, un arbre, etc... est un obstacle si, quand vous repérez son sommet avec un clinomètre, l'angle est  $> 14^\circ$ .)
4. Décrivez tout bâtiment ou mur à moins de 10 de votre site.
5. Si vous rapportez des arbres ou bâtiments à l'étape 3 ou 4, prenez des photos des alentours de votre site donnant vers le nord, l'est, le sud et l'ouest. Identifiez les numéros de chaque photo sur votre
6. Choisissez un partenaire ayant les yeux à la même hauteur que les vôtres.
7. Demandez lui de rester debout à 5 m de vous le long de la pente la plus abrupte de votre site.
8. Repérez ses yeux avec le clinomètre et notez l'angle. C'est la pente à votre site.
9. Reportez la direction de la boussole à votre partenaire.  
Si vous avez installé la jauge de pluie (pluviomètre), la station de mesure d'ozone ou l'abri météo à votre site, suivez les étapes suivantes:
10. Mesurez la hauteur au sol du haut de la jauge de pluie (pluviomètre) en centimètres
11. Mesurez la hauteur au sol du réservoir du maximum/minimum thermomètre en centimètres
12. Mesurez la hauteur au sol de l'attache-bande ozone en centimètres
13. Rapportez le type de surface du sol en dessous de votre abri météo.

## Questions fréquentes

### 1. Est-il possible de mettre notre jauge de pluie (pluviomètre) et l'abri météo dans une zone clôturée?

Cela est possible tant que la clôture ne bloque pas le pluviomètre et ne provoque pas l'éclaboussure de la pluie dans le pluviomètre.

### 2. Nous vivons dans une ville où il n'y a pas de bon terrain pour placer notre jauge de pluie (pluviomètre) et notre abri météo. Pouvons-nous mettre ces instruments sur le toit de l'école?

Bien que ce ne soit pas le bon endroit pour les instruments météorologiques, si votre choix est entre mettre les instruments sur le toit ou ne pas participer à l'Enquête de l'Atmosphère, mettez dans ce cas les instruments sur le toit. Cela a plusieurs inconvénients pour les élèves et les scientifiques.

- Une personne aura à accéder au toit quotidiennement pour faire des lectures sauf si vous utilisez un équipement géré par automate.
- A la hauteur même d'un bâtiment d'un étage, l'effet du vent sur le pluviomètre sera pire que si elle était au sol même.
- Vous devez vous assurer que les structures sur le toit ne bloquent pas le pluviomètre.
- Le toit d'un bâtiment est susceptible d'être plus chaud que ses environs. La chaleur qui se dégage du toit est susceptible d'altérer les mesures de température. Une manière de minimiser cet effet pourrait consister à mettre une sorte de matériau artificiel ou même de l'herbe réelle sur la partie en dessous de l'abri.
- En mettant les instruments de mesures de climat sur le toit, les mesures ne seront pas facilement comparables avec celles des écoles où les instruments sont au sol même. Toutefois, cela ne veut pas dire que les mesures sont inutiles. En définitive, votre école pourra développer un enregistrement de données qui montrera qu'il y a des changements dans les précipitations ou la température au cours du temps. Pour l'observation des nuages et aérosols, le toit peut être un excellent endroit si votre école est parmi les bâtiments les plus hauts de votre entourage.

A chaque fois qu'il vous est impossible de suivre strictement le protocole pour le positionnement de vos instruments, assurez-vous de noter cela dans votre description de site. De cette façon, les autres élèves et scientifiques qui utiliseront vos données seront conscients que ce sont des circonstances spéciales.

### 3. Est-il possible de monter notre abri météo sur un arbre?

Bien que cela paraisse une place raisonnable pour placer l'abri, vu qu'un arbre protégera le thermomètre du soleil et de la pluie, un arbre n'est PAS une bonne place pour l'abri météo. Pourquoi?

Parce qu'un arbre est un être vivant. Cela signifie que dans le processus de croissance et d'alimentation, un

arbre dégage de la chaleur et de l'humidité qui pourront altérer vos lectures de température. De plus, un grand arbre pourrait offrir beaucoup trop de protection et ne permettra pas au vent de s'écouler librement à travers l'abri.

### 4. Nous ne pouvons pas trouver d'endroit sur le terrain de l'école qui soit à une distance quatre fois celle de la hauteur du bâtiment de l'établissement. Que devons-nous faire?

C'est souvent difficile de trouver un endroit IDEAL pour vos instruments de mesure sur le terrain de votre école. Placez les instruments dans le meilleur endroit possible. Pensez à compléter la *Fiche de Définition du Site d'Atmosphère* et de reporter – en tant que définition de votre site – la *metadata* de votre site à l'Archive de données de GLOBE.

### 5. Pouvons-nous mettre notre jauge de pluie (pluviomètre) sur le sol?

Pour minimiser les effets du vent, le fait de placer la jauge de pluie (pluviomètre) au niveau du sol permettra de réduire les erreurs, mais le fait que ce soit une bonne idée ou pas dépend de plusieurs facteurs. Avant toute chose, le pluviomètre doit être stable. Vous n'allez pas juste la placer sur une surface ou elle pourrait être renversée par le vent ou par accident. Cela signifie que même si vous voulez placer votre pluviomètre au niveau du sol, vous devez toujours être certain qu'elle est solidement attachée à un poteau qui la gardera droite. Une autre considération est la nature de la surface sur laquelle vous placez le pluviomètre. Une surface dure comme du béton ou de l'asphalte, pourrait augmenter les chances d'éclaboussure de la pluie dans le pluviomètre. Dans ce cas, il serait préférable d'avoir le sommet de votre pluviomètre à au moins 50 centimètres au dessus du sol. Cependant, si la surface est naturellement poreuse, le pluviomètre peut être placée très près du sol avec peut de chance d'être éclaboussée.

### 6. Nous n'avons pas de pluviomètre fabriqué industriellement. Pouvons-nous utiliser une bouteille de boisson ou tout autre type de récipient?

Le problème en utilisant un récipient autre qu'une jauge de pluie (pluviomètre) du commerce qui respecte les spécifications de GLOBE – est d'obtenir des mesures précises comparables aux autres données. Des mesures précises de pluviosité demandent plus qu'une simple mesure à la règle de la profondeur d'eau de pluie dans le récipient.

En outre, la plupart des récipients n'ont pas de fond plat rendant difficile les mesures cohérentes. Toutes ces difficultés montrent que le meilleur récipient pour mesurer la pluviosité est une jauge qui respecte les spécifications de GLOBE.

Si vous êtes contraints d'utiliser autre chose qu'un pluviomètre officiel, veuillez le signaler comme faisant

partie de votre définition du Site d'Etude d'Atmosphère.

La première exigence pour un pluviomètre faite maison est que l'ouverture du haut soit arrondie, plate quand elle est montée et de diamètre respectant les spécifications de GLOBE. Vous devez suivre une démarche spéciale pour obtenir la profondeur d'eau de pluie qui est tombée. Mesurez le diamètre de l'ouverture supérieure de votre récipient en centimètres. Après que la pluie se soit accumulée dans le pluviomètre, mettez-la dans un cylindre gradué de 100 ml que vous utilisez dans les protocoles d'hydrologie et mesure de la terre. Mesurez le volume de pluie collectée en ml (qui sont égaux aux centimètres cubes). Si plus de 100 ml ce sont accumulés, remplissez le cylindre gradué jusqu'à la marque des 100 mL, videz-le dans un récipient propre et remplissez-le de nouveau. Ajoutez ainsi les volumes que vous mesurez pour avoir le volume total. La profondeur de l'eau de pluie est calculée comme montré dans le cadre ci-dessous:

Reportez la valeur au plus proche dixième de millimètre. Assurez-vous d'utiliser un récipient qui ne sera pas altéré par le pH de l'eau de pluie et utilisez un cylindre gradué propre pour les mesures de volumes.

### 7. Pourquoi l'abri météo ne doit pas être orienté vers l'équateur?

Quand vous sortez par un jour ensoleillé, il est vite évident que vous sentiez la chaleur directement sous le soleil qu'à l'ombre. Pour les mesures de température de GLOBE, nous voulons mesurer les températures de l'air sans l'influence directe du soleil. Pour avoir une mesure précise de la température de l'air, nous devons nous assurer que le thermomètre est protégé de l'influence directe du soleil. Cela signifie qu'à l'hémisphère nord, l'abri météo doit être orienté vers le nord et à l'hémisphère sud vers le sud. De cette manière, le soleil ne rayonnera pas directement sur les instruments à l'intérieur de l'abri quand la porte de ce dernier est ouverte pour faire des lectures.

7.

### 8. Monter l'abri météo pour avoir le thermomètre à maximum/minimum à 1.5 m du sol rend difficile la lecture du thermomètre par les élèves. Pouvons-nous le mettre plus bas?

De la même manière que placer l'abri à proximité d'un bâtiment ou d'un arbre influence les lectures de température, le placer trop près du sol influence aussi ces lectures. Comme le sol s'échauffe au courant de la journée, il émet plus d'énergie. En mettant l'abri à environ 1.5 m du sol, la chaleur qui se dégage du sol a une chance de se dissiper dans l'atmosphère, et nous finirons par mesurer la température de l'air et non celle du sol. Pour des élèves de petite taille, prévoyez une marche solide (ou un ensemble de marche) qui leur permettront d'avoir l'oeil au niveau du thermomètre pour qu'ils puissent lire avec précision.

$$\text{Rayon de l'ouverture de la jauge (cm)} = \frac{\text{Diamètre de l'ouverture de la jauge (cm)}}{2}$$
$$\text{L'aire de l'ouverture de la jauge (cm}^2\text{)} = \pi \times [\text{rayon de l'ouverture de la jauge (cm)}]^2$$
$$\text{Profondeur de l'eau de pluie (mm)} = 10 \frac{\text{mm}}{\text{cm}} \times \frac{\text{Volume de pluie (mL ou cm}^3\text{)}}{\text{Aire de la jauge (cm}^2\text{)}}$$

**9. Les montagnes autour de notre école bloquent partiellement notre vue du ciel. Que devons-nous faire?**

Dans certains cas, les écoles situées sur des collines ou de vallées peuvent avoir des montagnes ou des collines qui bloquent au moins une partie de l'horizon. Considérez les collines ou montagnes environnantes comme des obstacles et décrivez-les dans votre *metadata*. Utilisez le clinomètre pour mesurer l'angle quand vous regardez le sommet ou les crêtes des collines et incluez-le dans votre description. Dans cette situation, rappelez-vous aussi que le zénith solaire local est le moment où le soleil est au point le plus élevé du ciel pendant la journée. Le temps du coucher et du lever de soleil apparent peut être influencé par le terrain environnant. Pour calculer le zénith local, vous ne pouvez donc pas faire simplement une moyenne des temps locaux du lever et du coucher que vous observez.

**10. Les conditions sur notre Site d'Etude d'Atmosphère ont changé. Que devons-nous faire?**

Vous devez signaler les nouvelles conditions à GLOBE en utilisant l'article « Editer un site d'étude ». Assurez-vous de choisir le réglage indiquant que vous avez signalé un changement plutôt que de fournir des données manquantes ou de les corriger. Il est important que la date à laquelle vous faites votre signalement soit le premier jour où les conditions ont changé. Les *metadata* que vous entrerez seront associées avec toutes les données rapportées pour ce site à partir de cette date.

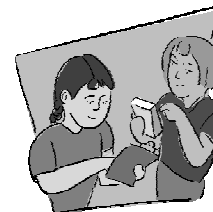
**11. Nous n'avons pas accès à un récepteur GPS pour le moment pour localiser notre Site d'Etude d'Atmosphère. Que devons-nous faire?**

Vous devez définir votre Site d'Etude d'Atmosphère et choisir pour sa localisation les coordonnées de votre école. Plus tard, quand vous aurez accès à un récepteur GPS, utilisez-le pour mesurer la latitude, la longitude et la hauteur de votre site et signalez ces données à GLOBE en éditant la définition de votre Site.

Les informations sur les obstacles, les hauteurs des divers instruments, etc. peuvent aussi être signalés en éditant la définition de votre Site, après le début de la collecte et l'enregistrement des données.



# Protocole relatif aux nuages



## Objectif général

Observer le type des nuages, la couverture nuageuse ainsi que les sillages des avions (traînée de condensation)

## Objectif spécifique

Les élèves observent les types de nuages visibles parmi 10 types possibles ainsi que les 3 types de sillages d'avions visibles. Ils observent également la couverture nuageuse (hors Traînée) ainsi que la proportion du ciel occupée par les traînées de condensation.

## Compétences

Les élèves apprennent comment réaliser des estimations à partir d'observations et comment catégoriser des nuages spécifiques à partir de descriptions générales des diverses catégories.

Les élèves apprennent les concepts météorologiques liés à la hauteur des nuages, leurs types et la couverture nuageuse ainsi que les 10 types de base de nuages.

## Concepts scientifiques

### *Science de la Terre et de l'Espace*

Le temps peut être décrit par des observations qualitatives.

Le temps change d'un jour à l'autre et selon les saisons.

Le temps varie sur des échelles spatiales locales, régionales et globales.

Les nuages sont formés par la condensation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère.

Les nuages ont un effet sur le temps et le climat.

L'atmosphère présente différentes propriétés à différentes altitudes.

La vapeur d'eau est ajoutée à l'atmosphère par l'évaporation à la surface de la Terre et par la transpiration des plantes.

### *Sciences Physiques*

Les matériaux existent sous divers états – solide, liquide et gazeux.

## *Géographie*

La nature et l'extension de la couverture nuageuse ont un effet sur les caractéristiques du système géographique physique.

## Compétences scientifiques

Utiliser une charte des nuages afin de classer les types de nuages.

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Conception et conduite d'investigations scientifiques.

Utiliser l'outil mathématique pour analyser les données.

Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.

Identification et analyse des différentes hypothèses.

Communiquer les procédures, les descriptions et les prédictions.

## Durée

10 minutes

## Niveau

Tout niveau

## Fréquence

Une fois par jour, dans l'heure du midi solaire local.

En appui aux mesures d'ozone et d'aérosols.

Au moment du passage d'un satellite.

Des moments supplémentaires sont les bienvenus.

## Matériel et instruments

*Feuille de Relevé de données Intégré de l'Atmosphère* ou *Feuille de Relevé de données sur les Nuages*

Charte des Nuages GLOBE

*Observer les Types de Nuages* (en annexe)

## Pré requis

Aucun

# Protocole relatif aux nuages – Introduction

## ***Les nuages et l'atmosphère***

L'eau se retrouve sous forme solide (la glace et la neige), liquide ou gazeuse (vapeur d'eau) dans l'environnement. Lorsque l'eau se déplace d'un endroit à un autre, elle peut fondre, geler, s'évaporer ou se condenser. Ces changements ont lieu lorsque l'eau est chauffée ou refroidie.

Dans l'atmosphère, l'eau existe sous chacune des 3 phases (solide, liquide, gazeuse) et change de phase suivant la température et la pression. Comme la plupart des autres gaz qui constituent l'atmosphère, la vapeur d'eau est invisible à l'œil nu. Néanmoins, contrairement à la majorité des autres gaz de l'atmosphère, la vapeur d'eau peut, sous les bonnes conditions, se transformer en particules solides ou gouttes liquides. Si la température est au-dessus du niveau de gel, la vapeur d'eau se "condense" (liquéfie) sous forme de gouttelettes d'eau. Si la température est en-dessous du niveau de gel, comme c'est toujours le cas aux altitudes élevées, de petits cristaux de glace peuvent se former. Lorsqu'un grand nombre de gouttelettes d'eau ou de cristaux de glaces sont présents, ils bloquent suffisamment la lumière de sorte que nous les voyons – ils forment alors des nuages. Donc, les nuages nous donnent des indications sur la température de l'air et la présence d'eau dans le ciel. Ils influencent également la quantité de rayons lumineux atteignant le sol ainsi que la visibilité au sol.

Dans la troposphère, la partie inférieure de l'atmosphère, la température diminue lorsque l'altitude augmente. Lorsque les cristaux de glace se forment aux hautes altitudes, ils sont souvent emportés des régions où ils se sont formés par les vents forts des "jet streams". Par ce processus de formation et de mouvement, les cristaux de glace se combinent souvent en de plus gros cristaux et ils commencent alors à tomber. Ces cristaux tombants ou poussés par le vent créent des traînées de condensation

que l'on peut voir sous la forme de filaments. Ces traînées sont souvent incurvées par le vent qui peut souffler à des vitesses différentes suivant l'altitude.

D'autres types de nuages sont également soufflés par le vent. Les courants ascendants aident à former des nuages très grands ; les courants descendants ont tendance à créer des espaces vides entre les nuages. Les vents horizontaux déplacent les nuages d'un endroit à un autre. Les nuages qui se forment au-dessus des lacs et des océans sont emportés au-dessus de terres plus sèches, entraînant alors des précipitations. Des vents forts situés hauts dans l'atmosphère soufflent parfois la cime des nuages, créant des formes d'enclumes ou emportant des cristaux de glaces loin dans la direction du vent vers des régions dégagées.

Les cristaux de glace et les gouttes d'eau dispersent la lumière de manières différentes. Les nuages épais absorbent plus de rayons lumineux que les nuages fins. Le type des nuages, la phase de l'eau et les quantités de nuages, de glace et de gouttes d'eau influencent tous la quantité de rayons solaires qui traversent l'atmosphère pour réchauffer la surface de la Terre. Les nuages influencent également la facilité avec laquelle la chaleur de la surface peut s'échapper au travers de l'atmosphère vers l'espace.

En observant les nuages, nous pouvons avoir des informations sur la température, l'humidité et les conditions du vent en divers endroits de l'atmosphère. Ces informations aident à prédire le temps. L'observation des nuages nous aide également à connaître la quantité de rayons solaires atteignant le sol et avec quelle facilité la chaleur de la surface et de la partie inférieure de l'atmosphère peut s'échapper. Ces informations sont importantes pour comprendre le climat.

## ***Les nuages et le temps***

Les types de nuages que vous pouvez voir dépendent souvent des conditions climatiques actuelles ou futures. Certains nuages ne se forment que par beau temps, tandis que d'autres apportent la pluie ou même des orages. Les types de nuages présents fournissent des informations importantes sur

le mouvement vertical à diverses altitudes de l'atmosphère. En faisant attention aux nuages, vous serez bientôt capable d'utiliser la formation des nuages afin de prédire le temps !

Les types de nuages peuvent indiquer une tendance du climat. Par exemple, des nuages de type altocumulus sont souvent la première indication qu'il va peut-être pleuvoir plus tard dans la journée. Aux latitudes moyennes, on peut souvent voir la progression d'un front chaud en observant les types de nuages passer de cirrus à cirrostratus. Puis après, lorsque le front se rapproche, les nuages s'épaississent et descendent, devenant alors des altostratus. Au moment où les précipitations commencent, les nuages de type altostratus deviennent des nimbostratus, juste avant que le front ne passe au-dessus de votre emplacement.

Les types de nuages sont un signe important des processus qui se produisent dans l'atmosphère. Les nuages indiquent que l'air humide se déplace vers le haut et les précipitations ne peuvent survenir que si cela a lieu.

Les nuages fournissent souvent le premier signe que le mauvais temps arrive, bien que tous les nuages ne puissent pas être associés au mauvais temps.

### ***Les Nuages et le Climat***

Les nuages jouent un rôle complexe dans le climat. Ils sont la source des précipitations, ont un effet sur la quantité d'énergie du soleil qui atteint la surface de la Terre et isolent la surface de la Terre ainsi que la partie inférieure de l'atmosphère. A tout instant, plus de la moitié de la surface de la Terre est recouverte par des nuages. Les nuages réfléchissent une partie de la lumière du soleil, gardant ainsi la planète plus froide que si ce n'était pas le cas. En même temps, les nuages absorbent une partie de l'énergie issue de la surface de la Terre et renvoient cette énergie vers le sol, gardant la surface de la Terre plus chaude que si ce n'était pas le cas. Les mesures par satellites ont montré qu'en moyenne l'effet de refroidissement des nuages est plus important que leur effet de

réchauffement. Les scientifiques ont calculé que si les nuages ne se formaient jamais dans l'atmosphère terrestre, notre planète serait plus chaude que 20 °C, en moyenne.

Les conditions sur Terre influencent la quantité et les types de nuages qui se forment au-dessus de nous. Ceci aide à définir le climat local. Par exemple, dans les forêts tropicales humides, les arbres rejettent de grandes quantités de vapeur d'eau. Comme le réchauffement journalier provoque une montée de l'air, des nuages se forment et des tempêtes de pluie ont alors lieu. Plus des trois quarts de l'eau dans les forêts tropicales humides est recyclée de cette manière et la couverture nuageuse est presque totale durant la grande majorité de l'année. En contraste, il n'y a pas de sources d'humidité à la surface du désert et des conditions claires sont dès lors typiques. Ces conditions claires permettent alors un plus grand réchauffement par la lumière du soleil et entraînent des températures maximales plus élevées. Dans les deux cas, le climat local – précipitations et température – est lié aux conditions nuageuses.

L'activité humaine peut également influencer les conditions nuageuses. Un exemple précis et évident est la formation des sillages d'avions, aussi appelés traînées de condensation. Ce sont les nuages en forme de ligne qui se forment lorsqu'un avion à réaction passe dans une partie de l'atmosphère qui présente la bonne combinaison d'humidité et de température. Les jets d'échappement des réacteurs contiennent de la vapeur d'eau ainsi que de petites particules – des aérosols – qui fournissent des noyaux de condensation aidant la formation de cristaux de glace. Dans certaines zones, le trafic de ces avions à réaction provoque un changement perceptible des conditions nuageuses, ce qui peut affecter le temps comme le climat.

Comment vont évoluer les conditions nuageuses si, en moyenne, la surface de la Terre devient plus chaude ? Si l'eau en surface des océans et des lacs se réchauffe, une plus grande quantité d'eau va s'évaporer. Ceci devrait augmenter la quantité totale d'eau dans l'atmosphère et l'importance de la

couverture nuageuse, mais quels types de nuages seront formés ? Est-ce que l'accroissement des nuages aura lieu principalement aux hautes ou aux basses altitudes ? Quelle que soit l'altitude, les nuages réfléchissent la lumière du soleil, contribuant ainsi à refroidir la surface de la Terre, mais les nuages aux hautes altitudes libèrent moins de chaleur dans l'espace et donc réchauffent plus la surface que les nuages aux basses altitudes. Aussi, les changements de températures en surface vont dépendre de la manière avec laquelle les conditions nuageuses vont évoluer.

De nombreuses sources officielles d'observations météorologiques utilisent désormais un équipement automatisé pour observer les nuages. Ces systèmes de mesures automatisés ne réalisent pas d'observations du type des nuages. Ceci rend les observations des nuages réalisées par les élèves GLOBE et d'autres observateurs amateurs uniques comme source de données. Depuis 1960, les scientifiques utilisent également des satellites pour observer les nuages. Ces observations ont débuté par de simples images des nuages mais des techniques plus avancées sont régulièrement ajoutées. Les scientifiques travaillent sur le développement de méthodes automatisées pour déduire le type de nuages à partir d'imageries satellites météorologiques prises dans le spectre visible et infrarouge. Cette tâche est ardue et des observations faites à partir du sol sont nécessaires pour effectuer des comparaisons. La détection des traînées de condensation à partir de l'espace est particulièrement difficile, puisque de nombreuses traînées sont trop étroites pour être vues par des images satellites. Des observations précises des types de nuages faites par des élèves GLOBE constituent une source importante de ces observations réalisées à partir du sol.

### ***Support pour l'enseignant***

Tout le monde regarde les nuages. Les enfants regardent souvent fixement le ciel et s'imaginent qu'ils y voient des formes d'objets variés. Avec GLOBE, les élèves vont regarder dans le ciel à la recherche de

propriétés scientifiques précises et significatives – les types de nuages et la couverture nuageuse. Une bonne habitude à prendre est de regarder dans le ciel à chaque fois que vous sortez dehors. Faites attention à ce qui se passe dans l'atmosphère. Vous pourriez être surpris de tout ce qui s'y passe !

Les élèves réalisent les observations des nuages avec leurs yeux. Le seul équipement nécessaire est la Carte GLOBE des Nuages, aussi ces protocoles sont assez simples pour commencer mais l'identification de la couverture nuageuse et des types de nuages reste une compétence. Les élèves deviendront meilleurs avec l'entraînement ; plus vous et vos élèves ferez des observations des nuages, plus vous serez à l'aise avec ces mesures et meilleure sera la qualité de vos données.

Suite à l'apparition de stations météorologiques automatisées qui n'ont que des instruments capables d'observer des nuages jusqu'à des altitudes allant de 3000 à 4000 mètres, de nombreux nuages se trouvant aux moyennes et hautes altitudes, y compris les sillages d'avions, ne sont plus observables. Les observations des nuages faites par GLOBE vont fournir un ensemble utile de données, poursuivant des observations visuelles collectées depuis plus de 100 ans et qui sont actuellement en train d'être remplacées par des observations automatisées.

Des questions utiles afin d'aider les élèves à déterminer un bon endroit pour prendre leurs mesures seraient :

*A quels endroits du domaine de l'école verriez-vous le plus de nuages ? Où en verriez-vous le moins ?*

En vous promenant autour du terrain de l'école, demandez aux élèves de dessiner une carte de la zone. Les plus jeunes pourraient juste esquisser les caractéristiques principales comme les bâtiments scolaires, les parkings, les plaines de jeux, etc. Les plus âgés devraient rajouter plus de détails, comme la nature de la surface de la plaine de jeux (pavée, couverte d'herbe ou dénudée). Faites les indiquer tout ruisseau ou étang ainsi que les zones d'arbres. Ils pourraient également mesurer la portion du ciel cachée

par les bâtiments et les arbres en utilisant le clinomètre et les techniques données dans *Documenter Votre Site d'Etudes de l'Atmosphère*. Le but est d'avoir une carte du domaine de l'école afin que les élèves comprennent pourquoi le site d'observations des nuages a été choisi. Chaque année, la nouvelle classe d'élèves peut répéter cette cartographie afin d'acquérir cette compréhension.

### **Conseils pour les mesures**

#### *Couverture Nuageuse*

L'estimation de la couverture nuageuse est subjective, mais reste néanmoins une estimation scientifique importante. Les météorologues et les climatologues doivent avoir des observations précises de la couverture nuageuse afin de correctement prendre en compte la quantité de radiation solaire qui est réfléchi ou absorbée avant que la lumière du soleil n'atteigne la surface de la Terre ainsi que la quantité de radiation provenant de la surface de la Terre et de la partie inférieure de l'atmosphère qui est réfléchi ou absorbée avant qu'elle ne puisse s'échapper vers l'espace.

Comme l'activité d'apprentissage *Estimer la Couverture Nuageuse* le précise, l'œil humain a tendance à surestimer le pourcentage du ciel obscurci par les nuages. Le fait d'obliger les élèves à faire cette activité est le premier pas vers des mesures plus précises. L'autre clé de la précision pour la mesure de la couverture nuageuse est d'obliger les élèves à observer le ciel entier visible à partir de votre Site d'Etude de l'Atmosphère.

Dès que les élèves commencent à faire des observations de la couverture nuageuse, il est impératif que les observations soient réalisées par de petits groupes à l'intérieur desquels un consensus peut être atteint. Une manière utile de réaliser les observations est de diviser le ciel en quatre quadrants, d'estimer la couverture partielle de chaque quadrant et ensuite d'en faire la moyenne. Ceci peut être fait en utilisant des valeurs décimales ou des fractions, suivant les capacités mathématiques des élèves. Les écarts les plus importants vont généralement avoir lieu pour des situations limites, où une catégorie est proche d'une autre. Les catégories pour la couverture nuageuse sont données dans le Tableau AT-CL-1.

Au fur et à mesure que les élèves deviennent plus habiles avec ces mesures, ils vont commencer à se rendre compte que les nuages sont tridimensionnels et qu'ils ont une épaisseur. Si on regarde vers l'horizon, le ciel peut donner l'apparence d'être plus couvert qu'il ne l'est réellement car les espaces entre les nuages sont dissimulés. Cet effet est plus prononcé pour des nuages bas que pour des nuages à hautes et moyennes altitudes (ces catégories sont précisées dans *Types de Nuages*). C'est aussi un problème plus important pour des nuages de type cumulus que pour des stratus.

Si les élèves voient une couverture nuageuse avec des motifs individuels en forme de moutons ou de longs rouleaux de nuages séparés par des zones claires lorsqu'ils regardent directement au-dessus d'eux et que l'aspect général des nuages est semblable lorsqu'ils regardent vers l'horizon, il est raisonnable d'en déduire qu'il y a aussi

Table AT-CL-1

Pourcentage	Si inférieur à	Si supérieur ou égal à
10%	Clair	Isolés
25%	Isolés	Dispersés
50%	Dispersés	Nuageux
90%	Nuageux	Couvert

des espaces entre ces nuages et que la couverture nuageuse n'est pas totale (100%) vers l'horizon. Ce protocole inclut une catégorie « Aucun nuage » qui devrait être signalée à chaque fois qu'il n'y a pas de nuages visibles dans le ciel ainsi qu'une catégorie « Ciel Obscurci ». Cet état doit être signalé lorsque des phénomènes climatiques limitent la capacité de l'observateur à voir clairement et à identifier les nuages et les traînées dans le ciel. Il y a 10 types possibles "d'obstruction" pouvant être rapportés. Si vos élèves ont des difficultés à voir les nuages et les traînées dans plus d'un quart du ciel, ils ne signaleront pas la couverture nuageuse ou la présence de traînées à l'aide d'une des catégories normales mais ils signaleront alors que le ciel est obscurci ainsi que le ou les phénomènes responsables de la visibilité limitée du ciel. Les métadonnées concernant la couverture nuageuse et la couverture des traînées devraient être indiquées pour la partie du ciel qui est visible si le ciel est seulement partiellement obscurci. Les phénomènes à l'origine de l'obscurcissement sont définis ci-dessous.

### **Brouillard**

Le brouillard est un ensemble de petites gouttelettes d'eau qui se trouvent au niveau du sol et qui limitent la visibilité au niveau et au-dessus du sol. Des nuages stratus sont souvent associés au brouillard. Dans les régions côtières, les montagnes et les vallées, le brouillard peut être prédominant lors d'observations GLOBE faites à mi-journée. Cette catégorie inclut les brouillards givrants et le poudrin de glace qui est répandu aux hautes latitudes par ciel clair.

### **Fumée**

Les particules de fumée, provenant de feux de forêts ou d'autres sources, réduisent souvent fortement la visibilité au niveau et au-dessus du sol. Si de la fumée est présente, il y a aura une odeur distincte de fumée qui la distinguera de la brume ou du brouillard.

### **Brume**

La brume est causée par un ensemble de

très petites gouttelettes d'eau ou d'aérosols (qui peuvent être des gouttelettes d'eau, des polluants ou des particules naturelles de poussières suspendues dans l'atmosphère) qui, ensemble, donnent au ciel une tinte rougeâtre, brune, jaunâtre ou blanche. Le "smog" se place également dans cette catégorie. GLOBE a un nouveau *Protocole sur les Aérosols* pour les professeurs désirant en apprendre plus sur la brume et ses origines. La plupart du temps où une brume perceptible sera présente, les nuages seront toujours encore observables. Cette catégorie est donc uniquement rapportée lorsque la brume est si extrême que les nuages ne peuvent plus être vus du tout.

### **Cendres Volcaniques**

Une des plus grandes sources naturelles d'aérosols dans l'atmosphère apparaît lorsqu'un volcan entre en éruption. Dans de tels cas, il est concevable que des écoles puissent observer des pluies de cendres ou d'autres limitations de la visibilité (éventuellement un panache au-dessus de la zone).

### **Poussière**

Le vent va souvent soulever la poussière (petites particules de terre – argile et boue) et la transporter à des milliers de kilomètres. Si le ciel ne peut être discerné à cause de chutes ou de rafales de poussières, veuillez signaler cette catégorie. Des tempêtes de poussières violentes peuvent réduire la visibilité en certains lieux et elles devraient être également placées dans cette catégorie. Par exemple, si les élèves ne peuvent aller dehors à cause d'une violente tempête de poussière, le ciel sera signalé comme obscurci et la poussière en sera la raison.

### **Sable**

Du sable emporté ou en suspension, ou des tempêtes de sable, requièrent généralement des vents plus forts que pour la poussière, mais ils peuvent rendre le ciel tout aussi difficile à voir pour les observateurs.

### **Embruns** – (aussi appelé spray de mer)

Près de larges étendues d'eau, des vents forts peuvent mettre des gouttes d'eau en

suspension qui seront alors suffisantes pour réduire la visibilité de sorte que le ciel ne pourra pas être clairement discerné. Cette catégorie est généralement limitée aux zones immédiatement adjacentes aux côtes, puisqu'une fois à l'intérieur de terres, des particules de sel peuvent rester en suspension après que les gouttes d'eau se soient évaporées, laissant ainsi des aérosols derrière elles.

### **Pluie abondante**

Si la pluie tombe de manière intense lors des observations, le ciel peut ne pas être visible. Même s'il peut paraître nuageux, si vous ne pouvez pas voir la totalité du ciel, vous devriez le signaler comme étant obscurci et la pluie abondante comme en étant la cause.

### **Neige abondante**

La neige peut aussi tomber de manière suffisamment importante pour empêcher l'observateur d'avoir une vue dégagée du ciel et de la couverture nuageuse.

### **Tempête de neige**

Dans le cas où le vent souffle avec suffisamment de force pour soulever la neige tombée au sol, l'observation du ciel peut être empêchée. Si des conditions de blizzard apparaissent (vents forts avec de la neige tombant toujours encore abondamment), ces deux dernières catégories devraient être signalées.

### *Couverture des traînées de Condensation (sillage d'avion)*

La même technique de division du ciel en quatre quadrants décrite ci-dessus pour la couverture nuageuse peut aussi être utilisée pour l'estimation de la couverture des sillages d'avion. Une traînée persistante unique traversant le ciel couvre moins d'1 % du ciel (voir *Activité d'Apprentissage d'Estimation de la Couverture Nuageuse*). Dès lors, compter les traînées peut aussi être un bon outil pour l'estimation. Lorsque le ciel est obscurci, comme décrit ci-dessus, les mesures de la couverture des traînées ne peuvent être prises. Souvenez-vous que la couverture des traînées est mesurée séparément de la couverture nuageuse. Donc, lorsque vous estimez la couverture

nuageuse, vous ne devriez pas inclure les traînées. Lorsque vous observez des traînées qui se superposent à des nuages, vous devriez le signaler dans les métadonnées.

### *Type de nuages*

Le type de nuages est une mesure qualitative. La Charte GLOBE des Nuages, le quizz sur les nuages du site Web GLOBE et d'autres informations sur les nuages accessibles dans des livres et à partir de sources en ligne peuvent être utiles afin d'aider les élèves à apprendre les nombreuses manières différentes par lesquelles les nuages peuvent apparaître. Néanmoins, des images en deux dimensions peuvent avoir l'air fort différentes comparées à de véritables observations du ciel qui sont en trois dimensions et rien ne remplace l'expérience pour réaliser des observations des nuages.

Le système de types de nuages est organisé en 3 catégories suivant la hauteur ou l'altitude de la base des nuages. Les nuages hauts (cirro- ou cirrus) sont universellement composés de cristaux de glaces, d'où une apparence plus fine. Comme ils sont plus éloignés de l'observateur, ils vont, en règle générale, également apparaître plus petits que d'autres types de nuages. Les filaments qui sont souvent aperçus dans des nuages à haute altitude sont en fait des cristaux de glace en train de chuter qui subliment (passage d'un solide à un gaz). Généralement, le soleil peut être vu au travers des nuages hauts et les particules de glace dans les nuages de type cirrostratus dispersent la lumière du soleil pour former un anneau brillant, appelé le halo, autour du soleil.

Les nuages à moyenne altitude commencent toujours avec le préfixe *alto* et sont en majorité composés de gouttelettes d'eau. Ils peuvent contenir un peu de glace. Parfois, le soleil peut aussi être vu à travers ces nuages, mais sans anneau.

Les nuages bas sont les plus proches de l'observateur et ils vont souvent apparaître comme étant assez grands en comparaison aux nuages hauts. Ils peuvent être beaucoup plus foncés, paraissant alors plus gris que les nuages à haute et moyenne altitudes.

Les nuages bas peuvent s'étendre jusqu'à des altitudes beaucoup plus élevées qui peuvent être vues lorsqu'il y a des espaces clairs entre les nuages.

Une fois que cette distinction fondamentale est claire pour vous (haute/moyenne/basse altitude), la caractéristique suivante à déterminer est la silhouette ou la forme du nuage. Si la caractéristique nuageuse ressemble à une couche assez uniforme, ce sera un stratiforme, autrement dit un nuage de type stratus. La plupart des nuages qui ont des silhouettes ou des formes telles que des moutons, des rouleaux, des bandes ou des touffes sont cumuliformes, de la famille des cumulus. Enfin, si un nuage engendre des précipitations (visibles par l'observateur), il doit avoir nimbus dans son nom. Les formes en filament produites par les nuages de glace apparaissent presque toujours aux hautes altitudes et donc elles sont appelées par le même nom que les nuages hauts – cirro- ou cirrus. En accomplissant de temps à autre l'*Activité d'Apprentissage d'Observation des Nuages* avec vos élèves, vous (et eux) aurez plus confiance en leurs capacités à identifier les types de nuages dans un ciel complexe.

### *Types de traînées de condensation*

Les traînées de condensation apparaissent généralement aux niveaux élevés comme les nuages de type cirro ou cirrus. Néanmoins, comme pour les nuages d'origine humaine, les traînées sont rapportées dans une catégorie séparée.

Il y a trois types de traînées de condensation classifiables par les élèves. Les voici :

- *Durée de vie limitée* – ces traînées disparaissent rapidement et forment de courts segments de droites dans le ciel qui s'effacent au fur et à mesure que la distance les séparant de l'avion qui les a créées augmente.
- *Persistante sans propagation* – ces traînées demeurent longtemps après que l'avion qui les a créées ait quitté la zone. Elles forment de longues lignes généralement droites de largeur approximativement constante de part en part du ciel. Ces traînées ne sont pas

plus larges que votre index à bout de bras tendu.

- *Persistante avec propagation* – ces traînées demeurent également longtemps après que l'avion qui les a créées ait quitté la zone. Elles forment de longues bandes qui s'élargissent avec le temps après le passage de l'avion. Ces traînées sont plus larges que votre index à bout de bras tendu. Ce type est généralement le seul qui puisse être actuellement vue par imagerie satellite et ce seulement lorsque les traînées sont plus larges que quatre doigts à bout de bras tendu. Aussi, noter la largeur équivalente en doigts des traînées dans les métadonnées peut s'avérer être très utile aux scientifiques.

Référez-vous au site web de l'équipe en charge des traînées pour des images supplémentaires des divers types de traînées.

Les traînées à durée de vie limitée se forment lorsque l'air à l'altitude de l'avion est légèrement humide.

Les traînées persistantes se forment lorsque l'air à l'altitude de l'avion est très humide et elles sont plus susceptibles d'influencer le climat que les traînées à durée de vie limitée.

### **Préparation des élèves**

Les estimations des types de nuages et de la couverture nuageuse sont des mesures *subjectives*, aussi il est intéressant d'impliquer plusieurs élèves dans cette tâche. Chaque élève effectue ses propres relevés ; ensuite, les élèves doivent arriver à un accord en tant que groupe. Ne soyez pas surpris si vos élèves ont initialement des difficultés avec ces estimations. Même les observateurs avertis débattent du type de nuages qu'ils sont en train de voir ou dans quelle proportion le ciel est réellement couvert par les nuages. Au fur et à mesure que vos élèves s'habituent à ces observations, ils vont commencer à reconnaître les différences subtiles entre les types de nuages.

Voici deux manières efficaces pour vous aider à entraîner vos élèves à réaliser des observations des nuages les plus précises possibles :



1. Exercez-les à l'observation des types de nuages en répondant au quizz sur les nuages GLOBE, disponible depuis la Salle de Ressources du serveur Web GLOBE, ou en passant beaucoup de temps à regarder et à identifier des exemples des types de nuages prédominants dans votre région.
2. Faites les Activités d'Apprentissages suivantes du Guide de l'Enseignant sur l'Atmosphère GLOBE
  - *Estimer la Couverture Nuageuse*
  - *Observer, Décrire et Identifier les Nuages*
  - *Observation des Nuages*

Ces activités sont conçues afin de donner aux élèves de nombreuses opportunités de gagner en dextérité pour l'identification des types de nuages et de la couverture nuageuse.

Parfois, il peut y avoir des divergences parmi les élèves réalisant des observations des nuages et le processus d'arrivée à un consensus entre les élèves constitue une part importante du processus de découverte scientifique. Néanmoins, cela peut se révéler être utile d'inclure des commentaires dans la section Métadonnées de votre *Feuille de Données*. Réaliser des simulations avec des camarades de classe aidera également les élèves à gagner en assurance. Assurez-vous qu'ils vérifient le ciel entier. Une des meilleures manières d'y arriver est d'avoir quatre groupes de quatre élèves, dos-à-dos, un faisant face au Nord, un autre à l'Est, un autre au Sud et le dernier à l'Ouest. Ensuite, chaque élève est chargé d'estimer la quantité de nuages depuis l'horizon jusqu'au dessus de lui à l'intérieur de son quadrant. Assurez-vous qu'ils définissent tous leur quadrant de la même manière.

Une fois que chaque élève a une estimation (utilisez des incréments de 10 % ou des fractions telles que des huitièmes ou des dixièmes), faites la moyenne des quatre estimations en les sommant et en divisant le total par 4. Cette méthode sera particulièrement utile lorsque vous avez un ciel difficile qui conduira à des estimations différentes parmi les membres du groupe.

Le truc suivant peut aider vos élèves à déterminer la hauteur des nuages de type cumulus. Faites leur tendre leurs bras parallèlement au sol et aligner leurs doigts avec la caractéristique nuageuse qu'ils observent. Une bonne règle empirique à utiliser est que si les bouffées, rouleaux, vagues, etc. individuelles des nuages sont plus petites que la largeur d'un doigt, les nuages sont des cirrocumulus. S'ils ne sont pas aussi larges que deux doigts, mais plus large qu'un doigt, il s'agit très certainement d'un altocumulus. S'ils sont plus larges que deux doigts, ce seront des cumulus (cherchez les formes de moutons isolées), stratocumulus (les nuages sont plus larges que grand et il y en a de nombreux, éventuellement allongés en forme de bandes) ou cumulonimbus (avec des précipitations). Pour distinguer les différentes hauteurs de nuages stratus, souvenez-vous de ce qui suit. Le cirrostratus est le seul type de nuage qui crée un halo autour du soleil ou de la lune. Ce halo présentera toutes les couleurs du soleil. Les altostratus produiront un soleil ou une lune légèrement voilés et auront un aspect plus sombre, d'une couleur grise moyenne. Les stratus seront généralement très gris et souvent très proches du sol. Le brouillard est en réalité un stratus à une altitude de 0 m.

Voici certaines questions auxquelles les élèves pourraient penser (ou se poser) lorsqu'ils réalisent des observations des nuages:

- Quel type de ciel est-ce que je vois ?
- Quel type de ciel est-ce que les élèves d'écoles environnantes voient ?
- Devraient-ils être les mêmes ?

En particulier, la couverture nuageuse peut être un phénomène très local et par conséquent le type de nuages peut varier de manière significative d'un endroit à un autre, même proche. Lorsqu'elles sont vues comme un ensemble provenant d'un large groupe d'écoles GLOBE, les observations nuageuses deviennent bien plus utiles. De plus, les observations nuageuses locales sont très importantes pour de nombreux autres protocoles GLOBE.

### *Questions pour aller plus loin*

Est-ce que les motifs nuageux changent durant l'année ? Comment ?

Est-ce que l'importance de la couverture nuageuse influence localement les températures ?

A quel point les prévisions météorologiques locales basées uniquement sur des observations nuageuses sont-elles fiables ?  
Peuvent-elles être améliorées en utilisant d'autres mesures GLOBE ?

Est-ce que les conditions et phénomènes nuageux qui entravent notre vision du ciel influencent le type de végétation et de sol dans notre région ? Si oui, comment ?

A quel point nos observations nuageuses se comparent-elles avec les imageries satellites des nuages ?

Les sillages d'avion (traînées de condensation) sont-ils souvent visibles dans les environs ? Pourquoi ou pourquoi pas ?

Les types de nuages et de traînées observés sont-ils reliés ?

Quels sont les liens entre les nuages observés et les montagnes, lacs, fleuves et baies proches ainsi que l'océan ?

# Protocole relatif à la couverture nuageuse et à la couverture des traînées

## Guide de Terrain

### But

Observer la proportion du ciel recouverte par les nuages et par les traînées de condensation.

### Ce dont vous avez besoin

Feuille de Données d'Investigation de l'Atmosphère *OU* Feuille de Données sur les Nuages *OU* Feuille de Données sur l'Ozone *OU* Feuille de Données sur les Aérosols

### Sur le Terrain

1. Complétez la section supérieure de votre Feuille de Données.
2. Regardez le ciel dans chaque direction.
3. Estimez la proportion du ciel couverte par des nuages qui ne sont pas des traînées de condensation.
4. Relevez la classification nuageuse qui concorde le mieux avec ce que vous voyez.
5. Relevez la classification des traînées qui concorde le mieux avec la proportion du ciel occupée par les traînées.

<i>Classification de la Couverture Nuageuse</i>	<i>Classification des Traînées de condensation</i>
<b>Aucun nuage</b> Le ciel n'est pas nuageux ; il n'y a pas de nuages visibles.	<b>Aucune</b> Il n'y a pas de traînées visibles.
<b>Claire</b> Des nuages sont présents mais couvrent moins d'un dixième (ou 10%) du ciel.	<b>0-10 %</b> Des traînées sont présentes mais couvrent moins d'un dixième (ou 10%) du ciel
<b>Nuages isolés</b> Les nuages couvrent entre un dixième (10%) et un quart (25%) du ciel.	<b>10-25 %</b> Les traînées couvrent entre un dixième (10%) et un quart (25%) du ciel.
<b>Nuages épars</b> Les nuages couvrent entre un quart (25%) et la moitié (50%) du ciel.	<b>25-50%</b> Les traînées couvrent entre un quart (25%) et la moitié (50%) du ciel.
<b>Nuages fragmentés (Nuageux)</b> Les nuages couvrent entre la moitié (50%) et neuf dixièmes (90%) du ciel.	<b>&gt; 50%</b> Les traînées couvrent plus de la moitié (50%) du ciel.
<b>Couvert</b> Les nuages couvrent plus de neuf dixièmes (90%) du ciel.	
<b>Obscurci</b> Les nuages et les traînées ne peuvent être observés parce que plus d'un quart (25%) du ciel ne peut être vu clairement.	

6. Si le ciel est obscurci, relevez ce qui bloque votre vision du ciel. Relevez parmi les phénomènes suivants ceux que vous observez.

- Brouillard
- Fumée
- Brume
- Cendres Volcaniques
- Poussière
- Sable
- Embruns
- Forte pluie
- Chute de neige
- Tempête de neige

# Protocole relatif à la couverture nuageuse et à la couverture des traînées

## Guide de Terrain

### But

Voir quels types de nuages parmi dix sont visibles ainsi que le nombre de chacun des types de traînées de condensation.

### Ce dont vous avez besoin

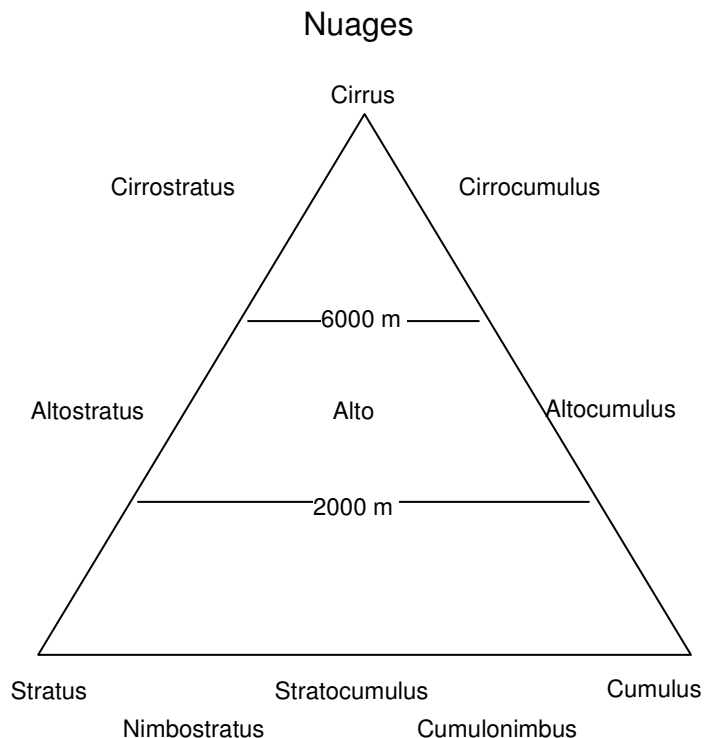
- Feuille de Données d'Investigation de l'Atmosphère OU Feuille de Données sur les Nuages OU Feuille de Données sur l'Ozone OU Feuille de Données sur les Aérosols

Carte des Nuages GLOBE

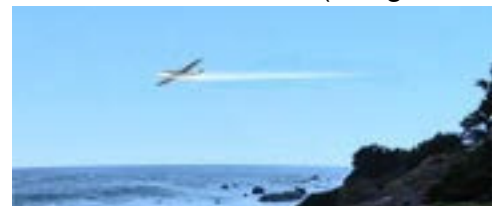
Observer les Types de Nuages (en Annexe)

### Sur le Terrain

1. Regardez tous les nuages dans le ciel, regardez dans toutes les directions, y compris juste au-dessus de vous. Faites très attention à ne pas regarder directement le soleil.
2. Identifiez les types de nuages que vous voyez en utilisant la carte GLOBE des nuages ainsi que les définitions se trouvant dans Observer les Types de Nuages.
3. Cochez la case sur votre Feuille de Données pour chaque type de nuages que vous voyez.
4. Il y a trois types de traînées. Relevez le nombre de chaque type que vous voyez.



### Traînées de condensation (sillage d'avion)



Durée de vie limitée



Persistantes sans propagation



Persistante avec propagation



## Questions fréquentes

### **1. Pourquoi devons-nous rapporter les observations de la couche nuageuse même s'il n'y a pas de nuages ?**

Il est tout aussi important pour les scientifiques de savoir quand il n'y a pas de nuages dans le ciel que quand il y en a. Veuillez toujours signaler la couverture nuageuse même lors d'une belle journée avec un ciel bleu ! Comment pourriez-vous calculer précisément la couverture nuageuse moyenne si les données venaient à toujours manquer par temps clair ? Soyez aussi conscient qu'un ciel clair est peut-être la mesure la plus facile à faire depuis le sol, mais la plus difficile à déterminer avec assurance à partir des imageries satellites.

### **2. N'y a-t-il pas d'instruments destinés à mesurer la couverture nuageuse ?**

En fait si, des lasers sont utilisés pour mesurer cela et cet instrument s'appelle un ceilomètre. Les ceilomètres mesurent la portion du ciel couvert par les nuages, mais ils sont très coûteux. De plus, un grand nombre des ceilomètres utilisés aujourd'hui fournissent uniquement des estimations précises de la couverture nuageuse jusqu'à des altitudes de 3,5 kilomètres, ce qui les rend inutiles pour la plupart des nuages à moyenne altitude et tous les nuages à haute altitude. La couverture nuageuse est un agrégat de l'ensemble des nuages situés à tous les niveaux et l'observation humaine reste le meilleur moyen de la mesurer à partir du sol. Enfin, les ceilomètres ne prennent qu'une seule mesure en un point ou de profil qui peut ne pas être représentative de la couverture nuageuse globale.

### **3. Il y a-t-il un moyen d'être sûr que nos observations sont précises puisqu'il n'y a aucun instrument à calibrer ?**

Ces données sont importantes et la pratique vous aidera à devenir très habile dans l'estimation de la couverture nuageuse. Vous pouvez comparer vos propres observations avec celles de vos proches voisins et également avec des observations « officielles » afin de déterminer à quel point vos observations sont précises. Néanmoins, rappelez-vous que certains jours, les conditions nuageuses seront différentes même sur de

courtes distances et qu'elles peuvent aussi changer en quelques minutes. Si vous faites vos observations avec assiduité tous les jours, vous devriez rapidement être très à l'aise grâce à vos efforts !

### **4. Nous avons des difficultés à savoir si nous avons raison lorsque nous associons un des dix types à un nuage donné. Comment pouvons-nous savoir si nous avons raison ?**

Vous ne pouvez pas en être certain. La chose la plus importante à faire est d'essayer d'identifier des types de nuages aussi souvent que vous le pouvez. Si vous avez accès à Internet, vous pouvez passer le Quizz Interactif GLOBE sur les Nuages que vous trouverez en ligne sur le site Web de GLOBE. De plus, vous pourriez obtenir une copie supplémentaire de la Carte GLOBE des Nuages, la découper et en faire des cartes aide-mémoire pour aider à tester vos camarades de classe.

### **5. Est-ce que le système d'observation des types de nuage de GLOBE est unique en son genre ou est-il novateur de quelque manière que ce soit ?**

Ce système est le même que celui utilisé par les météorologistes depuis deux cents ans. De nombreux scientifiques ont dit qu'ils ont été intéressés par la science parce qu'ils ont commencé à observer le ciel et à noter la manière dont il changeait (en termes de types de nuages) d'un jour à l'autre. Les fondements scientifiques de ce système d'observation des types de nuages n'ont pas changé substantiellement depuis sa première conception. La décomposition systématique des nuages en dix types de base a été incitée, au moins en partie, par la classification des espèces vivantes dans le Royaume des Animaux et des Plantes par les biologistes. En fait, les météorologues répartissent souvent chaque type de nuages en des catégories plus précises suivant des différences bien spécifiques à l'intérieur même de chaque type de nuage. Ainsi, *Castellanus* fait référence à des formes de tours de château dans une structure nuageuse, c'est un signe que l'atmosphère devient instable et

cela annonce éventuellement des précipitations. *Lenticularis* signifie en forme de lentille, c'est un nuage qu'on retrouve souvent au-dessus de hautes montagnes. Et les cumulus sont souvent répartis en *humilis* (beau temps, formes de moutons) ou *congestus* (très imposant, semblable à un chou-fleur, très grand).

**6. Qu'est-ce que j'indique si seule une partie du ciel est obscurcie mais que je peux quand même déterminer les types de nuages pour une partie du ciel ?**

Si plus d'un quart du ciel est obscurci, indiquez 'obscurci' et signalez les types de nuages que vous voyez dans les métadonnées. Si moins d'un quart du ciel est obscurci, indiquez la couverture nuageuse ainsi que les types de nuages et notez dans les métadonnées la proportion du ciel qui est obscurcie.

**7. Je ne suis pas certain(e) si ce que je vois sont des cirrus ou de vieilles traînées se propageant ?**

Au bout d'un certain temps, la distinction entre les deux ne peut plus être faite. Dans ce cas, veuillez indiquer cirrus, mais notez également dans vos commentaires que les cirrus ont l'air d'avoir peut-être été formés à partir de traînées.

## **Protocole relatif aux Nuages – Vérifier vos Données**

### ***Les données sont-elles logiques ?***

Etant donnée la nature subjective des observations nuageuses, il peut être très difficile de savoir si elles sont logiques ou non.

La cohérence des observations peut être utilisée afin de déterminer si les données sur la couverture et le type des nuages sont logiques. Par exemple, si le ciel est couvert de nuages de types stratus, stratocumulus ou nimbostratus, la présence de nuages de types alto ou cirro serait peu probable vu que les observateurs au sol ne seraient pas capables de voir les nuages aux hautes altitudes au travers de la couverture nuageuse épaisse et basse. Un autre exemple serait un compte-rendu d'un ciel couvert uniquement de nuages de type cirrus ; les cirrus ne constituent en effet

qu'une infime partie de la quantité de nuages nécessaire pour couvrir 90% du ciel. La même chose est vraie pour les nuages de type cumulus étant donné que ces nuages doivent être espacés pour qu'il s'agisse de cumulus (plutôt que des stratocumulus).

### ***De quoi les scientifiques sont-ils à la recherche dans ces données ?***

De nombreuses stations officielles d'observations du temps à travers le monde ont arrêté de réaliser des observations des nuages. Les organisations météorologiques nationales ont deux raisons principales derrière ce changement. La première est que les satellites météorologiques surveillent constamment la surface de la Terre ainsi que son atmosphère et nous avons fait beaucoup de progrès ces dernières années pour déterminer la couverture nuageuse à partir d'images satellites. La seconde est que de nombreuses stations météo font leurs observations à partir d'instruments automatisés. Ces instruments ne peuvent pas déterminer le type des nuages et ont souvent des capacités de distinction limitées des couches nuageuses aux hautes et moyennes altitudes. Les instruments automatisés ne peuvent en effet détecter les nuages que jusqu'à 3,6 km d'altitude et de nombreux types de nuages sont situés à des altitudes trop élevées pour pouvoir être vus par ces *ceilomètres*. Donc, ils ne peuvent voir que la moitié des types de nuages (cumulus, cumulonimbus, stratus, stratocumulus et nimbostratus). Les nuages ont été observés et associés aux changements de temps depuis des siècles ; d'ailleurs, notre système de classification des nuages a plus de 200 ans. Les changements nuageux que vous observez aident les météorologues à prédire le temps. En voyant un ciel clair passer à un ciel avec des cumulus isolés, qui peuvent ensuite se transformer en des cumulus dispersés et des cumulonimbus, vous pouvez vous attendre à ce que des orages éclatent rapidement. Lorsqu'un nuage de type stratus se disperse et devient un stratocumulus, vous pouvez également vous attendre à ce qu'un temps

plus clair apparaisse. Les climatologues aiment observer les changements nuageux sur de longues périodes de temps, afin de voir s'il y a une augmentation ou une diminution de la couverture nuageuse ou un changement de type. Depuis le début des années 1960, les météorologues ont accès à des images satellites du temps qui peuvent être utilisées pour voir les nuages (généralement visualisés comme des zones blanches sur les images satellites), telle que la Figure AT-CL-1. C'est une photographie du Golfe du Mexique, près du sud-est des Etats-Unis, faite à partir du satellite météo NOAA 15 qui se trouve sur une orbite polaire. Des nuages peuvent être vus au-dessus des eaux à l'ouest de la Floride, dans les Bahamas et sur le bord oriental de l'image, près des côtes de la Caroline du Nord. Les terres du sud-est des Etats-Unis sont clairement visibles le long de l'Océan Atlantique, mais plus à l'Ouest, nous pouvons voir des nuages qui ne sont pas aussi lumineux. Ceci indique aux météorologues que ces nuages sont probablement plus bas et/ou moins épais que les nuages blancs lumineux de cette image du milieu de l'après-midi.

Les scientifiques qui travaillent avec des données satellites ont besoin de bonnes observations des nuages prises à partir du sol afin d'avoir à leur disposition ce qu'ils appellent la « vérité au sol » pour leurs observations satellites.

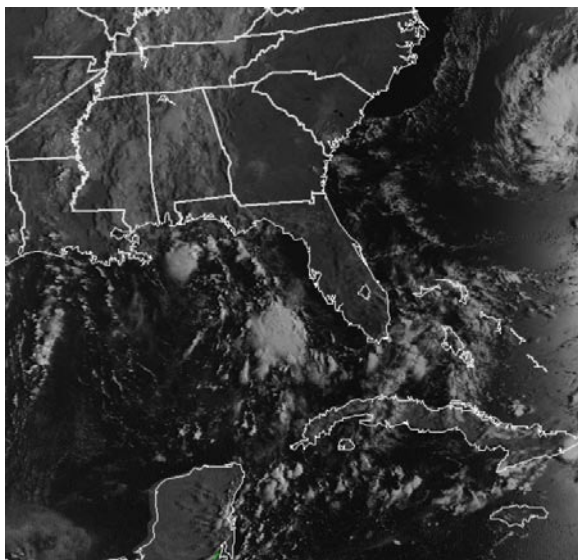


Figure AT-CL-1: Image Satellite

Ces observations sont importantes car elles

aident les météorologues à déterminer le degré de précision de leurs observations par satellites. En général, plus il y a d'écoles GLOBE qui fournissent des observations des nuages, mieux c'est pour les scientifiques qui désirent utiliser ces données car ils peuvent alors déterminer à quel point leurs observations sont précises et consistantes en réalisant de telles comparaisons.

Les images satellites ne fournissent pas toujours aux scientifiques une idée claire et précise des types de nuages présents. C'est en particulier le cas pour les traînées qui sont souvent trop étroites pour être visibles de l'espace. C'est pour cette raison qu'il est important pour les scientifiques de trouver des zones avec des nuages à basse, moyenne et haute altitudes, puisque chaque couche nuageuse bloquera la lumière du soleil et piégera les radiations infrarouges de manières différentes.

Regardons quelques cartes afin de savoir comment nous pourrions réaliser de telles investigations. La figure AT-CL-2 montre quelques observations nuageuses lors d'une journée de printemps en 2001 au-dessus d'une partie des Etats-Unis et du Canada, près des Grands Lacs. Les Grands Lac sont de larges étendues d'eau qui fournissent beaucoup d'humidité à l'atmosphère grâce à l'évaporation. Or, des niveaux élevés de vapeur d'eau entraînent souvent un ciel nuageux. La carte météo de cette journée sera également utile afin de comprendre quel type de système nuageux il y avait ce jour là. En effet, l'air doit généralement monter pour produire des nuages et les systèmes et fronts basse pression sont les zones les plus propices à la formation de nuages.

Notez la grande quantité de cases grises près du centre de l'état de l'Ohio sur la carte ci-dessus. Grâce à la légende de la carte, nous voyons que ces cases indiquent des zones avec un ciel couvert. Il y a quelques stations proches qui n'indiquent pas de ciel couvert ainsi qu'une instance d'un ciel obscurci, un ciel avec des nuages dispersés et un ciel avec des nuages isolés. Il se peut qu'une zone orageuse affecte une

assez grande partie du nord de l'Ohio et de l'ouest de la Pennsylvanie. À l'Ouest de cette zone, les observations indiquent essentiellement un ciel dégagé. C'est également le cas à l'extrême Est de la carte où le ciel est aussi en majorité clair. Notez à quel point les observations des types de nuages sont semblables à l'intérieur d'une même région. Chaque observation de la couverture nuageuse comporte également une observation des types de nuages, où chaque élève identifie chacun des dix types possibles présents. Transformer ces observations en une carte serait extrêmement compliqué, étant donné qu'il y a un très grand nombre de combinaisons possibles. Aussi, les cartes GLOBE de la couverture nuageuse sont réalisées en regroupant tous les types de nuages dans leurs catégories d'altitude – basse, moyenne et haute – ainsi que dans des combinaisons de ces catégories. Voyez la figure AT-CL-3.

Reconcentrons-nous sur l'est de l'Ohio. Notez que presque toutes les observations sont rouges avec quelques carrés verts, bleus et un carré mauve. La légende de la carte indique que les carrés rouges sont des nuages bas (B), les verts des nuages à moyenne altitude (M) et les bleus sont liés aux nuages à haute altitude (H). Le carré mauve indique une observation d'une combinaison de nuages bas et hauts (B+H). À nouveau, les observations des nuages sont très similaires entre elles, la majorité des écoles GLOBES indiquant que des nuages bas étaient présents. Si vous regardez l'Est de la carte, il y a de nombreuses écoles signalant des nuages à hautes altitudes, à moyenne et à haute altitudes ou à basse et haute altitudes. Il se peut que ces écoles se trouvent sur le chemin d'un orage traversant l'est de l'Ohio.

### **Un Exemple d'une Etude de Recherche d'une Elève**

#### *Concevoir une Etude*

Natalie a toujours été intéressée par les nuages. Elle est toujours en train de les dessiner et d'imaginer des formes en les regardant. Natalie fait partie des élèves de sa classe qui se portent volontaires pour prendre des mesures GLOBE de l'Atmosphère et qui aiment vraiment observer les nuages.

Natalie décide de créer sa propre carte des nuages pour la classe en utilisant des tampons d'ouates, du papier blanc, du carton bleu et de la colle. Son institutrice décide d'en faire un projet de classe et ils réalisent une magnifique planche d'exposition montrant des exemples de couvertures nuageuses (à partir de l'*Activité d'Apprentissage d'Estimation de la Couverture Nuageuse*) et des images des dix types de nuages.

Natalie se demande si le ciel qu'elle voit est le même que le ciel qui est visible à partir des écoles proches. La classe décide alors de comparer tous les jours leurs observations des nuages avec celles de deux autres écoles des environs, une autre école primaire et un collège. Certains enfants pensent qu'il s'agit d'un jeu qui doit être gagné en trouvant le plus de types de nuages possibles mais l'institutrice les corrige très vite. Elle leur dit qu'ils sont en train de rassembler des données qui seront utilisées par des scientifiques pour des travaux de recherche et qu'il est donc important qu'ils réalisent correctement ce travail. Rapidement, les élèves donnent tous un coup de main et font un très bon travail en récoltant leurs observations.

#### *Récolter et Analyser les Données*

Après avoir réalisé des observations des nuages pendant près de trois semaines, les élèves utilisent l'outil GLOBE de visualisation pour trouver d'autres écoles des environs qui ont elles aussi prises de nombreuses observations des nuages. Ils décident de limiter leur recherche à des écoles dans un rayon de 50 km de la leur et ils trouvent 7 écoles. Comme un des élèves a une grande sœur qui va à un collège qu'ils ont trouvés et qu'un autre allait à une autre école primaire l'année d'avant, ils choisissent ces deux écoles.

En premier lieu, les élèves décident de comparer leurs données en imprimant des cartes journalières de la couverture nuageuse et des types de nuages. Grâce à ces cartes, ils se rendent compte que les observations de la couverture nuageuse faites aux écoles proches ne sont pas toujours les mêmes que les leurs.



En particulier, l'autre école primaire, qui se trouve dans les montagnes, semble avoir une couverture nuageuse plus importante ainsi que plus d'observations de cumulus que l'école de Natalie. Ils décident que ceci fera un bon sujet d'étude. Quant au collège, il a des observations semblables aux leurs.

Les élèves se documentent sur le temps dans les montagnes et apprennent qu'il y a généralement plus de nuages dans les régions montagneuses car l'air soufflant en direction des montagnes n'a pas d'autre choix que de s'élever, et l'air ascendant entraîne souvent la formation de nuages. Etant donné qu'un fort mouvement ascendant crée les nuages, ils ont plutôt tendance à être des cumulus ou des cumulonimbus. Ceci semble expliquer ce qu'ils observent et Mme Jones leur suggère de vérifier cette hypothèse.

Les élèves s'attendent à trouver que les écoles GLOBE situées près des montagnes ont une couverture nuageuse plus importante et un plus grand nombre d'observations de cumulus que d'autres écoles plus éloignées des montagnes. Après avoir examiné les données provenant d'une année entière, les élèves ont sorti les données suivantes issues de 240 observations :

	<b>Ecole de Natalie</b>	<b>Ecole de Mountain View</b>
Aucun nuage	15	10
Clair	33	27
Isolés	18	14
Epars	32	35
Fragmenté (nuageux)	64	66
Couvert	71	79
Ciel obscurci	7	9

Il semble évident que l'école de Mountain View a plus de jours couverts et moins de jours clairs (ou de jours sans nuages) que l'école de Natalie. Les élèves sont vraiment contents d'avoir pu vérifier leur explication avec ces observations.

### *Recherche Future*

Avec l'aide de leur institutrice, ils découvrent une autre curiosité : le nombre plus important d'observations de nuages bas (23 jours avec des nuages bas en plus à l'école de Mountain View qu'à l'école de Natalie) et ils se demandent si ce sont des cumulonimbus ou des cumulus ? Ils se demandent aussi si l'école de Mountain View a plus de précipitations que l'école de Natalie si elle a plus de cumulonimbus. Les élèves ont hâte de commencer leur étude suivante !

Tableau AT-CL-2

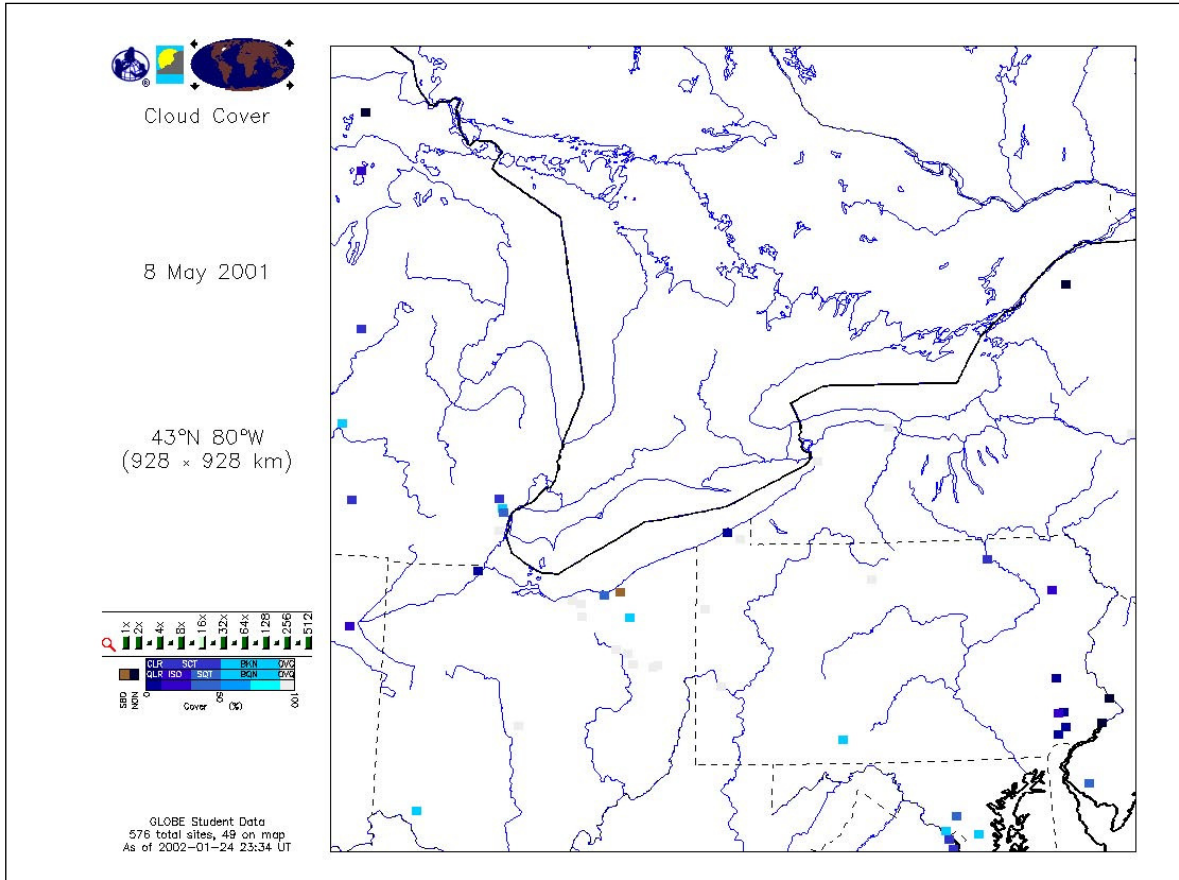
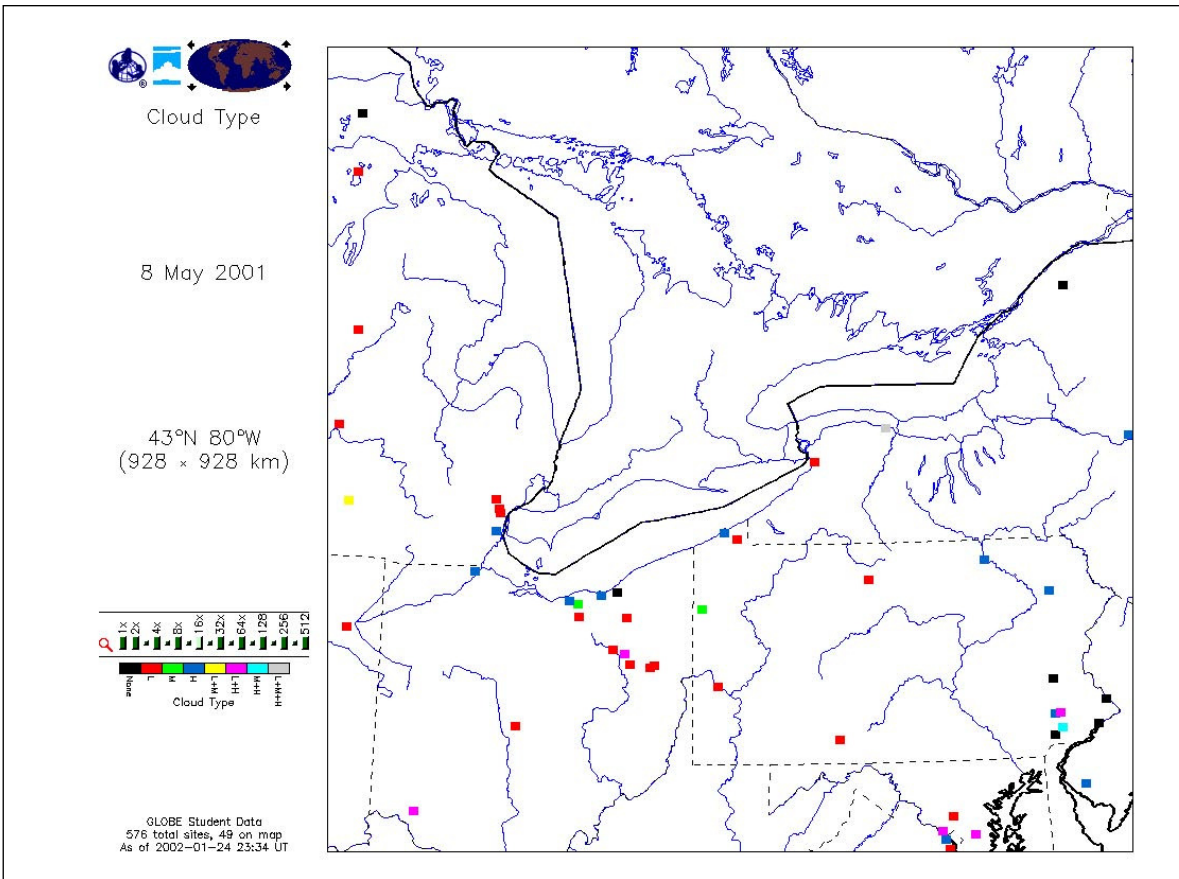
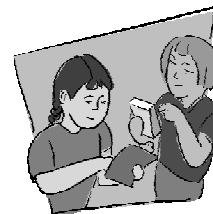


Tableau AT-CL-3



# Protocole relatif aux aérosols



## Objectif général

Mesurer l'épaisseur optique d'aérosol de l'atmosphère (quantité de lumière solaire dispersée ou absorbée par les particules en suspension dans l'air)

## Objectif spécifique

Les élèves orientent un photomètre solaire GLOBE vers le soleil et enregistrent la plus grande tension lue sur un voltmètre numérique connecté au photomètre. Ils observent l'état du ciel près du soleil et mettent en oeuvre les protocoles relatifs au type de nuage, à celui de la pression barométrique (optionnel) et à l'humidité relative, et ils font un relevé de température.

## Compétences

Les élèves se familiarisent avec le fait que l'atmosphère empêche la totalité des rayons du soleil d'atteindre la surface de la terre et en déduisent ce qui provoque un ciel brumeux.

## Concepts scientifiques

*Sciences de la Terre et de l'Espace*

L'atmosphère se compose de différents gaz et aérosols.

Le soleil est la source principale d'énergie qui provoque des changements de l'atmosphère.

Le mouvement journalier et saisonnier du soleil à travers le ciel peut être observé et décrit.

*Géographie*

Les activités humaines peuvent modifier l'environnement.

*Phénomènes Atmosphérique*

Les aérosols diminuent la quantité d'énergie solaire qui atteint la surface de la terre.

Les aérosols augmentent l'impression de ciel brumeux, diminuent la visibilité et affectent la qualité de l'air.

## Compétences scientifiques

Utilisation d'un photomètre solaire et d'un voltmètre pour mesurer la quantité de lumière solaire directe.

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Conception et conduite d'investigations scientifiques.

Utiliser l'outil mathématique pour analyser les données.

Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.

Identification et analyse des différentes hypothèses.

Communiquer les résultats et les explications.

## Durée

15-30 minutes pour collecter les données

## Niveau

Primaire et collège

## Fréquence

Chaque jour, lorsque les conditions le permettent

## Matériel et instruments

Photomètre solaire GLOBE calibré et aligné ;

Voltmètre numérique

Montre, numérique de préférence (ou récepteur GPS) ;

Thermomètre ;

Hygromètre ou psychromètre ;

Charte de nuage GLOBE

Baromètre (facultatif)

Feuille de relevé de données aérosols ;

## Préparation

Utilisation d'un voltmètre numérique ;

## Pré-requis

Protocoles relatifs aux nuages, à l'humidité relative et à la pression barométrique (optionnel)

Possibilité de mesurer la température courante.

# Protocole relatif aux aérosols – Introduction

## *Contexte*

L'atmosphère se compose de molécules de gaz et de petites particules solides et liquides en suspension dans l'air, appelé les aérosols. Certains aérosols sont naturellement produits par les volcans, les embruns (océans), le sable, ou l'érosion de surface provoquée par le vent. D'autres aérosols résultent de l'activité humaine, comme la poussière issues des activités agricoles, la fumée résultant de la combustion de la biomasse et des énergies fossiles, du brouillard induit de manière photochimique par les pollutions des véhicules. Les gouttes et cristaux de glace résultant de la condensation de l'eau sont également des aérosols.

La plupart des aérosols résident dans la troposphère, mais de fortes éruptions volcaniques peuvent injecter des aérosols et des gaz sous forme de trace, beaucoup plus haut dans la stratosphère. Les aérosols peuvent rester pendant plusieurs années dans la stratosphère tandis qu'ils sont éliminés en dix jours ou moins dans la troposphère grâce aux précipitations et autres interactions avec la surface de la terre.

Les aérosols, pris séparément, sont trop petits pour être visibles, cependant vous pouvez souvent remarquer leur effet quand le ciel est brumeux ou à l'air sale. On peut également noter leur présence lors de levers et couchers du soleil, lorsque le ciel devient orange.

Les aérosols influencent le temps et le climat car ils altèrent la quantité de lumière de soleil atteignant la surface de la terre. Dans la stratosphère, les aérosols qui résultent de volcans peuvent modifier la température extérieure du globe pendant des années. La combustion de la biomasse, dans certains endroits, contribue à augmenter leur concentration et affectent les conditions climatiques locales. Leur étude couplée à d'autres mesures atmosphériques, aident les scientifiques à prévoir le climat et à mieux comprendre la composition de l'atmosphère.

Les concentrations en aérosol varient de manière significative selon l'endroit et le moment. Il en résulte des variations saisonnières et journalières ainsi que des modifications imprévisibles dues à des événements tels que des tempêtes de sable ou lors d'éruptions volcaniques.

Les aérosols sont fortement volatiles ; ils peuvent traverser les océans et les montagnes. Du fait de leur concentration plus élevée, le ciel de nombreuses régions du monde, même dans zones rurales, est beaucoup plus brumeux qu'il y a un ou deux siècles.

L'épaisseur optique d'aérosol (AOT, on parle également de profondeur optique) est une mesure qui détermine jusqu'à quel point les aérosols vont affecter le passage de la lumière du soleil dans l'atmosphère. Plus cette épaisseur optique est importante pour une certaine longueur d'onde, moins la lumière atteindra la surface de la terre pour cette longueur d'onde.

Mesurer l'épaisseur optique d'aérosol sur plusieurs longueurs d'ondes peut fournir des informations importantes sur leur concentration, leur taille et leur variabilité dans l'atmosphère. Cette information est nécessaire pour les études sur le climat, pour les comparer avec les données satellites afin de comprendre la distribution globale et la variabilité des aérosols.

## **Etudier les Aérosols**

Les scientifiques se posent beaucoup de questions concernant des aérosols. Comment les concentrations d'aérosol changent-elles avec les saisons ? Quels sont leurs effets sur le temps qu'il fait et sur le climat ? Comment la fumée de grands feux de forêt affecte-t-elle la lumière du soleil pour atteindre la surface de la terre ? Combien de temps les émissions volcaniques restent-elles dans l'atmosphère et où disparaissent-elles ? Quelle est la relation entre la pollution atmosphérique et les aérosols ? Quelle est la relation entre les gros complexes industriels et les activités agricoles et les aérosols ? Comment une image satellite est elle affectée par ces aérosols ?

Des mesures globales sont nécessaires pour pouvoir mesurer leur distribution à un moment donné et identifier ce qui va faire varier leur concentration. Leur étude peut nous amener à une meilleure compréhension du climat et de son évolution.

En prenant régulièrement des mesures, vous pouvez fournir aux scientifiques les données dont ils ont besoin et aussi commencer à répondre à certaines questions au sujet des aérosols sur votre site de mesure.

Vous pouvez même observer des aérosols provenant de milliers de kilomètres qui traversent votre secteur. En établissant une collecte de données sur plusieurs saisons et dans différents endroits, GLOBE peut aider les scientifiques à en savoir plus sur la distribution globale des aérosols

## Support pour l'enseignant

### *Comprendre les mesures d'aérosols*

Les mesures d'aérosols sont mieux comprises dans le contexte des autres mesures atmosphériques 'GLOBE'. Il peut exister des relations observables entre les aérosols, la température, la couverture nuageuse, l'humidité relative, et les précipitations. Il semble évident que les aérosols changent de façon saisonnière. Aussi, il est souhaitable d'aborder ce sujet en tant qu'élément de l'étude de l'atmosphère et de ses propriétés. Une introduction aux concepts d'élévation angulaire solaire et de la masse d'air relative est nécessaire pour comprendre ces mesures. Les deux ateliers, 'Réaliser un cadran solaire' et 'Calculer la masse d'air relative', vont nous permettre d'appréhender ce type de calcul. Les élèves, dont le niveau de mathématiques est suffisamment avancé, vont pouvoir calculer leur propre mesure d'épaisseur optique d'aérosol, en utilisant la partie « analyse des mesures ». Puis ils pourront comparer leurs calculs avec ceux qu'ils trouveront sur le serveur GLOBE.

### *Le photomètre solaire GLOBE*

Le photomètre solaire GLOBE dispose de deux canaux, qui sont chacun sensible à une longueur d'onde particulière – le premier, en lumière verte à environ 505 nanomètres (nm) et le second, en lumière rouge à environ 625 nm. La lumière verte est très proche du pic de sensibilité de l'œil humain, par conséquent, à cette longueur d'onde, un ciel brumeux est susceptible d'avoir une épaisseur optique d'aérosol importante.

La lumière rouge est plus sensible aux aérosols de taille plus importante. Les données, recueillies sur un seul canal, permettent le calcul de l'épaisseur optique d'aérosol dans une gamme de longueurs d'onde particulière, mais ne fournissent pas d'informations au sujet de leur distribution en taille. Collecter les données sur plusieurs canaux permet d'en savoir plus sur leur taille, ce qui nous aide à déterminer leur origine.

Les mesures prises avec le photomètre solaire GLOBE sont en volts. Ces valeurs doivent être converties en épaisseur optique d'aérosol.

Comme ces calculs nécessitent un certain niveau en mathématique (notamment la connaissance des fonctions logarithmiques et exponentielles), le serveur GLOBE exécutera ces calculs à partir de la tension rapportée par les élèves et la transformera en épaisseur optique exploitable.

Pour les élèves plus avancés, vous trouverez dans la partie « Analyse des données » les équations qui permettent de convertir les mesures du photomètre solaire en épaisseur optique d'aérosol. Une mesure d'épaisseur optique d'aérosol caractéristique d'un ciel clair est de l'ordre de 0.1. Un ciel très clair peut avoir une épaisseur optique en lumière verte de l'ordre 0.05 voire en dessous. Un ciel très brumeux nous donne une épaisseur optique d'aérosols de 0.5 ou plus.

Il peut être plus aisé de comprendre le concept de l'épaisseur optique lorsqu'il est exprimé en pourcentage de lumière traversant l'atmosphère, avec la formule suivante :

$$\text{pourcentage de transmission} = 100 \times e^{-a}$$

où **a** est l'épaisseur optique d'une longueur d'onde particulière.

Ce calcul donne le pourcentage de la lumière, pour une longueur d'onde particulière, qui traverse l'atmosphère, avec un soleil à son zénith. Pour une épaisseur optique de 0.10, la transmission de lumière est d'environ 90.5%.

Pour les élèves qui ne sont pas encore à l'aise avec des fonctions exponentielles, le tableau AT-AE-1 donne le pourcentage de lumière transmise en fonction de l'épaisseur optique.

Tableau AT-AE-1

Epaisseur Optique	Pourcentage de transmission
0.10	90.5%
0.20	81.9%
0.30	74.1%
0.40	67.0%
0.50	60.7%
0.60	54.9%
0.75	47.2%
1.00	36.8%
1.25	28.7%
1.50	22.3%
2.00	13.5%
2.50	8.2%
3.00	5.0%
3.50	3.0%
4.00	1.8%
5.00	0.7%

### ***Où et quand faire des relevés à l'aide de son photomètre solaire***

L'endroit le plus adapté pour prendre des mesures avec votre photomètre solaire est l'endroit où vous faites vos observations de nuages et vos autres mesures de l'atmosphère. Si vous prenez des mesures à un autre endroit, vous devez le définir comme un emplacement annexe d'étude atmosphérique.

Le moment le plus propice pour faire ses mesures d'aérosols est le matin quand l'angle d'élévation solaire est au moins de 30 degrés. Car, généralement, l'air du matin est moins turbulent que vers midi, quand le soleil est haut dans le ciel, ou bien l'après-midi, spécialement lors des chaleurs de l'été. Moins l'air est turbulent, plus les mesures seront fiables. En hiver, aux latitudes hautes et moyennes, la masse d'air relative sur votre site peut être toujours supérieure à 2. Vous pouvez malgré tout continuer à prendre des mesures, cependant il est préférable de les prendre au moment du midi solaire.

Bien que vous devriez essayer de prendre des mesures pendant des conditions optimales, il est possible de le faire lorsque cela est possible et que vous avez une vue dégagée du soleil.

Si vous souhaitez recueillir des données avec votre photomètre, pour une validation sol des données d'observation de la terre par satellite, il s'agira de prendre des mesures à des moments spécifiques, correspondant aux survols des satellites de votre site d'observation. Pour un complément d'information quant à ces mesures, merci de prendre contact avec l'équipe technique GLOBE.

### ***Maintenance de votre photomètre***

Votre photomètre solaire GLOBE est un appareil simple et robuste, qui ne doit pas se casser facilement. Cependant, vous devez en prendre soin afin de relever des mesures précises. Voici quelques conseils de choses à faire (ou ne pas faire) pour le conserver pour de nombreuses mesures à venir :

1. Ne laissez pas tomber votre photomètre solaire.
2. Protégez votre photomètre solaire de la saleté et de la poussière en le stockant dans un sachet plastique fermé lorsque vous ne l'utilisez pas.
3. N'exposez pas votre photomètre à des températures extrêmes en le mettant au soleil ou sur un radiateur ou en le laissant dehors.

4. Eteignez votre photomètre solaire quand il n'est pas en service.
5. Vérifiez l'état de la batterie tous les trois mois. (cf. : 'inspection et changement de la pile de votre photomètre solaire GLOBE'). Votre photomètre consomme très peu d'énergie lorsque vous prenez des mesures, aussi la batterie doit durer plusieurs mois, dans des conditions normales d'utilisation. Si vous laissez accidentellement le photomètre en marche pendant des heures ou des jours sans l'utiliser, vérifiez la batterie avant de prendre de nouvelles mesures et remplacez-la au besoin.
6. Ne tentez pas de modifier les composants électroniques à l'intérieur de votre photomètre de quelque façon que ce soit. L'étalonnage de votre instrument dépend principalement des composants d'origine sur le circuit imprimé.
7. N'agrandissez pas le ou les orifices par lequel la lumière du soleil entre dans votre photomètre. Le calibrage de votre photomètre solaire et l'interprétation de ses mesures sont basés sur la taille de ces orifices. Si vous les modifiez, vos mesures ne seront plus valides.

Si vous en prenez soin, votre photomètre devrait fonctionner pendant plusieurs années. Bien que l'équipe technique GLOBE vous demande de renvoyer périodiquement votre photomètre pour un recalibrage, ça ne sera pas nécessaire si l'appareil a été utilisé dans des conditions normales. Si votre instrument semble ne pas fonctionner correctement, contactez GLOBE avant tout autre chose.

### ***Changement de la pile de votre photomètre solaire GLOBE***

Au moins tous les trois mois, vérifiez la tension de la batterie de votre photomètre et remplacez la batterie au besoin. Si votre photomètre a un voltmètre numérique intégré, un indicateur de "batterie faible" apparaîtra, ou si les tensions de votre instrument semblent anormales, remplacez la batterie immédiatement et reportez vous à la section: 'inspection et changement de la pile de votre photomètre solaire GLOBE'

Le remplacement de la batterie ne modifiera pas le calibrage de votre instrument et les mesures faites avec la vieille batterie seront correctes à condition que vous remplaciez l'ancienne batterie avant que sa tension ne tombe en dessous des 7.5 V.

# Inspection et changement de la pile de votre photomètre solaire GLOBE

## Guide de laboratoire

### ***But***

Contrôler la pile du photomètre solaire et la remplacer si nécessaire.

### ***Ce dont vous avez besoin***

- Petit tournevis cruciforme
- Une nouvelle pile 9 V standard, si nécessaire (les batteries rechargeables ne sont pas recommandées pour cet instrument)
- Un voltmètre

### ***Au laboratoire***

1. Ouvrez le boîtier en retirant les quatre vis du couvercle. Ne retirez pas la carte électronique et ne perturbez en aucun cas l'électronique.  
Ne touchez pas la surface avant des diodes LED (les dispositifs verts et rouges ronds sur l'avant de la carte électronique).
2. Le photomètre étant allumé, utilisez un voltmètre pour mesurer la tension entre les deux connecteurs du support de la pile. Remarquez que les nouvelles piles 9 volts peuvent produire des tensions supérieures à 10 V.
3. Si la tension est inférieure à 7,5 V, changer la pile. N'importe quelle batterie de 9 V est valable. Les piles alcalines sont plus chères et ne sont donc pas exigés. Notez que les connecteurs sur les bornes + et - sont différents, ainsi la batterie s'adaptera dans son support seulement dans le bon sens. Par contre, les batteries rechargeables ne sont pas recommandées pour cet instrument.
4. Quand vous avez fini, contrôlez le fonctionnement de votre photomètre solaire en laissant le soleil éclairer les diodes LED directement. Il n'est pas nécessaire de replacer le couvercle pour réaliser cet essai. La tension produite par les diodes LED lorsqu'elles sont éclairées doit être sensiblement supérieure à celle produite à l'ombre.
5. Quand vous avez vérifié que le photomètre fonctionne correctement, remplacez le couvercle. Assurez-vous que l'équerre d'alignement du photomètre (celle qui est recouverte de mousse) est bien située à l'extrémité opposée de l'ouverture qui laisse passer la lumière dans le boîtier. Revissez sans forcer.

Pour confirmer le fait que le remplacement de la batterie n'ait pas modifié le calibrage de votre instrument, attendez un temps clair. Prenez quelques mesures avant et après le changement de la batterie. Ces mesures seront conformes aussi longtemps que la tension de batterie sera supérieure à 7.5 V.

### **Préparation aux mesures**

1. Avant de procéder aux mesures, il sera utile de passer un moment dans votre salle de classe ou au laboratoire afin de se familiariser avec l'utilisation d'un voltmètre numérique. Quand le voltmètre est relié à un circuit qui n'est pas sous tension, l'affichage numérique peut indiquer une petite tension (de quelques millivolts). Ceci est normal, mais peut paraître curieux aux élèves qui s'attendent à lire une tension de 0.0 V. (note: Si votre photomètre solaire dispose d'un voltmètre intégré, vous n'aurez pas besoin d'un voltmètre numérique annexe pour prendre des mesures. Cependant, si vous en avez un autre, cela peut toujours être utile.).
2. Afin de calculer l'épaisseur optique d'aérosol de votre collecte de données, GLOBE doit connaître la pression barométrique (celle de la station) sur votre site d'observation. Référez-vous au site :  
<http://www.meteofrance.com/FR/index.jsp>  
pour avoir une source fiable quant à la pression barométrique). Vous pouvez également consulter 'le protocole optionnel relatif à la pression barométrique'. Identifier cette source doit faire partie de la préparation de l'élève pour ce protocole. Si une source en ligne n'est pas disponible, il y a d'autres options possibles comme se reporter à la section 'préparation aux mesures', ci-dessous. Généralement, la pression barométrique mesurée est rapportée au niveau de la mer. Ce qui permet aux météorologues de dessiner des cartes sur des zones ayant des altitudes variables. (GLOBE emploie les données d'altitude de votre site d'observation pour ajuster la pression au niveau de la mer requise pour calculer AOT).
3. 'Température courante' et 'humidité relative' sont nécessaires pour le bon déroulement du protocole.  
N'hésitez pas à faire prendre ces mesures aux élèves. (Reportez vous au guide de terrain du 'Protocole pour la mesure numérique sur

plusieurs jours de la température courante de l'air ainsi que de ses maxima et minima', les étapes 1-5 du 'Protocole relatif à la température maximale, minimale et courante', les étapes 1-4 du guide de terrain du 'Protocole pour la mesure numérique sur un jour de la température courante de l'air ainsi que de ses maxima et minima' ou au guide concernant les protocoles de température courante et du 'protocole relatif à l'humidité relative')

4. La présence de cirrus (nuages fins en altitude) devant le soleil affectera les lectures photométriques. C'est pourquoi il est important que les élèves se soient familiarisés à l'identification des nuages, comme les cirrus, comme décrit dans 'les protocoles relatif aux nuages'.
5. Il est particulièrement important de prendre des mesures de photométriques de la manière prescrite et dans des conditions de ciel acceptables. Un guide 'consignes pour la préparation en classe' est fourni pour vous y aider. Il décrit en détail les étapes nécessaires pour prendre et enregistrer une mesure, avec les explications de chaque étape. Ce guide apportera un soutien au 'guide de terrain' qui énumère les différentes étapes sans les expliquer. En tant qu'élément de leur préparation pour ce protocole, les élèves doivent étudier le guide 'consignes pour la préparation en classe' pour s'assurer qu'ils comprennent les parties critiques de chaque étape.

### **Questions pour aller plus loin**

Dans quelle mesure l'épaisseur optique d'aérosol est-elle en relation avec les autres variables atmosphériques comme la température, les types de nuage, le plafond nuageux, les précipitations, l'humidité relative, la pression barométrique et la concentration en ozone ?

Comment l'épaisseur optique d'aérosol est elle liée à la couleur du ciel ou à la visibilité d'un point distant ?

Est-ce que l'épaisseur optique d'aérosol varie avec l'altitude ? Si oui, comment ?

Comment l'épaisseur optique d'aérosol change-t-elle d'un milieu urbain à un milieu rural ?

Comment l'épaisseur optique d'aérosol change-t-elle avec les saisons ?



# Protocole relatif aux aérosols

## Consignes pour la préparation en classe

### **But**

Enregistrer la tension maximale obtenue en pointant votre photomètre vers le soleil.

Enregistrer l'heure exacte de votre mesure.

Observer et enregistrer les conditions nuageuses et la pression barométrique et l'humidité relative.

### **Ce dont vous avez besoin**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Photomètre solaire GLOBE étalonné et aligné        | <input type="checkbox"/> Baromètre (facultatif)   |
| <input type="checkbox"/> Voltmètre numérique (si non intégré au photomètre) | <input type="checkbox"/> Thermomètre  |
| <input type="checkbox"/> Montre (de préférence numérique ou récepteur GPS)  | <input type="checkbox"/> Hygromètre ou psychromètre                                       |
| <input type="checkbox"/> Feuille de relevé de données pour les aérosols     | <input type="checkbox"/> Crayon ou stylo  |
| <input type="checkbox"/> Table de classification des nuages GLOBE           | <input type="checkbox"/> Document Protocole 'Nuage', 'Humidité Relative' et 'Température' |

### **Préparation aux mesures**

Afin que l'équipe scientifique GLOBE puissent interpréter les mesures faites avec votre photomètre solaire, vous devez fournir la latitude, la longitude et l'altitude de votre site d'observation, comme requis pour d'autres mesures GLOBE. Vous faites ceci une fois, quand vous définissez un emplacement d'étude de l'atmosphère. D'autres valeurs et observations doivent être fournies avec chaque mesure, comme indiqué sur la fiche de saisie de données. L'objectif de cette session est de vous fournir l'information nécessaire lors de la saisie des données.

### **Heure**

Il est important d'enregistrer l'heure exacte de vos mesures parce que l'équipe scientifique GLOBE doit calculer la position du soleil sur votre site, ce qui dépend de l'heure. La norme GLOBE pour l'heure est basée sur le temps universel (TU), qui peut être calculé à partir de votre fuseau horaire et de la période de l'année. Il est absolument essentiel de convertir le temps local en TU pour ce protocole. Faites particulièrement attention au cas où votre heure locale serait une heure d'été. Par exemple, pour convertir l'heure moyenne européenne en TU il faut retirer 2 heures en été (pendant la durée d'utilisation de l'heure d'été) et une heure en hiver.

L'heure doit être enregistrée avec une exactitude de 30 secondes ou moins. Il est plus facile d'utiliser une montre ou une horloge numérique qu'analogique, mais dans les deux cas, vous devez régler votre montre à partir d'une source standard fiable. Pour ce protocole, l'exactitude nécessaire pour l'heure est plus stricte que pour les autres protocoles GLOBE. Cependant, vous pouvez facilement régler votre horloge ou votre montre de manière à respecter cette exigence. Vous pouvez obtenir l'heure exacte sur Internet à [www.time.gov](http://www.time.gov). Dans plusieurs régions, vous pouvez accéder par téléphone au service automatisé d'une radio locale ou d'une station de télévision qui vous communiquera l'heure locale. Votre récepteur GPS vous communique l'heure en Heure Universelle. Aux Etats-Unis et en Europe, vous pouvez acheter une horloge qui se règle automatiquement en détectant les signaux radio de "l'horloge atomique" officielle des Etats-Unis ou de l'Europe. Une fois réglée à partir d'une source standard fiable, votre montre ou horloge ne devrait pas nécessiter de nouveaux réglages pendant plusieurs semaines.

Ne cherchez pas à utiliser l'heure affichée par votre ordinateur parce que (curieusement) les horloges d'ordinateur ne sont souvent pas très précises, et elles doivent être réglées périodiquement à partir d'une source fiable.

Remarquez que certains systèmes d'exploitation d'ordinateur changent automatiquement l'horloge de votre ordinateur de l'heure d'hiver à l'heure d'été et inversement. Vous devez vous renseigner sur le jour où a lieu ce changement s'il vous faut convertir manuellement l'heure locale de votre d'horloge en TU.

Le milieu de la matinée est la meilleure période, sous la plupart des latitudes et durant la majeure partie de l'année, pour prendre des mesures avec le photomètre solaire. Cependant, il est possible d'entreprendre ces mesures à toute heure du jour entre le milieu de la matinée et le milieu de l'après-midi. L'équipe scientifique GLOBE comprend qu'il peut vous être plus commode de prendre ces mesures en même temps que vous prenez vos autres données atmosphériques. Les mesures doivent être faites à masse d'air relative de 2 au maximum si possible. (Cf. *Activité d'apprentissage relative à la masse d'air relative*). Une masse d'air relative de 2 correspond à un angle d'élévation solaire d'environ 30 degrés. Pendant l'hiver sous des latitudes moyenne et élevées, il se peut que la masse d'air relative à votre site soit toujours supérieure à 2. Vous pouvez néanmoins prendre des mesures, mais vous devez le faire aussi près du midi solaire que possible.

Si vous prenez des mesures photométriques dans une démarche de validation au sol de données d'Observation de la terre, alors les temps de mesures seront basés sur les temps des survols des satellites de votre site d'observation.

### ***Observations du ciel***

Quand vous enregistrez des mesures avec le photomètre solaire, vous devez également enregistrer d'autres informations relatives au ciel, comme la couverture nuageuse et le type de nuage, la couleur du ciel, et votre propre évaluation de l'état clair ou brumeux du ciel.

La couleur et l'état clair ou couvert du ciel sont des mesures subjectives, mais avec de l'expérience vous apprendrez à évaluer le ciel de manière cohérente. Par exemple, il est facile d'apprendre à reconnaître le ciel clair d'un bleu lumineux qui est associé à une épaisseur optique d'aérosol peu élevée. À mesure que la concentration en aérosol augmente, la couleur du ciel change en une couleur bleue plus claire. Le ciel peut sembler laiteux plutôt que clair. Dans certains endroits, surtout dans les régions urbaines et leurs alentours, le ciel peut avoir une nuance brunâtre ou jaunâtre due à la pollution (principalement aux macro-particules en suspension et au NO<sub>2</sub>).

L'équipe scientifique GLOBE doit en être informé quand il y a des raisons évidentes que l'épaisseur optique d'aérosols soit élevée. C'est la raison pour laquelle vous êtes également invités à donner les causes possibles de l'état brumeux du ciel. Par exemple, cette brume peut être due à la pollution atmosphérique urbaine ou à la poussière provenant d'une activité agricole.

Il n'est possible d'interpréter correctement les mesures du photomètre que lorsque le soleil n'est pas obscurci par des nuages. Ceci ne signifie pas que le ciel doit être complètement clair, mais seulement qu'il ne doit y avoir aucun nuage à proximité du soleil. Cette évaluation n'est pas simple à faire. Il est facile de déterminer si les nuages de basse et de moyenne altitude sont près du soleil, mais les cirrus peuvent poser un problème. Les cirrus sont souvent minces et peuvent ne pas sembler filtrer une quantité importante de la lumière du soleil. Néanmoins, ils peuvent influencer sur les mesures du photomètre solaire, même lorsqu'ils sont invisibles à l'œil humain. Pour cette raison, vous devez enregistrer sur votre fiche de saisie de données si des cirrus sont présents le jour de vos mesures, avant ou après l'heure de vos mesures.

Une autre situation difficile se produit avec une météo caractéristique d'été, particulièrement près de grandes zones urbaines. Dans ces conditions, si le ciel est couvert et le temps chaud et humide, il est souvent difficile de distinguer les limites de nuage. De telles conditions peuvent produire des épaisseurs optiques d'aérosol relativement importantes (valeurs supérieures d'environ 0,3-0,5) qui ne représentent pas forcément l'état réel de l'atmosphère. Il est important de toujours décrire de telles conditions chaque fois que vous enregistrez des mesures.

Pour avoir une meilleure idée des limites de nuage, vous pouvez observer le ciel avec des lunettes de soleil oranges ou rouges, ou à l'aide d'une feuille de plastique translucide de couleur orange ou rouge. Ces couleurs éliminent la lumière bleue du ciel et rendent les nuages plus distincts.

**Ne regardez jamais le soleil directement, même avec des lunettes de soleil colorées ou des feuilles de plastique coloré! Ceci peut endommager vos yeux.**

Le brouillard peut constituer un autre problème. Il peut donner une apparence brumeuse aux choses, mais le brouillard (un stratus au niveau du sol) est différent de la brume atmosphérique provenant des aérosols. Si la lumière du soleil doit traverser une couche de brouillard même légère, les conditions ne sont pas convenables pour effectuer des mesures avec le photomètre solaire. Souvent, le brouillard se dissipe avant le milieu de la matinée, et n'a donc pas d'impact sur vos mesures.

Vous devez toujours vous servir d'un livre, d'une feuille de papier, d'un bâtiment, d'un arbre, ou d'un autre objet pour cacher le soleil quand vous évaluez l'état du ciel avant de prendre des mesures avec votre photomètre solaire. Une règle simple : évitez de regarder le soleil dès qu'il projette des ombres au sol. En cas de doute, ou si vous croyez ne pas pouvoir évaluer la condition du ciel près du soleil, ne prenez pas de mesure !

### ***Température***

L'électronique à l'intérieur de votre photomètre solaire GLOBE, et particulièrement ses diodes LED, sont sensibles à la température. Ceci signifie que, sous le même régime solaire, la lecture de sortie changera selon la température du photomètre. Par conséquent, il est important d'assurer que la température de votre photomètre demeure à la température de la pièce. Pour avertir l'équipe scientifique GLOBE d'un problème éventuel concernant la température de l'instrument, nous vous demandons d'enregistrer la température de l'air au moment de vos mesures de photomètre solaire.

Si vous prenez des mesures avec votre photomètre solaire en même temps que vous mesurez la température de l'air à votre abri météorologique, vous pouvez utiliser cette température-là. Sinon, vous devez mesurer la température de l'air au moment des mesures avec le photomètre solaire. L'exactitude nécessaire pour cette mesure de température n'est pas aussi stricte que pour les autres protocoles GLOBE relatifs aux températures de l'air. Vous pouvez utiliser n'importe quel thermomètre disponible, y compris un thermomètre numérique. Il suffit de garder le thermomètre à l'ombre (ou les parties du thermomètre sensibles à la température s'il s'agit d'un thermomètre numérique avec une sonde distante).

Il y a quelques règles à respecter pour réduire au minimum les problèmes liés de la sensibilité de l'appareil à la température. Gardez votre photomètre solaire à l'intérieur et apportez-le à l'extérieur seulement au moment où vous êtes prêt à prendre une mesure. En hiver, transportez-le au site de mesure sous votre manteau par exemple, pour le garder au chaud. Par temps très chaud ou très froid, vous pouvez envelopper l'instrument dans un matériel isolant tel qu'un sac de papier isolant, une serviette, ou des morceaux de mousse en plastique. En été, protégez l'instrument du soleil direct pendant les moments où vous ne prenez pas de mesure. Vous devez vous entraîner à prendre et enregistrer des mesures pour que chaque mesure ne prenne pas plus de 2 ou 3 minutes. Si vous prenez des mesures juste à l'extérieur de la classe, il vaut mieux reporter le photomètre à l'intérieur entre les mesures, même si ce n'est que pour une minute.

### ***Humidité relative***

(La notion) d'humidité relative est un complément utile aux données de protocole d'aérosols car des valeurs élevées (ou faibles) de l'humidité relative sont souvent associées aux valeurs d'épaisseur optique d'aérosol élevées (ou faibles). Il existe un protocole relatif à l'humidité relative, qui exige un hygromètre numérique ou un psychromètre, mais il est également possible de recevoir cette information sur internet ou par radio, tant que cette valeur est reçue moins d'une heure avant d'effectuer vos mesures. Des valeurs en ligne devraient seulement être rapportées en tant que commentaires tandis que les valeurs que vous obtenez après le protocole d'humidité relative sont des données valides de GLOBE et peuvent être rapportées en tant que tels.

## Pression Barométrique

À la différence des valeurs précédentes décrites dans cette section, la pression de station sur votre site d'observation est exigée afin de calculer l'épaisseur optique d'aérosol. À moins que votre emplacement soit très près de niveau de la mer, la pression barométrique provenant du bulletin météorologique, du journal ou d'internet n'est pas la pression de station. Pourquoi ? Parce que dans ces rapports, la véritable pression barométrique a été ajustée à ce que serait le niveau de la mer. Ceci permet à des météorologues de construire des cartes de pression qui montrent le mouvement des masses d'air sur une large zone, indépendamment de l'altitude.

La pression barométrique diminue approximativement d'un millibar tous les 10 mètres de haut. (reportez-vous à la figure AT-I-1 et au protocole optionnel relatif à la pression barométrique.) Comme précisé ci-dessus, la meilleure source pour connaître la pression barométrique est sur internet ou figure sur le bulletin météorologique de votre secteur. Une autre est de ne pas remplir le champ de pression barométrique. Dans ce cas-la, GLOBE complètera la pression barométrique en utilisant une valeur adéquate calculée par ordinateur.

Si vous avez régulièrement étalonné votre baromètre de salle de classe de sorte qu'il donne la pression au niveau de la mer et que vous avez confiance dans son étalonnage, vous pouvez relever la lecture de votre baromètre. Cependant, des baromètres anéroïdes de salle de classe doivent être calibrés régulièrement comme il est précisé dans le protocole optionnel relatif à la pression barométrique. En altitude, il est plus difficile de calibrer votre baromètre de salle de classe pour obtenir une valeur au niveau de la mer.

## Sur le terrain

Deux personnes travaillant en équipe seront beaucoup plus à même de prendre et enregistrer des mesures qu'une personne travaillant seule. Si vous pouvez travailler en équipe, diviser les tâches et faites quelques essais avant de commencer à enregistrer de vraies mesures.

1. Reliez un voltmètre numérique aux prises de sortie du photomètre solaire (la lecture d'un voltmètre analogique n'est pas suffisamment précise pour ce protocole). Assurez-vous de brancher ensemble la prise mâle et la prise femelle de la même couleur. Si votre photomètre solaire possède un voltmètre numérique intégré, passez à l'étape suivante.

2. Allumez le voltmètre numérique et le photomètre solaire.

Si votre photomètre solaire possède un voltmètre numérique intégré, le même commutateur met en marche le voltmètre et le photomètre et il n'est pas nécessaire de sélectionner un intervalle de tension.

Choisissez un intervalle de tension continue (DC) adéquat. *Faites attention à ne pas utiliser le réglage de tension alternative (AC).* L'intervalle de tension adéquat dépend de votre voltmètre. Si l'instrument a un intervalle de 2 V (volts) ou 2000 mV (millivolts), essayez celui-ci en premier. Si votre photomètre produit plus de 2 V, utilisez l'intervalle supérieur, souvent 20 V. Certains voltmètres sont capables de sélectionner l'intervalle automatiquement, ce qui signifie que seul le



réglage pour tension continue (DC) est disponible et que le voltmètre sélectionne l'intervalle de tension approprié automatiquement. Si vous utilisez un voltmètre à réglage d'intervalle automatique, assurez-vous de bien comprendre comment lire les tensions affichées par votre instrument dans l'intervalle.

Notez que si votre voltmètre numérique est allumé et branché à votre photomètre solaire, mais que le photomètre est éteint, le voltmètre numérique indique des valeurs aléatoires. Ceci est normal pour un voltmètre numérique. Mais une fois votre photomètre solaire allumé, le voltmètre doit indiquer une valeur stable dans l'intervalle désigné.

Les lectures erratiques de tension se produiront également si la batterie de votre photomètre solaire est trop faible pour actionner l'électronique.

Quand vous mettez votre photomètre en marche et qu'il fonctionne correctement, le voltmètre devrait produire une lecture de quelques millivolts à l'intérieur ou si le capteur ne reçoit pas de lumière solaire. A l'inverse, il apparaît une valeur comprise entre 0.5 et 2 V quand la lumière du soleil est orientée sur le capteur.

3. Si votre photomètre dispose d'un interrupteur rotatif, dans sa partie supérieure, sélectionnez la position 'T', multipliez la valeur par 100 et enregistrez cette tension..
- 4 Sélectionnez le canal vert de votre photomètre (car le relevé de données GLOBE commence d'abord par le canal vert)
- 5 Tenez l'instrument devant vous à hauteur de poitrine, si possible, ou bien asseyez vous et maintenez l'appareil contre vos genoux, ou fixez le sur une chaise, une clôture ou un autre objet fixe. Repérez la tache de lumière faite par le soleil lorsqu'il traverse l'équerre d'alignement.

Voici une règle importante de sûreté :

**Vous ne devez en aucune circonstance tenir le photomètre solaire à la hauteur de l'œil et essayez d'aligner le photomètre à l'œil, en cherchant le soleil à travers les équerres d'alignement.**

Utilisez la croix marquée sur l'équerre d'alignement arrière comme guide approximatif pour pointer l'instrument vers soleil.

6. Ajustez le pointage jusqu'à ce que la tache de lumière du soleil soit centrée au-dessus du point coloré prévu sur l'équerre d'alignement.  
Enregistrez cette valeur sur votre *Relevé de données*.

Il y aura un ou deux orifices sur l'avant du boîtier de votre photomètre. Si elle a une seule ouverture, l'équerre arrière d'alignement aura deux points colorés d'alignement - un vert et un rouge. La tache de lumière du soleil doit être dirigée sur le point vert quand vous prenez des mesures sur le canal vert et sur le point rouge si vous prenez des mesures sur le canal rouge. Au cas où votre photomètre du soleil dispose de deux orifices, l'équerre arrière d'alignement aura un point bleu d'alignement. La tache de lumière du soleil doit être orientée sur ce point, que vous preniez des mesures sur le canal vert ou rouge.

Quand vous ajustez le pointage de votre photomètre, essayez de centrer la lumière du soleil passant par l'ouverture directement sur la diode LED, à l'intérieur de votre instrument. Avec de la pratique, vous arriverez à ajuster votre photomètre rapidement pour obtenir la tension maximale. Il est utile de stabiliser le bas du photomètre contre une chaise, un poteau, ou quelconque autre objet stationnaire. Le protocole du début à la fin ne devrait pas prendre plus de 15 ou 20 secondes. Soyez sûr d'enregistrer tous les chiffres affichés sur l'écran de votre voltmètre.

À moins que le ciel soit très brumeux, ou à moins que vous preniez des mesures tard l'après-midi ou tôt le matin, la tension doit s'élever à plus de 0.5 V.

Si vous utilisez un voltmètre automatique, la gamme changera d'elle-même quand vous orienterez votre photomètre vers le soleil (d'une tension 'obscur' à une tension 'éclairée')

La tension affichée à l'écran du voltmètre fluctuera un peu durant la mesure. Ceci est dû à vos légers mouvements quand vous tenez le photomètre, et résulte aussi des fluctuations dans l'atmosphère. N'essayez pas de faire la moyenne des indications du voltmètre. Il est important d'effectuer cette mesure de manière régulière et d'enregistrer seulement la tension maximale obtenue sur le voltmètre pendant quelques secondes. Il y a un léger décalage dans le temps entre le moment où la tension de sortie du photomètre solaire change et le moment où ce changement est affiché par le voltmètre numérique. Avec un peu de pratique, vous apprendrez à compenser pour ce retard.

7. Enregistrez, le plus précisément possible, l'heure à laquelle vous avez observé la tension maximale. Une précision 15-30 secondes est suffisante.

8. Toujours pendant que vous pointez votre photomètre vers le soleil, cacher toute la lumière du soleil avec votre doigt en obstruant l'orifice. Lisez la mesure de la tension et enregistrez cette mesure de tension "obscur" sur votre *Relevé de données*.

Notez que cette valeur doit être enregistrée en volts plutôt qu'en millivolts, indépendamment de l'intervalle de tension affiché à l'écran de votre voltmètre numérique. Il est essentiel d'enregistrer en unités de volts la tension "obscur" aussi bien que la tension "éclairée". Il est important d'enregistrer la tension "obscur" exactement, en gardant tous les chiffres affichés sur votre voltmètre, parce que GLOBE peut utiliser cette valeur pour déterminer la température des diodes LED au moment de votre mesure. Votre tension "obscur" doit être inférieure à 0,020 V (20 millivolts).

Selon les caractéristiques de votre instrument et la gamme de mesures de votre voltmètre, la tension 'obscur' peut donner 0 V, si c'est le cas, rapporter 0.000 V pour la tension 'obscur'

9. Choisissez l'autre canal de votre photomètre solaire (le rouge si vous avez commence par le vert) et répétez les étapes 6 à 8.

Avec l'expérience, il sera inutile de répéter l'étape 8 après chaque mesure de tension de lumière solaire. En effet, les tensions 'obscur' ne devraient pas changer d'une mesure sur l'autre.

Si cette valeur change de plus d'un millivolt environ, cela signifie que votre instrument a été soumis à un excès de froid ou de chaleur pendant la mesure et vous devrez développer une stratégie pour éviter que cela se produise.

10. Répétez les étapes 4-9 au moins deux fois et pas plus de quatre fois. Ceci vous donnera entre trois et cinq paires de mesures de vert/rouge en tout. Idéalement prenez vos mesures de façon ordonnée, vous devriez enregistrer vert, rouge, vert, rouge, vert, rouge, vert, rouge, vert, rouge.

Le temps qui s'écoule entre chaque mesure a peu d'importance tant que vous enregistrez l'heure exacte de chaque mesure. Cependant, comme mentionne ci-dessus, essayez de réduire au minimum le temps de collecte de mesures.

N'oubliez pas que vos mesures ne seront pas précises si votre photomètre solaire est sensiblement plus froid ou plus chaud que la température ambiante à l'intérieur !

11. Si votre photomètre dispose d'un interrupteur rotatif, dans sa partie supérieure, sélectionnez la position 'T', (multipliez la valeur lue par 100 et enregistrez cette tension).

12. Éteignez le photomètre et le voltmètre (si votre instrument n'a pas un voltmètre numérique intégré).

Vous pouvez débrancher le voltmètre si votre classe utilise le voltmètre pour d'autres projets ou bien le laisser branché aux prises de sortie du photomètre..

13. Signalez tous les nuages à proximité du soleil dans la section de commentaires (métadonnées). Assurez-vous d'identifier les types de nuages en utilisant la Table de classification des nuages GLOBE.

14. Suivez le *Protocole relatif aux nuages* et enregistrez vos observations sur le *Relevé de données pour les aérosols*.

15. Suivez le *Protocole relatif à l'humidité relative* et enregistrez vos observations sur le *Relevé de données pour les aérosols*.

16. Relevez et enregistrez la température courante indiquée par le thermomètre à minima et à maxima au 0,5° C le plus proche. Il existe quatre guides de terrain à choisir dans la section 'Préparation aux mesures'. Ne touchez pas et ne soufflez pas sur le thermomètre.

17. De retour dans votre classe, complétez le *Relevé de données pour les aérosols*.

# Protocole relatif aux aérosols

## Guide de terrain



### **But**

Enregistrer la tension maximale obtenue en pointant votre photomètre vers le soleil.

Enregistrer l'heure exacte de votre mesure.

Observer et enregistrer les conditions nuageuses et la pression atmosphérique.

### **Ce dont vous avez besoin**

- Un photomètre solaire GLOBE étalonné et aligné.
- Une montre, (de préférence numérique ou récepteur GPS)
- Le *Relevé de données pour les aérosols*.
- Un hygromètre ou psychromètre
- La Table de classification des nuages GLOBE
- Document Protocole 'Nuage', 'Humidité Relative' et 'Température'
- Un voltmètre numérique
- Un baromètre (optionnel)
- Un thermomètre
- Crayon ou stylo

### **Sur le terrain**

1. Branchez un voltmètre numérique aux prises de sortie de votre photomètre solaire. (passez à l'étape suivante si votre photomètre possède un voltmètre numérique intégré.)
2. Allumez le photomètre solaire et le voltmètre numérique.
3. Si votre photomètre dispose d'un interrupteur rotatif, dans sa partie supérieure, sélectionnez la position 'T', multipliez la valeur lue par 100 et enregistrez cette tension.
4. Sélectionnez le canal vert.
5. Orientez-vous face au soleil et pointez le photomètre vers le soleil. (Ne regardez pas directement le soleil!)
6. Ajustez le pointage jusqu'à ce que la tension soit maximale sur votre voltmètre numérique. Enregistrez cette valeur sur votre *Relevé de données*.
7. Enregistrez le plus exactement et précisément possible l'heure à laquelle vous avez obtenu la mesure de tension maximale, dans les 15 secondes les plus proches.
8. Toujours pendant que vous pointez votre photomètre vers le soleil, cacher toute la lumière du soleil avec votre doigt en obstruant l'orifice. Lisez la mesure de la tension et enregistrez cette mesure de tension "obscur" sur votre *Relevé de données*.
9. Choisissez le canal rouge (en assumant que vous ayez commencé par le vert) et répétez les étapes de 6 à 8.
10. Répétez les étapes de 3 à 9 par deux fois, et pas plus de 4 fois.
11. Si votre photomètre dispose d'un interrupteur rotatif, dans sa partie supérieure, sélectionnez la position 'T', multipliez la valeur par 100 et enregistrez cette tension...
12. Éteignez le photomètre solaire et le voltmètre.
13. Signalez tous les nuages à proximité du soleil dans la section de commentaires (métadonnées). Pensez à noter les types de nuages présents en utilisant la Table de classification des nuages GLOBE.
14. Suivez le *Protocole relatif aux types de nuages* et enregistrez vos observations sur le *Relevé de données pour les aérosols*.
15. Suivez le *Protocole relatif à l'humidité relative* et enregistrez vos observations sur le *Relevé de données pour les aérosols*.
16. Relevez et enregistrez la température actuelle indiquée par le thermomètre à minima et à maxima au 0,5° C le plus proche, en utilisant le protocole relatif à la température de l'air.
17. Complétez le *Relevé de données pour les aérosols*.

## Questions fréquentes

### 1. Qu'est ce qu'un photomètre solaire et que mesure-t-il ?

Un photomètre solaire est un appareil qui mesure la quantité de lumière solaire. La plupart des photomètres mesurent la quantité de lumière solaire pour une étroite gamme de couleurs ou de longueurs d'onde. Tous les photomètres devraient mesurer seulement la lumière solaire arrivant directement du soleil et pas la lumière solaire dispersée par les molécules et les aérosols de l'air. Par conséquent, un photomètre solaire est dirigé directement vers le soleil et la lumière est collectée par une petite ouverture qui limite considérablement la quantité de lumière dispersée qui atteint le(s) capteur(s) de l'instrument.

### 2. Le photomètre solaire GLOBE utilise une diode électroluminescente (DEL) comme détecteur de lumière solaire. Qu'est ce qu'une DEL ?

Une diode électroluminescente est un dispositif semi-conducteur qui émet de la lumière quand un courant électrique la traverse. Le dispositif est en réalité une minuscule pièce d'une fraction de millimètre de diamètre. Dans le photomètre solaire GLOBE, cette pièce est située dans un logement en époxy d'environ 5 millimètres de diamètre. Vous pouvez trouver ces éléments auprès de revendeurs spécialisés. Le processus physique qui fait émettre de la lumière par les DEL, fonctionne de la manière suivante : si la lumière atteint une DEL, elle produit un petit courant. L'électronique dans votre photomètre solaire amplifie ce courant et le convertit en tension. Généralement, la longueur d'onde de la lumière détectée par une DEL est plus courte que la longueur d'onde de la lumière émise par la DEL elle-même. Par exemple, certaines DEL rouge sont des détecteurs relativement bons de la lumière orange. La DEL dans le photomètre solaire GLOBE émet une lumière verte d'une valeur maximale d'environ 565 nm. Elle détecte la lumière avec un pic à environ 525 nm, qui est un peu plus lointain dans la zone bleue du spectre de lumière.

### 3. Quel est le champ visuel d'un photomètre solaire, et pourquoi est-il important ?

L'équation qui décrit comment interpréter théoriquement les mesures d'un photomètre solaire exige que l'instrument ne perçoive que la lumière directe du soleil, c'est à dire que la lumière suive une ligne droite du soleil au

capteur lumineux.



Cette condition ne peut être atteinte qu'approximativement dans la pratique car tous les photomètres solaires capteront une certaine quantité de lumière dispersée. Le cône de lumière que le capteur d'un photomètre solaire perçoit est appelé son champ visuel, et il est souhaitable que ce cône soit aussi étroit que possible. Le champ visuel du photomètre solaire GLOBE est environ de 2.5 degrés, ce qui d'après les scientifiques de GLOBE est un compromis raisonnable entre l'idéal et la pratique pour un instrument qui tient dans la main. Le problème est que plus le champ visuel est petit, plus il est difficile de diriger l'instrument précisément vers le soleil. Les photomètres solaires plus performants, motorisés et électroniques, ont des champs visuels de 1 degré ou moins pour aligner le capteur avec le soleil. Les études ont prouvé que la marge d'erreur présentée par des champs visuels légèrement plus grands est négligeable pour les conditions dans lesquelles un photomètre solaire GLOBE doit être utilisé

### 4. pourquoi est-il important de préserver le photomètre solaire du chaud ou du froid pendant que je prends des mesures ?

La DEL du capteur de votre photomètre solaire est sensible à la température, aussi son rendement est légèrement influencé par sa température. Par conséquent, il est très important de protéger votre instrument contre le froid en hiver et la chaleur en été. En été, il est essentiel de garder le boîtier de l'instrument hors de la lumière directe du soleil quand vous ne prenez pas réellement une mesure. En hiver, il est essentiel de maintenir l'instrument au chaud - vous pouvez le placer sous votre manteau entre deux mesures. Ne laissez jamais votre photomètre solaire dehors pendant des périodes prolongées. La caisse du photomètre solaire elle-même assure une certaine protection contre les changements de température qui peuvent affecter l'électronique interne. (C'est pourquoi les nouveaux photomètres solaires GLOBE ont une sonde de température intégrée pour surveiller la température interne de l'air, près des capteurs.) Si vous suivez ces précautions et prenez vos mesures aussi rapidement que possible, elles seront alors correctes.

Dans des conditions extrêmes (été ou hiver), vous devriez confectionner un abri isolant pour votre photomètre solaire. Vous pouvez employer de la mousse (styrofoam) ou tout autre mousse isolante.



Pre-découpez cette couverture autour du commutateur "Marche/Arrêt", également autour de l'orifice qui recevra la lumière solaire, et (confectionnez) un canal pour la lumière solaire entre les supports avant et arrière. L'ouverture ainsi faite pour le capteur de lumière solaire ne doit pas avoir un diamètre plus petit que l'épaisseur du matériel isolant lui-même, et en aucun cas il ne peut être plus épais qu'un centimètre environ.

#### **5. J'ai laissé tomber mon photomètre solaire. Que dois-je faire ?**

Heureusement, les composants internes de votre photomètre solaire sont pratiquement indestructibles, ainsi ils devraient avoir résisté à la chute. Vérifiez que la caisse ne soit pas cassée. Si c'est le cas, rien n'est encore perdu. Réparez les fissures avec de l'adhésif- utilisez quelque chose d'opaque, comme de l'adhésif d'électricien. Ouvrez la caisse et assurez-vous que tout soit intact. En particulier, assurez-vous que la batterie soit encore fermement fixée aux bornes de son support. Si les supports d'alignement se sont déplacés ou sont lâches en raison de la chute, alors votre photomètre solaire devra être retourné à GLOBE pour le réalignement et le recalibrage

#### **6. Comment est-ce que je sais si mon photomètre solaire fonctionne correctement ?**

Quand vous mettez votre photomètre solaire en marche sans le diriger vers le soleil, vous devriez mesurer une tension de 20 mV maximum. Sur quelques instruments, les plus basses tensions sont de moins de 1 mV. Quand vous dirigez votre instrument directement vers soleil, la tension doit augmenter d'environ 0.5-2.0 V. Dans des conditions très brumeuses, comme tard l'après-midi, ou tôt le matin, vous pourrez avoir une tension de moins de 0.5 V. Si vous ne voyez pas les tensions prévues, alors votre photomètre solaire ne fonctionne pas. La raison la plus fréquente pour laquelle un photomètre solaire ne fonctionne pas est que la batterie est trop faible. Si vous pensez que c'est le cas, examinez le niveau de charge de la batterie selon les instructions données pour tester votre batterie et remplacez la si besoin est. Rappelez-vous que les batteries faibles ou déchargées ne produiront pas une tension de lumière solaire de 0 V, mais donneront à la place des valeurs erratiques. Si vous pensez qu'il y a encore un problème, contactez GLOBE pour obtenir de l'assistance.

#### **7. Que signifie calibrer un photomètre solaire ?**

Un photomètre solaire est considéré comme étant calibré si sa constante extraterrestre est connue. C'est la tension que vous mesureriez avec votre photomètre solaire s'il n'y avait aucune atmosphère entre vous et le soleil. Par exemple, vous pourriez diriger votre photomètre solaire vers le soleil depuis la soute ouverte de la navette spatiale pendant qu'elle est en orbite terrestre au-dessus de l'atmosphère. La tension mesurée serait la constante extraterrestre de votre instrument. Cette valeur dépend principalement de la longueur d'onde à laquelle votre photomètre solaire détecte la lumière et également de la distance entre la terre et le soleil. (cette distance change légèrement car la terre suit un plan légèrement elliptique, plutôt que circulaire, lors de sa révolution autour du soleil). Notez que si vous pouviez vraiment utiliser un photomètre solaire en dehors de l'atmosphère terrestre, vous n'auriez pas à vous inquiéter de limiter son champ visuel. Pourquoi ? Parce que hors de l'atmosphère il n'y a aucune molécule ou aérosol pour disperser la lumière solaire. Par conséquent, votre photomètre solaire verrait seulement la lumière directe du soleil. Pour des questions pratiques, les photomètres solaires doivent être calibrés en fonction d'une constante extraterrestre mesurée depuis la surface de la terre. C'est la méthode de « parcelle de terrain » de Langley. Il est difficile de prendre ces mesures à basse altitude et par temps variable. Les photomètres solaires GLOBE sont calibrés grâce à des instruments de référence qui ont été calibrés en utilisant des mesures prises à l'observatoire de Mauna Loa, qui est considéré comme l'un des meilleurs endroits pour de tels travaux. Il est intéressant de faire vos propres calibrages en utilisant la méthode de « parcelle de terrain » de Langley et de comparer les résultats au calibrage assigné à votre photomètre solaire. Si vous désirez effectuer ces comparatifs, contactez GLOBE pour obtenir de l'aide.

#### **8. Est-ce que je peux fabriquer mon propre photomètre solaire ?**

Vous pouvez acheter un photomètre solaire en kit. La construction d'un photomètre solaire implique de souder quelques composants électroniques, il est conseillé que les élèves soient guidés par une personne ayant déjà pratiqué ce genre de manipulations. Vous pourrez commencer à prendre des mesures dès que vous aurez assemblé votre instrument. Cependant, dans tous les cas,

vous devrez envoyer votre photomètre solaire à l'équipe technique GLOBE pour le calibrage avant que vos données puissent être acceptées dans les archives de données GLOBE

### **9. Combien de mesures dois-je prendre avec le photomètre solaire ?**

Le protocole demande que vous preniez des mesures chaque jour, lorsque le temps le permet. Dans quelques régions du monde, les conditions climatiques ne permettent pas de prendre fréquemment des mesures tout au long de l'année. Il est fortement souhaitable d'avoir une organisation planifiée pour prendre des mesures durant les week-ends et pendant les vacances (particulièrement pendant des vacances d'été).

### **10. Comment savoir si le ciel est assez clair pour prendre des mesures avec le photomètre solaire ?**

La règle de base est que le soleil ne doit pas être obstrué par des nuages pendant une mesure. Cependant il peut y avoir des nuages près du soleil. Il est difficile de juger, parce que vous n'êtes jamais censé regarder directement le soleil. Vous pouvez regarder le ciel près du soleil en cachant le soleil avec un livre ou un cahier. Une idée encore meilleure est d'utiliser l'angle d'un bâtiment pour cacher le soleil. Il est très utile de porter des lunettes de soleil quand vous prenez ces décisions parce qu'elles protègent vos yeux contre le rayonnement ultraviolet. Les lunettes de soleil de teinte orange vous aideront à voir les faibles nuages qui pourraient être invisibles autrement. Si vous avez des soucis concernant une mesure, notez-les dans la section commentaires de la fiche technique quand vous reportez la mesure. Il est assez difficile de détecter les nuages minces de type cirrus, et ils peuvent nettement affecter les mesures de photomètre solaire. Si vous voyez des cirrus durant les heures avant ou après une mesure, n'oubliez pas de le préciser dans votre description de ciel

### **11. Que sont les aérosols ?**

Les aérosols sont des particules liquides ou solides en suspension dans l'air. Ils sont de la taille d'une fraction de micron à quelques centaines de microns. Ils regroupent les fumées, les bactéries, le sel, le pollen, la poussière, les divers polluants, la glace et les gouttelettes d'eau. Ces particules agissent les unes avec les autres et dispersent la lumière du soleil. Le degré auquel elles affectent la lumière du soleil dépend de la

longueur d'onde de la lumière et de la taille des aérosols. Ce genre d'interaction particule/lumière s'appelle dispersion de Mie, baptisée du nom du physicien allemand Gustav Mie, qui a édité la première description mathématique détaillée de ce phénomène dans la première partie du vingtième siècle.

### **12. Qu'est-ce que l'épaisseur optique ?**

L'épaisseur optique (ou la profondeur optique) décrit la quantité de lumière qui traverse un matériau. La quantité de lumière transmise peut être assez faible (moins de 1%) ou très forte (presque 100%). Plus l'épaisseur optique est grande, moins la lumière traverse l'atmosphère.

(L'épaisseur optique d'aérosol décrit jusqu'à quel point les aérosols entravent la transmission directe de la lumière solaire à une certaine longueur d'onde, à travers l'atmosphère).

Dans un ciel très clair, l'épaisseur optique d'aérosol peut avoir des valeurs proches de 0.05 ou moins (transmission d'environ 95%). Pour un ciel très brumeux ou gris, elle peut avoir une valeur au-dessus de 1.0 (transmission d'environ 39%).

Le pourcentage de transmission est une manière alternative de décrire le même phénomène.

Il y a un rapport simple entre l'épaisseur optique d'aérosol et la transmission exprimée en pourcentage :

$$\text{transmission (\%)} = 100 \times e^{(-AOT)}$$

se rapporte au Tableau AT-AH-1 permettant de voir le pourcentage de transmission en fonction de plusieurs valeurs d'épaisseur optique. N'importe quelle calculatrice scientifique a une touche de fonction exponentielle. Essayez de retrouver un ou plusieurs des exemples dans cette table pour vérifier si vous comprenez comment utiliser une calculatrice afin de convertir l'épaisseur optique en pourcentage de transmission.

### **13. Qu'est-ce que la loi de Beer?**

August Beer était un physicien allemand du 19e siècle spécialiste dans le domaine de l'optique. Il a développé le principe connu sous le nom de loi de Beer, qui explique comment l'intensité d'un faisceau de lumière est réduite pendant qu'elle traverse différents supports.

D'autres physiciens du dix-neuvième siècle ont également examiné cette loi et l'ont appliqué à la transmission de la lumière solaire dans l'atmosphère.

Par conséquent, l'équation utilisée pour décrire le fonctionnement des photomètres solaire est habituellement désignée sous le nom de la loi de Beer/Lambert/Bouguer.

Appliquée à un photomètre solaire, la loi de Beer est :

$$V_o = V(r/r_o)^2 \exp\{-m[AOT + \text{Rayleigh}(p/p_o)]\}$$

où  $r/r_o$  est la distance Terre-Soleil en unité astronomique,  $m$  est la masse d'air relative, AOT est l'épaisseur optique d'aérosol, Rayleigh est l'épaisseur optique due à la diffusion de Rayleigh, et  $p/p_o$  est le rapport de la pression atmosphérique ambiante à la pression atmosphérique standard (1013.25 mbar).

Vous devez être à l'aise avec les fonctions exponentielles et logarithmiques avant d'employer cette formule pour effectuer vos propres calculs de l'épaisseur optique d'aérosol.

En outre, vous devez connaître les constantes du calibrage de votre photomètre solaire - une valeur de  $V_o$  pour chacun des deux canaux - et les coefficients de Rayleigh correspondant à chaque longueur d'onde.

Si vous voulez faire ce calcul vous-même, vous devrez demander les constantes de calibrage et les coefficients de Rayleigh à GLOBE.

#### 14. Qu'est-ce que la masse d'air relative (m)?

La masse d'air relative ( $m$ ) est une mesure de la quantité d'atmosphère par laquelle un faisceau de lumière solaire se (diffuse). À n'importe quel endroit ou altitude, lorsque le soleil est à son zénith (midi solaire), la masse d'air relative est de 1.

**Note:** au-delà de 23.5 degrés de latitude, (Nord ou Sud), le soleil n'est jamais vraiment à son zénith, ainsi on ne peut jamais observer le soleil avec une masse d'air relative de 1.

Une formule simplifiée pour la masse d'air relative est :

$$m = 1 / \sin(\text{angle d'altitude solaire})$$

avec "angle d'altitude solaire" égal à l'angle du soleil au-dessus de l'horizon.

Ce calcul est suffisamment précis en ce qui concerne les masses d'air relatives jusqu'à environ 2. De plus grandes valeurs exigent une formule plus compliquée qui corrige le résultat en fonction de la courbure de la surface de la terre.

#### 15. Qu'est-ce que la diffusion de Rayleigh?

Les molécules d'air dispersent la lumière du soleil.

Les molécules d'air dispersent les longueurs d'onde bleues et (les ultra-violets) beaucoup plus facilement que les longueurs d'onde rouges et infrarouges. (C'est pourquoi le ciel est bleu.). Ce processus a été décrit pour la première fois au dix-neuvième siècle par le physicien britannique John William Strutt, le troisième baron de Rayleigh qui a obtenu le prix Nobel.

#### 16. Avec quelle précision peuvent être faites les mesures d'aérosol avec photomètre solaire GLOBE?

La précision des mesures du photomètre solaire a été étudiée pendant des décennies par les scientifiques spécialisés de l'atmosphère, et ce sujet fait l'objet de nombreux débats.

Il y a quelques limitations inhérentes à la mesure des aérosols atmosphériques depuis la surface de la terre, et il existe quelques limitations imposées par la conception du photomètre solaire GLOBE.

Les mesures faites soigneusement selon les protocoles devraient être précises à 0.02 unité près. Pour un ciel très clair, avec des valeurs d'épaisseur optique pouvant être inférieures à 0.05, on obtient une marge d'erreur significative.

Cependant, même les photomètres solaires "professionnels" ont une précision qui ne dépasse pas 0.01 unité d'épaisseur optique. Ainsi, la précision des mesures faites soigneusement avec un photomètre solaire GLOBE est comparable aux mesures faites avec d'autres photomètres solaires.

À la différence de quelques autres mesures de GLOBE, il n'y a aucune norme à partir de laquelle on peut vérifier la précision des calculs d'épaisseur optique. Les mesures d'aérosol GLOBE seront soumises à un examen minutieux par l'équipe scientifique GLOBE.

Néanmoins, il est juste d'indiquer que les mesures d'aérosol GLOBE peuvent atteindre un niveau d'exactitude qui peut être extrêmement utile à la communauté scientifique

#### 17. Les scientifiques sont-ils vraiment intéressés par mes mesures d'aérosol ?

La réponse à cette question est "oui" à condition que les données soient acquises sur de longues séries.

Actuellement, peu de photomètres solaires sont en service dans le monde. Les études récentes ont prouvé que les aérosols peuvent considérablement entraver la lumière solaire, entraînant un effet de refroidissement climatique sur la terre, d'où un regain d'intérêt pour les mesures de photomètre solaire.

Les missions satellites prochaines d'observation de la terre se concentreront sur des caractéristiques globales de l'atmosphère et de ses constituants. Il est essentiel que des mesures fiables de données au sol soient disponibles pour calibrer les instruments embarqués et pour valider leurs mesures. Les écoles GLOBE permettent d'établir un réseau global de surveillance des aérosols, qui serait impossible autrement.

A l'échelle régionale, il n'y a aucune surveillance complète des aérosols issus de la condensation, de feux de forêt et de broussailles, de la poussière, du pollen, des gaz émis par des usines ou des arbres, du sel de mer et des éruptions volcaniques. C'est aussi vrai pour les aérosols produits par les émissions d'automobiles, le charbon brûlé par les usines, les forêts et les pâturages brûlés volontairement, certains travaux dans les mines industrielles et pour la poussière s'élevant des routes non pavées et des champs agricoles.

Encore une fois, les écoles GLOBE fournissent des données non-négligeables pour en savoir plus sur ce sujet. Voilà pour le "oui". Mais dans la plupart des cas, les mesures d'épaisseur optique d'aérosol doivent être prises au même endroit pendant plusieurs mois et même pendant des années, afin d'avoir un intérêt scientifique réel. Il est parfois difficile de garder à l'esprit l'utilité à long terme de ces mêmes mesures jour après jour. (Ce n'est pas simplement un problème de mesures d'aérosol, naturellement.) Dans le cas des aérosols, la ténacité est particulièrement importante pour observer et analyser les changements cruciaux de l'atmosphère, pour des mesures à long terme.

Que diriez-vous de mesures de validation au sol pour compléter et valider des mesures prises dans l'espace ? Dans ce cas-là, même quelques mesures au sol précises, toujours effectuées sur du long terme, ont une immense valeur.

Ainsi, les scientifiques auront confiance dans votre travail et établiront un point de mesure d'aérosol sur votre site d'observation. Ceci leur permettra de réagir si un écart de mesures important survient. Conclusion : si vous suivez les protocoles et fournissez des mesures précises (particulièrement pendant l'été), la communauté scientifique appréciera vos efforts, maintenant et par la suite.

## Analyse des mesures

### Les mesures sont-elles cohérentes ?

Pour le savoir, il faudrait regarder de plus près les tensions mesurées à l'aide de votre photomètre solaire (Ce qui n'est pas une chose aisée !). Le photomètre convertit la lumière du soleil en tension que vous mesurez et reportez sur la base GLOBE. Le rapport entre l'intensité de la lumière et la tension produite est déterminé par la sensibilité des capteurs de votre photomètre solaire (DEL verte ou rouge) et du courant fourni par l'amplificateur à piles de votre photomètre.

Ce rapport est différent pour chaque photomètre GLOBE, ainsi chaque instrument a ses propres constantes de calibrage (une pour chacun des deux canaux) qui permettent de calculer l'épaisseur optique d'aérosol à partir des tensions que vous rapportez.

Le photomètre GLOBE produit une petite tension de sortie même lorsque le soleil ne brille pas sur le détecteur. Cette tension 'obscur' est minime et est contrôlée périodiquement par GLOBE qui (vérifie également la tension de la lumière solaire.)

Cependant, les tensions cohérentes font partie d'une large gamme de valeurs. Dans certains cas, la tension 'obscur' de votre photomètre peut être seulement de quelques dixièmes de millivolt. Dans ce cas précis, votre voltmètre numérique affichera '0.00' (lorsque vous serez calé sur 2000 mV). Il est donc peu aisé de prévoir quelles seront les tensions 'cohérentes' de votre photomètre.

Aussi, après avoir suivi le protocole d'aérosol plusieurs fois, vous aurez appréhendé quelles sont les tensions 'obscur' de votre instrument et quelles tensions attendre du rayonnement selon les conditions du ciel. Généralement, ces gammes seront différentes pour les canaux verts et rouges, en raison des écarts de réponses des capteurs et de l'électronique.

Pour comparez vos mesures (longueur d'onde verte et rouge) avec une épaisseur optique d'aérosol standard, reportez-vous au tableau AT-AE-2 ci-dessous :

Tableau AT-AE-2

Conditions du ciel	Canal vert	Canal rouge
Très clair	0.03-0.05	0.02-0.03
Clair	0.05-0.10	0.03-0.07
Légèrement brumeux	0.10-0.25	0.07-0.20
Brumeux	0.25-0.5	0.02-0.40
Très brumeux	>0.5	>0.4

Le rapport entre ces valeurs et la description de clarté du ciel (requis lors de votre report de données) est approximatif et peut varier selon les régions.

Notez que les valeurs d'épaisseur optique sur le canal rouge sont en général inférieures à celles du canal vert. C'est dû au fait que les aérosols dispersent la lumière verte plus facilement. (plus l'épaisseur optique est importante, plus la lumière du rayon solaire, qui parvient au capteur, sera diffuse).

Si vous obtenez une épaisseur optique sur le canal rouge plus importante que sur le canal vert, cela reste possible, toutefois cela incite à un re-examen des conditions dans lesquelles les mesures ont été prises.

### Que recherchent les scientifiques dans ces mesures ?

Comme mentionné ci-dessus, les valeurs 'vertes' d'épaisseur optique sont habituellement plus importantes que les valeurs 'rouges'. Lorsque l'équipe scientifique regardera vos données, elle vérifiera que le rapport entre les deux canaux semble raisonnable. Le protocole d'aérosols exige que vous reportiez au moins trois groupements de mesures photométriques en quelques minutes.

En admettant que vous orientez votre photomètre correctement et de façon constante vers le soleil, l'écart, entre les trois tensions sur chaque canal, est une mesure de la variation de l'atmosphère au moment où vous prenez vos mesures. Si cet écart est conséquent, cela peut signifier que les nuages passent devant le soleil lorsque que vous relevez les mesures.

Les scientifiques regarderont également de très près la couverture et la classification nuageuse. Ils compareront les valeurs 'épaisseur optique calculées à partir des tensions de référence se rapportant à la couleur et à la clarté de ciel. Les

Cirrus présentent un intérêt particulier, car ils peuvent considérablement réduire la transmission de la lumière solaire lorsqu'ils sont presque invisibles.

L'épaisseur optique d'aérosols tend à varier avec les saisons. Les jours chauds et humides dans des climats tempérés et équatoriaux peuvent produire un ('smog' photochimique), particulièrement dans les zones urbaines. Par conséquent, la densité optique tend à être plus grande en été qu'en hiver. Il est difficile de trouver ce cycle saisonnier dans les données GLOBE, car les écoles GLOBE collectent moins de données pendant les vacances d'été. La figure AT-AE-1 montre quelques mesures d'aérosol relevées par le lycée 'East Lincoln' de Denver, Caroline du Nord, Etats-Unis.

Certains élèves ont rapporté quelques mesures au printemps 2000 et une autre classe a relancé le programme de mesures en automne 2000. Certaines des valeurs (particulièrement celles qui sont très basses) semblent être peu conformes. Bien qu'il semble que les grandes chaleurs gênent des valeurs de densité optique plus élevées, le manque de mesures durant l'été implique que cette conclusion ne peut pas vraiment être soutenue.

Dans le tableau AT-AE-1 figurent quelques valeurs très élevées d'épaisseur optique enregistrées en 1999. Il y a plusieurs explications possibles pour ces valeurs. Une possibilité est, naturellement, que ces données ont été relevées dans des conditions très brumeuses. Une autre possibilité est que les élèves n'étaient pas encore assez familiers avec l'utilisation du photomètre et ont enregistré des tensions de lumière solaire trop faibles (ce qui donnera des valeurs d'épaisseur optique trop élevées).

Une troisième possibilité est que quelques nuages soient apparus entre l'observateur et le soleil. Les valeurs d'épaisseur optique elles-mêmes ne nous aident pas à choisir parmi ces possibilités. Pour apprécier la qualité de ces mesures, l'équipe scientifique aura besoin de vérifier toutes les mesures ainsi que les commentaires correspondants.

Il peut être passionnant pour les élèves travaillant sur le protocole d'aérosols de comparer leurs propres mesures à celles relevées par les satellites. De telles comparaisons peuvent confirmer les mesures GLOBE et le bon fonctionnement d'autres photomètres. Une source fiable de données d'aérosol se trouve sur le réseau robotique d'aérosol (AERONET/ Aerosol Robotic Network), qui est

contrôlé par le centre de vol spatial Goddard de la NASA. Ce réseau comprend 100 photomètres solaires en fonction dans divers endroits du monde. Les photomètres d'AERONET sont automatisés et fonctionnent grâce à l'énergie solaire. Leur avantage est qu'ils peuvent opérer seuls, même dans des sites éloignés, en indiquant aux satellites les résultats de leurs mesures préprogrammées, qui a leur tour renvoient les données à une station au sol pour coordination. L'inconvénient majeur de ces dispositifs automatisés est qu'il n'y a pas d'observateur humain qui peut décider si la mesure doit être faite à un moment particulier.

Il existe des algorithmes qui vont balayer les mesures pour connaître la présence de nuages. Cependant, ces algorithmes ne sont pas parfaits. Ils ne distinguent pas les légers cirrus, tout comme les observateurs au sol. Ainsi, les comparaisons des mesures automatisées et manuelles fournissent un contrôle extrêmement important quant à la performance des deux systèmes.

La figure AT-AE-2 montre une comparaison des données de photomètre GLOBE avec des données des photomètres d'AERONET.

(les données d'AERONET sont publiquement accessibles en ligne.) AERONET procède régulièrement à des mesures (toutes les quelques minutes) au cours d'une journée. Les mesures GLOBE approchent des mesures les plus faibles d'AERONET. Un examen quotidien plus détaillé de ces données sur du long terme, qui rapprocherait toutes ces données, ferait un excellent projet d'élève.

Le graphique AT-AE-3 nous montre une comparaison entre les mesures d'épaisseur optique du satellite MODIS et les mesures relevées par les élèves du lycée East Lincoln de Denver en Caroline du Nord, Etats-Unis. (pour faciliter la lecture, on a tracé une courbe des mesures MODIS). Notez que les données GLOBE tendent de nouveau vers les valeurs MODIS les plus basses.

Plusieurs valeurs MODIS semblent très élevées dans le graphique AT-AE-3. le tableau AT-AE-4 nous apprend pourquoi. Ces mesures de l'université de Drexel incluent le coefficient de la couverture nuageuse journalier. Il apparaît clairement que certaines des valeurs très élevées de MODIS sont associées aux jours nuageux. L'université de Drexel est située dans une zone urbaine humide (traversée par deux fleuves qui s'écoulent vers Philadelphie), où il y a un fort

développement résidentiel et commercial et de nombreux espaces verts (dont un grand parc). Il est plus difficile pour les algorithmes de réduction de données d'analyser ce genre de milieu et les résultats représentés sur la figure AT-AE-4 peuvent indiquer qu'il est difficile de déterminer le type des nuages sur ces zones. Les figures AT-AE-3 et AT-AE-4 montrent clairement l'importance de rapporter soigneusement les données qui définissent les conditions dans lesquelles les mesures photométriques sont prises.

Quand des mesures photométriques GLOBE sont relevées soigneusement, les données (figures AT-AE-2, AT-AE-3 et AT-AE-4) peuvent fournir des informations très utiles pour les scientifiques qui étudient la distribution globale des aérosols.

La capacité d'un observateur a commenté ses mesures ne peut être égalée par les instruments automatiques en relation avec les satellites. Localement, l'épaisseur optique d'aérosol peut être influencée par la qualité de l'air, les saisons, l'humidité relative, les événements issus de l'activité humaine et naturels tels que les volcans, les feux de forêt, les activités agricoles, les tempêtes de poussière, les embruns. Ce qui peut fournir aux élèves de nombreux projets d'études possibles.

Figure AT-AE-1: Données de photomètre solaire (minimum d'Epaisseur Optique pour un lot de trois mesures) de l'East Lincoln High School, Denver, NC,

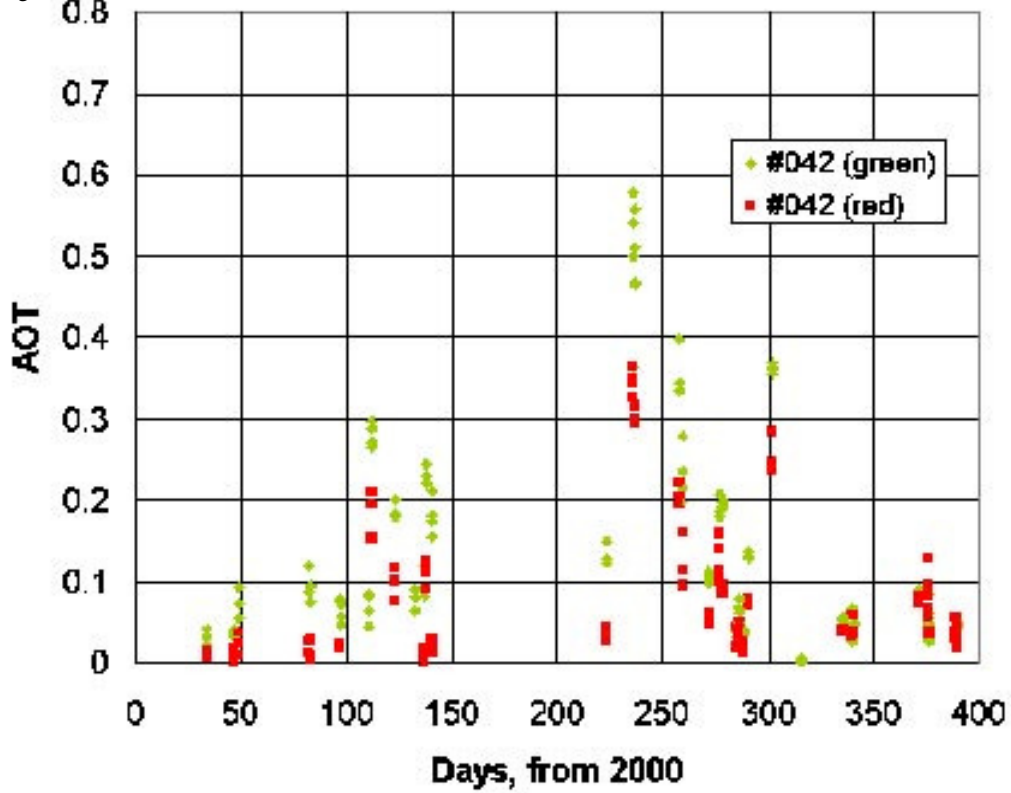


Figure AT-AE-2: Comparaison des mesures de photomètre solaire Globe faites à Drexel University, Philadelphia, Pennsylvania, USA, avec celles de photomètres solaire AERONET situés à proximité

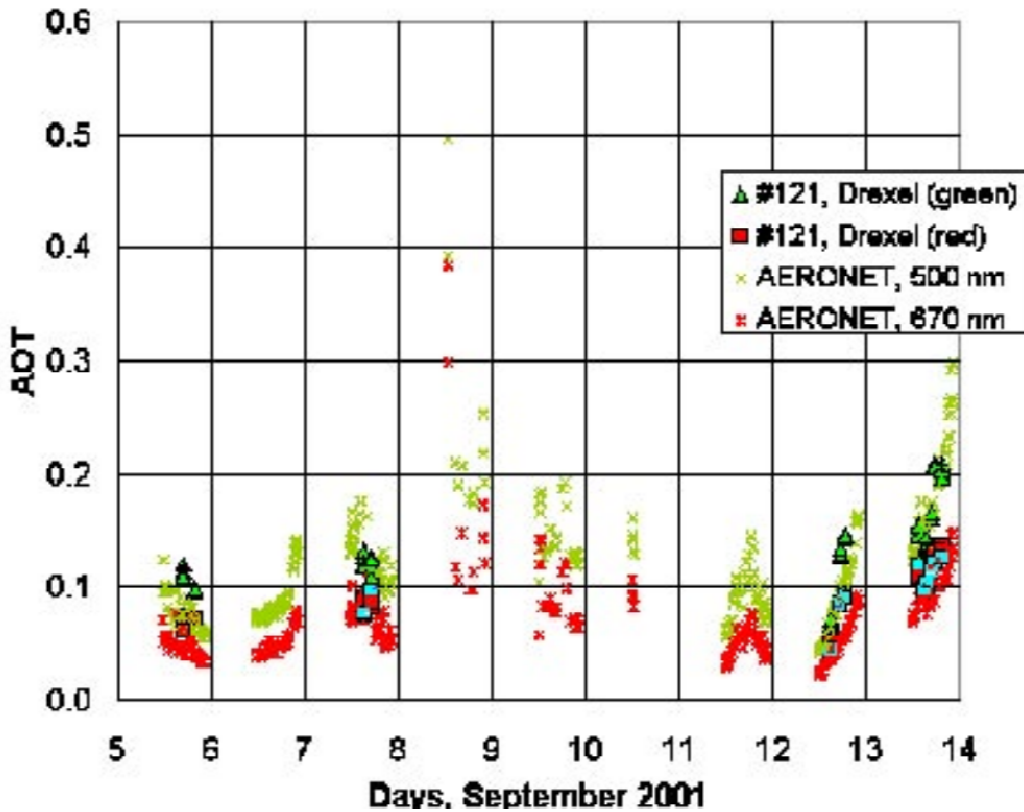




Figure AT-AE-3: Comparaison des données MODIS et des mesures de photomètre solaire Globe faites à East Lincoln High School, Denver, NC, USA.

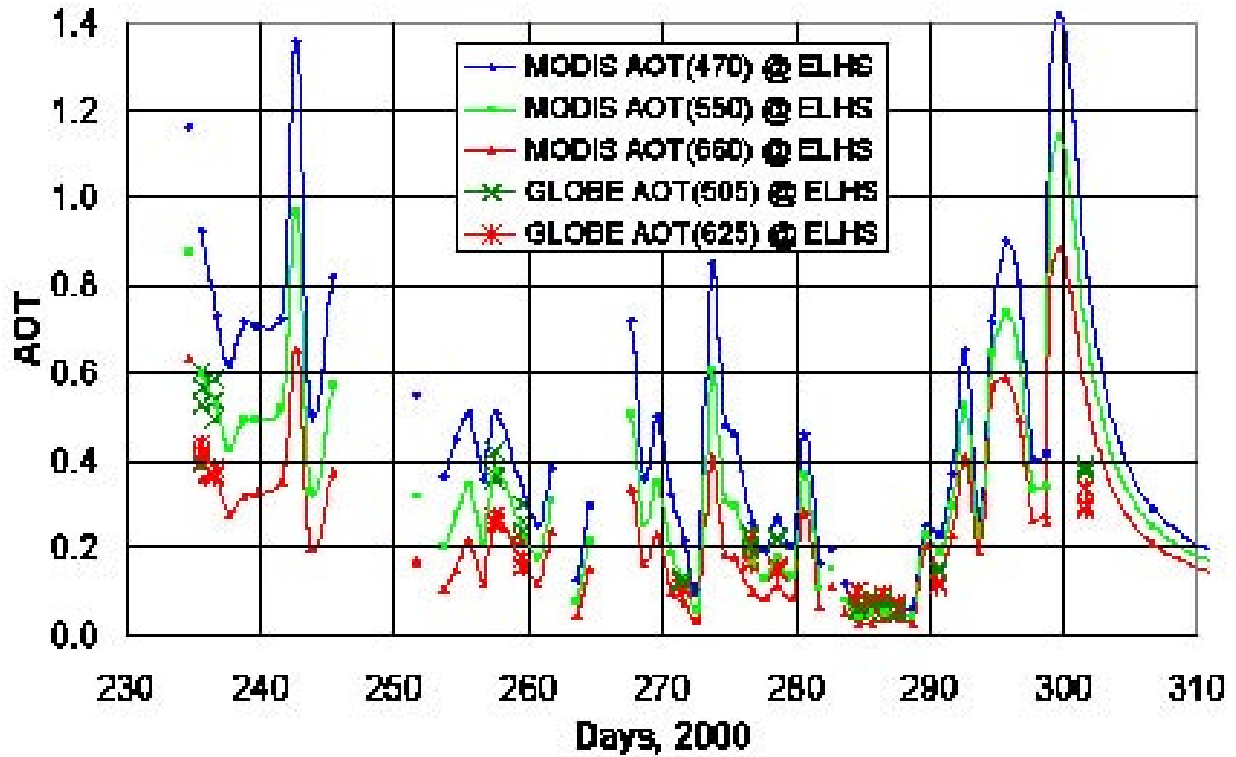
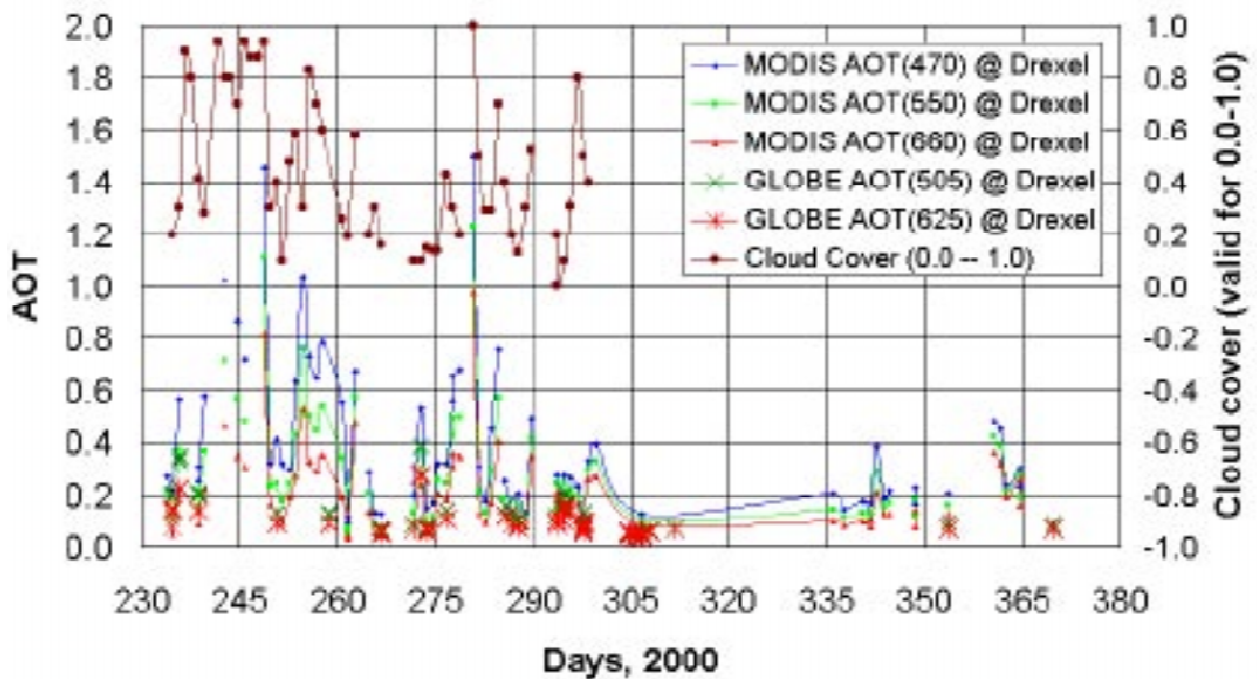


Figure AT-AE-4: Comparaison des données MODIS et des mesures de photomètre solaire Globe et de couverture nuageuse faites à Drexel University, Philadelphia, Pennsylvania, USA.



## Comment calculer l'épaisseur optique d'aérosol ? (Niveau lycée)

Lorsque vous rapportez des mesures de tension de votre photomètre solaire GLOBE, l'épaisseur optique d'aérosols est calculée automatiquement. Ce calcul est trop complexe pour que la plupart des élèves GLOBE le fassent seul.

Cependant, si vous êtes à l'aise avec les équations logarithmiques et exponentielles, vous pouvez calculer l'épaisseur optique vous-même en employant la formule suivante :

$$AOT = \frac{[\ln(V_o/R^2) - \ln(V - V_{dark}) - a_R(p/p_o).m]}{m}$$

Où:

$\ln$  représente le logarithme népérien

$V_o$  est le calibrage constant pour votre photomètre solaire. Chaque canal (rouge et vert) possède sa propre constante, que vous pouvez obtenir depuis le serveur GLOBE.

$R$  est la distance Terre-Soleil exprimée en Unité Astronomique (UA). La distance moyenne Terre-Soleil est de 1 AU.

Cette valeur varie au cours de l'année car l'orbite terrestre autour du soleil n'est pas circulaire mais elliptique.

Une formule approximative pour  $R$  est :

$$R = \frac{(1 - \epsilon^2)}{[1 + \epsilon \cdot \cos(360^\circ \times d/365)]}$$

Où  $\epsilon$  est l'excentricité de l'orbite de la terre, approximativement 0.0167, et  $d$  représente le jour de l'année. (l'excentricité est une mesure de la différence de l'orbite terrestre par rapport à un cercle). Notez que cette équation prévoit que la valeur minimum pour  $R$  se produit au début de l'année. La distance minimum réelle Terre-Soleil se produit début janvier (mais pas au 1<sup>er</sup> janvier).

$V$  et  $V_{dark}$  sont respectivement une mesure de la tension de la lumière solaire et la mesure de la tension 'obscur' de votre photomètre solaire.

$a_R$  est la contribution à l'épaisseur optique (Rayleigh) de la dispersion moléculaire de la lumière dans l'atmosphère. Pour le canal rouge  $a_R$  vaut environ 0.05793 et pour le canal vert environ 0.13813.

$p$  est la pression de la station (la pression barométrique réelle ou actuelle) à l'heure de la mesure.  $p_o$  est la pression atmosphérique au niveau de la mer (1013.25 millibars).

$m$  est la masse d'air relative. Sa valeur approximative est :  $m = 1/\sin(\text{angle d'altitude solaire})$

Où l'angle d'altitude solaire peut être obtenu à partir de "Réaliser un cadran solaire" ou en utilisant un inclinomètre. Quand GLOBE calcule l'épaisseur optique, il emploie une série d'équations qui calculent plus exactement la distance Terre-Soleil.

Pour la masse d'air relative, il emploie ces mêmes équations astronomiques pour calculer la position solaire à partir de votre longitude et latitude au moment où vous avez pris vos mesures. Alors GLOBE se sert de l'angle d'élévation solaire pour calculer la masse d'air relative, en utilisant une équation qui prend en compte la courbure de l'atmosphère de la terre et de la réfraction des rayons lumineux lorsqu'ils traversent l'atmosphère. Le fait d'utiliser ces équations plus complexes, entraîne que les valeurs de l'épaisseur optique calculée par GLOBE ne seront pas exactement conformes au calcul décrit ici. Plus l'épaisseur optique est faible, plus la différence calculée sera importante.

Prenons cet exemple :

Date : 7 Juillet 1999

Calibrage du photomètre solaire, constante ( $V_0$ ) : 2.073 V

Angle d'altitude solaire :  $41^\circ$

Pression de la station: 1016.0 millibars

Tension 'obscuré' : 0.003 V

Tension de lumière solaire: 1.389 V

Canal du photomètre solaire : vert

7 juillet 2001, est le 188<sup>ème</sup> jour de l'année, ainsi :

$$R = (1 - 0.0167^2) / [1 + 0.0167 \cdot \cos(360^\circ \cdot 188/365)] = 1.0166$$

La masse d'air relative est :

$$m = 1/\sin(41^\circ) = 1.5243$$

L'épaisseur optique d'aérosol est :

$$AOT = [ \ln(V_0/R^2) - \ln(V - V_{\text{dark}}) - a_R(p/p_0)m ] / m$$

$$\ln(V_0/R^2) = \ln(2.073/1.0166^2) = \ln(2.00585) = 0.6960$$

$$\ln(1.389-0.003) = \ln(1.386) = 0.3264$$

$$a_R(p/p_0)m = (0.1381)(1016/1013.25)(1.5243) = 0.2111$$

$$AOT = (0.6960 - 0.3264 - 0.2111)/1.5243 = 0.1040$$

La valeur calculée de l'épaisseur optique pour ces données est de 0.1039, une différence assez insignifiante qui nous permet d'ignorer ces valeurs. Dans certaines situations, votre valeur de densité optique peut ne pas être vraiment conforme à la valeur GLOBE. Par exemple, si l'angle d'élévation solaire que vous observez avec votre gnomon solaire est différent de la valeur calculée par GLOBE - alors la masse d'air relative calculée à partir de votre angle d'élévation solaire observé ne sera pas précise. Ceci est une cause d'erreur du calcul de l'épaisseur optique d'aérosol.

Cette épaisseur optique peut être exprimée en pourcentage de lumière solaire à une longueur d'onde particulière qui atteint la surface de la terre après avoir traversé une masse d'air relative de 1. Pour cet exemple avec le canal vert,

$$\% \text{ de transmission} = 100 \cdot e^{-AOT} = 100 \cdot e^{-0.1040} = 90.1\%$$

# Protocole relatif à la vapeur d'eau



## Objectif général

Mesurer la vapeur d'eau précipitable totale (la colonne de vapeur d'eau) dans l'atmosphère au-dessus du site d'un observateur

## Objectif spécifique

Les élèves pointent un instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau vers le soleil et notent la tension affichée sur un voltmètre digital. Les élèves observent l'état du ciel près du soleil et réalisent les *Protocoles relatifs aux Nuages*.

## Compétences

Les élèves comprennent le concept selon lequel l'atmosphère empêche une partie de la lumière solaire d'atteindre la surface de la Terre, comment les mesures de vapeur d'eau sont reliées au cycle hydrologique et le rôle important joué par les gaz à effet de serre, comme la vapeur d'eau, au niveau du temps et du climat.

## Concepts scientifiques

### *Science de la Terre et de l'Espace*

Le temps peut être décrit par des mesures quantitatives.

Le temps varie d'un jour à l'autre et selon la saison.

L'atmosphère change au cours du temps.

Les nuages formés par la condensation de la vapeur d'eau ont un effet sur le temps et le climat.

L'eau se déplace au travers de la biosphère, la lithosphère, l'atmosphère et l'hydrosphère (cycle de l'eau).

Les mouvements globaux des courants atmosphériques influencent localement le temps.

Les océans ont un effet majeur sur le climat global.

L'isolation solaire guide les courants atmosphériques et océaniques.

### *Les sciences Physiques*

Les rayonnements lumineux interagissent avec la matière.

Le soleil est une source d'énergie majeure à la surface de la Terre.

### *Géographie*

La concentration en vapeur d'eau varie de manière significative d'un endroit à un autre suivant la latitude, le climat et l'altitude.

## Compétences scientifiques

Utiliser un instrument pour mesurer la concentration en vapeur d'eau de l'atmosphère.

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Conception et conduite d'investigations scientifiques.

Utiliser l'outil mathématique pour analyser les données.

Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.

Identification et analyse des différentes hypothèses.

Communiquer les procédures, les descriptions et les prévisions.

## Durée

15-30 minutes pour recueillir les données

## Niveau

Collège et lycée

## Fréquence

Tous les jours, suivant le temps

## Matériel et instruments

Instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau calibré

Une montre, de préférence numérique (ou un récepteur GPS)

Table de classification des nuages GLOBE

Un thermomètre

Hygromètre numérique ou un psychromètre à fronde (facultatif)

Un baromètre (facultatif)

*Feuille de Relevés de Données de la Vapeur d'Eau*

## Préparation

Rechercher des sources en ligne pour les valeurs de pression barométrique (si les protocoles GLOBE ne sont pas utilisés)

## Pré requis

*Protocoles relatifs aux Nuages, à la Pression Barométrique* (optionnel) et à *l'Humidité Relative*.

Capacité à mesurer la température de l'air

Observations de la nébulosité et de la couleur du ciel d'après le *Protocole relatif aux Aérosols*.

# Protocole relatif à la Vapeur d'Eau – Introduction

## *Contexte*

La vapeur d'eau de l'atmosphère varie considérablement dans le temps et d'un endroit à un autre. Ces variations sont reliées aussi bien au temps qu'au climat. Les nuages sont formés à partir de la vapeur d'eau. Cette vapeur d'eau est le principal gaz à effet de serre qui permet de contrôler les températures dans les couches basses de l'atmosphère. Les interactions de la vapeur d'eau avec les autres constituants de l'atmosphère sont complexes et ont une portée globale.

A l'aide du *Protocole relatif à l'Humidité Relative*, vous mesurez la quantité de vapeur d'eau au niveau de la surface de la Terre, mais quelle quantité de vapeur d'eau est contenue dans toute la colonne d'air au-dessus de vous ? A l'aide de ce protocole, vous allez pouvoir répondre à cette question. Cela aidera également les scientifiques à répondre aux questions suivantes :

Quelle est la distribution de la vapeur d'eau dans le monde ?

Comment varie-t-elle au cours du temps ?

Est-ce que la quantité totale de vapeur d'eau dans l'atmosphère et sa distribution varie ?

Les modifications au niveau de la quantité de vapeur d'eau et de sa distribution agiraient sur la formation des nuages, le temps et le climat.

Malgré son importance, la distribution globale et la variabilité temporelle de la vapeur d'eau ne sont pas bien connues. Comme pour toute autre mesure globale, les scientifiques utilisent des systèmes d'observations basés sur des satellites pour étudier la vapeur d'eau atmosphérique. Une des principales motivations pour réaliser ce protocole est de fournir des mesures pour contribuer à l'instrument GIFTS (Spectromètre à Transformée de Fourier Optique Géosynchrone en anglais), qui fait partie du satellite New Millennium Program IOMI (Imageur METOC de l'Océan Indien en anglais) de la NASA. GIFTS va étudier les modèles climatiques, la température atmosphérique, la concentration en vapeur d'eau et sa distribution et la concentration de certains autres gaz atmosphériques. Grâce à son orbite géostationnaire loin au-dessus de la Terre, GIFTS va fournir des détails sans précédent sur la variabilité temporelle et spatiale de ces quantités.

Aussi utiles que soient les mesures satellites pour une meilleure compréhension de la distribution globale de la vapeur d'eau, les mesures au sol sont toujours encore requises. Par exemple, lorsque GIFTS observe le système Terre/atmosphère depuis l'espace, sa résolution spatiale (un pixel) est d'environ 4 km sur 4 km. Avec cette résolution, les scientifiques peuvent suivre des systèmes orageux car de tels grands systèmes ont des dimensions de l'ordre de la centaine ou du millier de kilomètres. Cependant, des phénomènes à échelle plus réduite, comme des cumulus individuels, ne peuvent être observés. Les mesures au sol fournissent un moyen d'étudier ces phénomènes à petite échelle, complétant ainsi les observations satellites. Les observations au sol aident également les scientifiques en rendant possible les comparaisons des propriétés atmosphériques calculées indépendamment à partir des satellites et à partir des données au sol.

## *Etudier la Vapeur d'Eau*

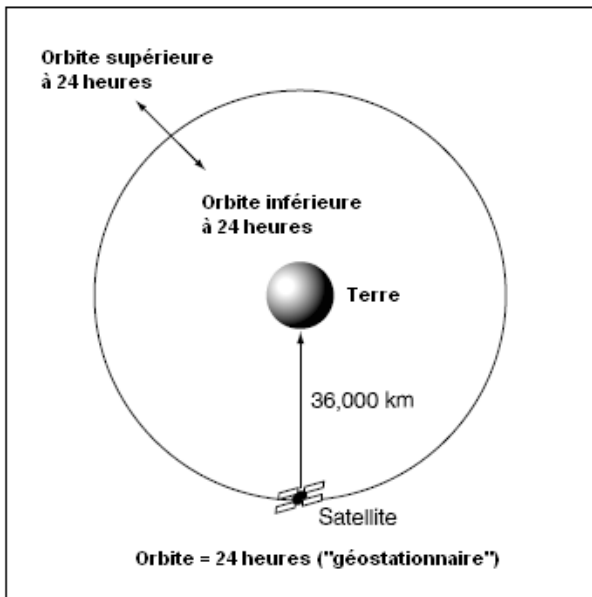
En envoyant régulièrement des mesures de vapeur d'eau, vous fournissez aux scientifiques certaines données dont ils ont besoin pour mieux comprendre la distribution globale de la vapeur d'eau et vous apprenez également des choses concernant la vapeur d'eau atmosphérique située au-dessus de votre propre site d'observation. Bien que toutes les données sur la vapeur d'eau soient utiles, les données qui peuvent être directement comparées avec les mesures satellites sont particulièrement précieuses. Dans certains cas, les mesures au sol devraient être prises de manière à coïncider avec le passage de satellites d'observation de la Terre au-dessus de votre site. Ceci est valable pour les satellites du programme EOS (Système d'Observation de la Terre en anglais) de la NASA, car ils se trouvent en orbite héliosynchrones quasi polaires et passent donc au-dessus de presque tous les sites de la surface de la Terre tous les jours à des heures spécifiques et prédéfinies.

Les instruments tels que GIFTS se trouvent en orbite géosynchrone autour de l'équateur. L'altitude de ces orbites circulaires (presque 36000 km au-dessus de la surface de la Terre) est choisie de telle sorte que leur période orbitale est égale à un jour. Si un satellite orbite dans le plan équatorial, il garde une position fixe au-dessus du même point de l'équateur de la Terre

(d'où l'appellation « géostationnaire»). La figure AT-WV-1 montre une orbite géostationnaire. Le diamètre de l'orbite est à peu près à échelle avec le diamètre de la Terre.

Une position avantageuse au-dessus de l'équateur terrestre permet aux instruments spatiaux de réaliser des mesures quasiment continues d'une portion spécifique de la surface et de l'atmosphère de la Terre. Certaines mesures ont besoin que la région observée soit ensoleillée mais d'autres peuvent être prises à n'importe quel moment. S'il y a un satellite géostationnaire observant votre région, il sera presque toujours utile de prendre des mesures au sol à n'importe quel moment de la journée. A cause de la variabilité saisonnière de la vapeur d'eau, il est important de créer une base de données sur la vapeur d'eau qui s'étende sur plusieurs saisons. Les archives à plus long terme sont plus intéressantes pour les scientifiques et elles vous donneront une meilleure compréhension de votre propre environnement local.

Figure AT-VW-1 : Satellite en orbite géostationnaire autour de la Terre



## Support pour l'enseignant

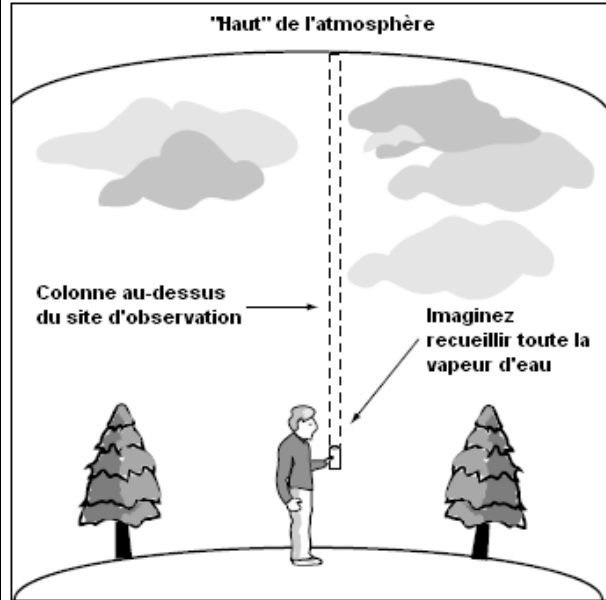
### Comprendre les Mesures de Vapeur d'Eau

Imaginez une colonne d'atmosphère au-dessus d'un site d'observation (voir Figure AT-WV-2). Cette colonne va contenir tous les constituants de l'atmosphère, y compris la vapeur d'eau. Maintenant, imaginez que vous récupérez toute la vapeur d'eau de la colonne, que vous la transformez sous forme liquide et que vous la ramenez au sol. L'épaisseur de la couche d'eau est habituellement de quelques centimètres et est appelée eau précipitable (EP). L'unité de l'EP est le cm (d'eau).

Un moyen de mesurer la vapeur d'eau est d'étudier la manière avec laquelle elle influence la transmission de la lumière solaire au travers de l'atmosphère. La vapeur d'eau (des molécules d' $H_2O$  sous forme gazeuse) absorbent la lumière solaire dans certaines bandes de longueur d'onde, y compris dans deux bandes dans la partie du spectre solaire proche de l'infrarouge. Cette absorption réduit la quantité de lumière solaire qui atteint la surface de la Terre à ces longueurs d'onde.

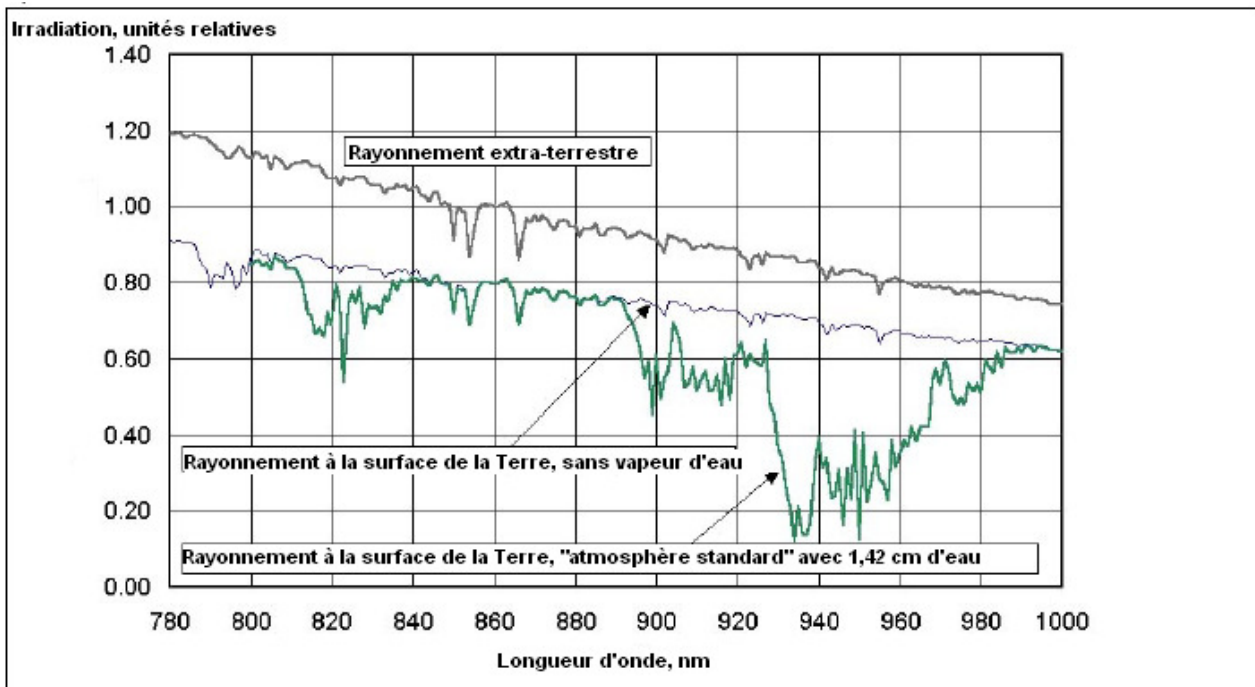
La figure AT-WV-3 montre 3 ensembles de données. Le premier est la distribution de l'énergie solaire suivant la longueur d'onde juste avant l'atmosphère de la Terre.

Figure AT-WV-2: Colonne au-dessus d'un observateur



La seconde est la distribution de l'énergie solaire à la surface de la Terre en supposant qu'il n'y ait pas de vapeur d'eau dans l'atmosphère. Le troisième est la distribution de l'énergie solaire en considérant une « atmosphère standard » contenant une quantité moyenne d'EP. Lorsque la quantité d'EP augmente, la quantité d'énergie solaire qui atteint la surface de la Terre à ces longueurs d'onde est réduite.

Figure AT-WV-3: Rayonnement dans les couches hautes de l'atmosphère et à la surface de la Terre, dans la partie proche de l'IR du spectre solaire



Maintenant, imaginez que deux détecteurs captent la lumière solaire à des longueurs d'onde différentes – l'un à une longueur d'onde dans une bande d'absorption de la vapeur d'eau (environ 940 nm) et l'autre juste en dehors de cette bande (environ 870 nm). En supposant que la position relative du soleil par rapport à l'observateur ne varie pas, la quantité de lumière vue par le détecteur pour la longueur d'onde située en-dehors de la bande d'absorption ne sera pas modifiée si la quantité de vapeur d'eau atmosphérique change. Par contre le détecteur pour la longueur d'onde située dans la bande d'absorption va détecter les changements de quantités de vapeur d'eau. Dès lors, le rapport entre les réponses de ces deux détecteurs va varier avec la quantité de vapeur d'eau et peut donc être utilisé comme mesure de cette quantité. L'EP est reliée à d'autres propriétés de l'atmosphère, comme celles décrites dans d'autres Protocoles sur l'Atmosphère GLOBE. Elle varie d'heure en heure, de jour en jour, de saison en saison et géographiquement. C'est pourquoi il est utile de considérer la vapeur d'eau dans un contexte de discussion plus global de l'atmosphère et des propriétés. Idéalement, les mesures de vapeur d'eau seraient prises sur une période de temps étendue pour observer l'effet des saisons. Les mesures auront plus de sens si elles sont combinées avec d'autres observations de l'atmosphère GLOBE, comme les protocoles de base sur la météo et les aérosols. En fait, certains de ces protocoles peuvent être utilisés

pour fournir les métadonnées à recueillir en même temps que les données sur la vapeur d'eau.

### ***L'instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau***

L'instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau est basé sur le même principe que le photomètre solaire GLOBE utilisé pour contrôler les aérosols. Ils utilisent tous les deux des diodes électroluminescentes (LEDs) pour mesurer l'intensité de la lumière solaire à certaines longueurs d'onde. Alors que le photomètre solaire GLOBE mesure la lumière visible dans les zones verte et rouge du spectre, l'instrument pour la vapeur d'eau mesure la lumière infrarouge plutôt que visible. Ce concept d'instrument a été développé et décrit pour la première fois dans la littérature scientifique par un membre de l'Equipe Scientifique du *Protocole relatif à la Vapeur d'Eau* [Mims, Forrest M. III, Sun photometer with light-emitting diodes as spectrally selective detectors, *Applied Optics*, 31, 6965-6967, 1992]. Depuis, Mims a régulièrement recueilli des données sur la vapeur d'eau à l'Observatoire de Geronimo Creek à Seguin, au Texas (USA) [Mims, Forrest M. III, An inexpensive and stable LED sun photometer for measuring the water vapor column over South Texas from 1990 to 2001, *Geophys, Research Letter*, 29, 13 pp, 20-1-20-4, 2002].

*Figure AT-WV-4: L'instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau*

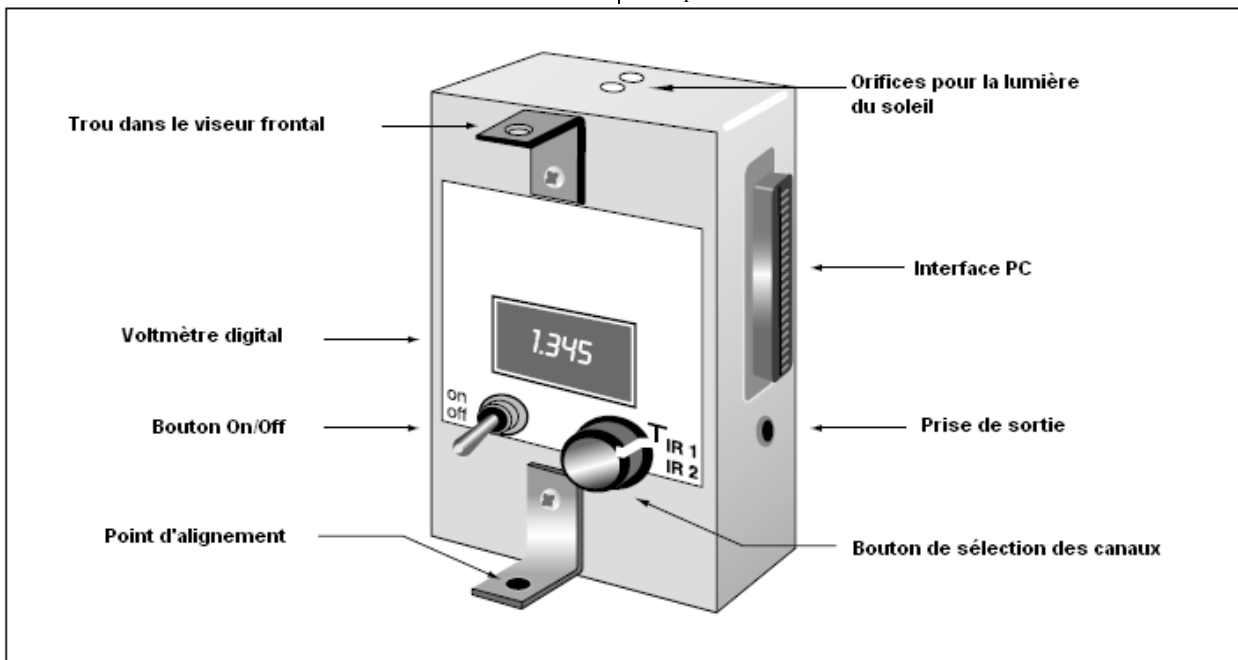
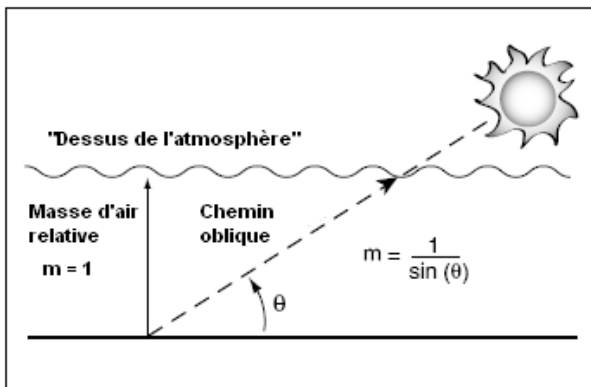




Figure AT-WV-5: Regarder le Soleil au travers de l'Atmosphère



Les mesures prises à l'aide de l'instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau sont en volts. Ces mesures doivent être converties en EP à l'aide des données de calibration prédéterminées pour chaque instrument. Les calibrations nécessitent un accès à un équipement spécialisé et des données qui ne peuvent être reproduites par des élèves dans un laboratoire ou sur le terrain. Les calculs d'EP sont réalisés par le Serveur de Données GLOBE lorsque les données y sont introduites et les valeurs calculées sont fournies en retour aux élèves pour qu'ils les utilisent.

L'unité de base pour mesurer la vapeur d'eau est le cm d'eau dans une colonne d'air verticale située directement au-dessus de l'observateur. Cependant, à l'exception des tropiques, le soleil n'est jamais directement au-dessus de l'observateur. Donc, en général, votre instrument verra le soleil selon un chemin oblique comme indiqué à la figure AT-WV-5. Le rapport entre le chemin oblique et le plus court chemin entre vous et le « haut » de l'atmosphère (directement au-dessus) est appelé la masse d'air relative ( $m$ ). Plus l'angle d'élévation du soleil,  $\theta$ , est faible, plus le chemin oblique sera long et plus la masse d'air relative sera importante. Une relation approximative entre l'angle d'élévation solaire et la masse d'air relative, valable lorsque le soleil n'est pas proche de l'horizon, est :

$$m = \frac{1}{\sin(\theta)}$$

Pour compenser le fait que votre instrument mesure la vapeur d'eau selon le chemin oblique au travers d'une épaisseur plus importante de l'atmosphère, la vapeur d'eau mesurée par votre instrument (la vapeur d'eau le long du chemin oblique) est divisée par la masse d'air relative pour estimer la quantité de vapeur d'eau contenue dans la colonne d'air verticale directement au-dessus de votre tête. La formule à utiliser est :

$$EP = \frac{EP_{oblique}}{m}$$

Cette manière de procéder suppose que la distribution de vapeur d'eau selon l'altitude le long du chemin oblique est la même que celle dans la colonne d'air directement au-dessus de votre tête.

### Où et Quand Prendre des Mesures de Vapeur d'Eau ?

L'endroit le plus logique pour mesurer la vapeur d'eau est le même endroit que celui utilisé pour les *Protocoles relatifs aux Nuages* (et, si tout va bien, également le *Protocole relatif aux Aérosols*). Si vous prenez des mesures sur un autre site, vous devrez le définir comme un Site d'Etudes Atmosphériques supplémentaire.

Les conditions météorologiques de base pour utiliser l'instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau sont les mêmes que celles pour les photomètres solaire GLOBE. Vous devez avoir une ligne de vue directe sur le soleil qui ne soit pas obstruée par des nuages. Vous devez également avoir une vue générale du ciel qui vous permette de réaliser des observations raisonnables des types de nuages, de la couverture nuageuse, de la couleur du ciel et de la nébulosité. Si votre vision du ciel est très limitée (ce peut être le cas pour des sites urbains), alors vous devrez prendre note de ces restrictions lors de la définition du site d'étude.

La décision concernant l'heure de prise des mesures de vapeur d'eau dépendra si vous désirez ou non associer ces mesures avec un instrument satellite particulier et du type d'orbite du satellite. Pour la majorité des orbites, y compris les orbites héliosynchrones quasi polaires de nombreux satellites d'observation de la Terre, les mesures doivent être prises au moment du survol du site par ces satellites.

Les principaux satellites d'observations de la Terre héliosynchrones de la NASA réalisent leur survol dans le milieu de la matinée ou en début d'après-midi. L'heure précise du survol de votre site d'observation peut facilement être trouvée en ligne. Pour les instruments en orbite géostationnaire (tel que GIFTS) ou si vous n'associez pas vos mesures à des mesures satellites particulières, vous pouvez prendre vos mesures à n'importe quelle heure de la journée. Pour créer un jeu de données de vapeur d'eau à plus long terme sur votre site d'observation, il serait utile de prendre des mesures à peu près au même moment tous les jours.

### ***Précautions d'Emploi et Entretien de l'instrument***

Votre instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau est simple et robuste et ne possède pas de composants facilement cassables. Cependant, vous devez en prendre soin pour pouvoir réaliser des mesures de précision. Voici certaines choses que vous devriez faire ou ne pas faire afin que votre instrument de mesure de la vapeur d'eau fonctionne correctement longtemps.

1. Ne laissez pas tomber votre instrument
2. Protéger-le de la terre et de la poussière en le conservant dans un emballage plastique étanche lorsqu'il n'est pas utilisé.
3. Ne l'exposez pas à des températures trop chaudes ou trop froides – par exemple, en le laissant au soleil ou sur un radiateur ou en le laissant à l'extérieur.
4. Eteignez votre instrument lorsqu'il n'est pas utilisé.
5. Vérifiez la pile après plusieurs mois. Voir *Vérifier et Changer la Pile de votre Instrument GLOBE/GIFTS de Mesure de la Vapeur d'Eau*. Cet instrument utilise très peu de puissance, donc la pile devrait durer pendant plusieurs mois d'utilisation normale. Si vous laissez accidentellement votre instrument allumé pendant plusieurs heures ou jours sans l'utiliser, vérifiez la pile avant de prendre des mesures supplémentaires et remplacez-la si nécessaire.
6. Ne modifiez pas les composants électroniques de votre instrument de quelque manière que ce soit. La calibration de votre instrument dépend très fortement des composants originaux du circuit électrique.

7. N'agrandissez pas les trous du boîtier par lesquels la lumière du soleil pénètre à l'intérieur de l'instrument. La calibration de votre instrument et l'interprétation des mesures qui sera faite sont basées sur la taille de ces trous. Si vous les changez, l'instrument ne sera plus calibré et même s'il est recalibré, votre instrument peut devenir totalement inutilisable.

Avec un peu de soins, cet instrument fonctionnera de manière performante pendant de nombreuses années. S'il semble ne pas fonctionner correctement, contactez GLOBE avant d'entreprendre quoi que ce soit.

### ***Vérifier et Changer la Pile de votre Instrument GLOBE/GIFTS de Mesure de la Vapeur d'Eau***

Environ tous les 3 mois ou tout de suite si vous avez accidentellement laissé votre instrument allumé pour une durée prolongée, vérifiez le niveau de la pile et remplacez-la si nécessaire. Voyez le *Guide de Laboratoire pour Vérifier et Changer la Pile de votre Photomètre Solaire GLOBE* (dans le *Protocole relatif aux Aérosols*) pour les instructions. Remplacer la batterie ne changera pas la calibration de votre instrument et les mesures prises avec l'ancienne batterie seront bonnes tant que vous la remplacez avant que son niveau ne tombe en dessous de 7.5V.

## **Suggestions pour la Préparation des Etudiants et la Préparation en Classe**

### ***Contexte Scientifique***

Cette mesure devrait être utile en tant qu'activité pratique pour tout cours parlant de l'atmosphère, du temps et du climat, du cycle hydrologique ou de la Terre en tant que système. Avant de mettre en œuvre ce protocole, il serait utile d'introduire les élèves aux rayonnements électromagnétiques et au spectre solaire, notamment l'énergie ultraviolette, visible et infrarouge du soleil (les informations disponibles dans la Vidéo GLOBE de Perception à Distance pourraient se révéler utiles). Il est important que les élèves comprennent que la lumière visible par l'œil humain ne couvre qu'une très petite partie du spectre solaire et que la lumière à d'autres longueurs d'onde a des effets significatifs sur l'homme et l'environnement.

Si vous avez accès en classe à un appareil électronique contrôlé par une commande à distance IR, il serait intéressant de réaliser des expériences avec cet appareil. Comment pouvons-nous être sûr de la présence de la lumière (rayonnement) IR ? Est-ce qu'elle se comporte comme de la « lumière » même si nous ne la voyons pas ? Qu'est-ce qui bloquera le signal IR issu de la commande ? Qu'est-ce qui permettra son passage ?

Vous devriez passer un peu de temps en classe à familiariser vos élèves avec l'instrument de mesure de la vapeur d'eau, ainsi qu'avec le voltmètre digital sur le dessus du boîtier. En classe, les tensions indiquées sur le voltmètre seront très faibles, de l'ordre de quelques millivolts. Si vous pointez l'instrument vers le soleil, même au travers d'une vitre fermée, les valeurs affichées seront bien plus grandes.

#### *Les Métadonnées et Autres Données Auxiliaires*

Les données auxiliaires et les métadonnées pour le *Protocole relatif à la Vapeur d'Eau* comprennent ceux requis par le *Protocole GLOBE relatif aux aérosols* ainsi que ceux pour l'humidité relative. Certaines sont basées sur des observations qualitatives :

- Couverture nuageuse et type des nuages, y compris les traînées de condensation
- Couleur du ciel et clarté

D'autres sont des valeurs quantitatives :

- Température de l'air ambiant
- Pression barométrique
- Humidité relative

Suivant le protocole GLOBE que vous suivez, vous devrez établir des sources pour une partie ou l'ensemble de ces observations et mesures. Les conditions requises sont décrites en détail dans le *Guide de Préparation en Classe*. Dans certains cas, des protocoles GLOBE sont disponibles.

#### *Considérations Supplémentaires*

1. La présence de nuages fins aux hautes altitudes (cirrus) pose problème pour la mesure de la vapeur d'eau et d'autres mesures directes du soleil car ces nuages sont difficilement visibles et peuvent affecter de manière significative la quantité de lumière solaire transmise au travers de l'atmosphère. Aussi, les élèves ont intérêt à avoir de l'expérience pour observer les nuages.

2. Les élèves devraient s'entraîner à pointer l'instrument de mesure de la vapeur d'eau vers le soleil avant de noter les vraies données. Ils devraient vérifier que la tension maximale est atteinte sur le voltmètre digital lorsque le cercle de lumière solaire visible au travers du viseur frontal d'alignement est centré sur le point coloré sur le viseur arrière. (Si ce n'est pas le cas, veuillez contacter l'Equipe Scientifique). Des séances pratiques à l'extérieur prendront plus de temps que celui nécessaire à un ou deux observateurs expérimentés pour recueillir un jeu de données. Il en va de même à chaque fois que plusieurs élèves apprendront comment utiliser l'instrument. Pendant ce temps, la température à l'intérieur de votre instrument de mesure de la vapeur d'eau peut varier de plusieurs degrés, suivant la température ambiante. Vous devriez éviter de recueillir des mesures faites durant ces séances pratiques.

3. Il est important de prendre des mesures en suivant les consignes établies et sous un ciel clément. Etant donné que les résultats numériques ne diront probablement pas grand-chose aux élèves, en tout cas pas avant qu'ils n'aient récoltés un grand nombre de données, il est particulièrement important de suivre soigneusement le protocole et de contacter l'Equipe Scientifique si vous avez des questions.

Un *Guide de Préparation en Classe* est fourni pour vous aider à préparer l'implémentation de ce protocole. Il décrit en détail les étapes à suivre pour recueillir un jeu de données complet et approfondit également chaque étape. Il complète le *Guide de Terrain* qui reprend simplement les étapes dans l'ordre sans explications complémentaires. Pour préparer ce protocole, les élèves et les enseignants devraient bien étudier le *Guide de Préparation en Classe* pour être certains de bien comprendre chaque étape.

#### ***Questions pour aller plus loin***

Quelles sortes de conditions météo et de climats sont associées avec une EP élevée (faible) ?

A quel point la vapeur d'eau est-elle reliée à d'autres variables atmosphériques comme l'épaisseur optique des aérosols, la température, le type des nuages et la couverture nuageuse, les précipitations l'humidité relative, la température du point de rosée, la pression barométrique ou encore la concentration en ozone ?

Les observations de l'EP peuvent-elles vous aider à améliorer vos prévisions météo ?

# Protocole Relatif à la Vapeur d'Eau

## Guide de Préparation en Classe

Cette section contient une discussion détaillée étape par étape de la manière de recueillir des données sur la vapeur d'eau ainsi que des informations et des explications pour chaque étape. Les étapes de relevé des données sont reliées au *Guide de Terrain pour le Relevé des Données pour le Protocole relatif à la Vapeur d'Eau*, dans lequel les mêmes étapes sont reprises, mais sans explications.

### **But**

- Relever un ensemble de mesures à tension maximale obtenues en pointant votre instrument de mesure de la vapeur d'eau vers le soleil.
- Noter l'heure précise de vos mesures.
- Observer et noter les conditions météorologiques, nuageuses et du ciel.

### **Ce Dont Vous Avez Besoin**

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau   | <input type="checkbox"/> Baromètre (facultatif)  |
| <input type="checkbox"/> Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau   | <input type="checkbox"/> Thermomètre             |
| <input type="checkbox"/> Une montre, de préférence digitale, ou un récepteur GPS   | <input type="checkbox"/> Crayon ou bic           |
| <input type="checkbox"/> Un hygromètre numérique ou un psychromètre à fronde   | <input type="checkbox"/> Charte des Nuages GLOBE |
| <input type="checkbox"/> Guides de Terrain pour les Protocoles relatifs aux Nuages, à la Température de l'Air, à l'Humidité Relative (facultatif) et à la Pression Barométrique (facultatif) |  |

### **Se Préparer à la Prise de Mesures**

*Description du Site (voir le Protocole sur la Construction de l'Instrument, la Sélection du Site et l'Installation)*

Afin de relever des mesures de vapeur d'eau, vous devez avoir un site d'étude de l'atmosphère bien défini sur lequel réaliser des observations. Si votre école n'a pas défini de *Site d'Etudes Atmosphériques*, vous allez devoir en définir un en suivant le *Protocole sur la Construction d'Instrument, Sélection du Site et Installation*

La description du site ne doit être faite qu'une seule fois à moins que, bien entendu, vous ne changiez la localisation du site ou ajoutiez un site supplémentaire. L'interprétation de vos mesures nécessite la connaissance de la longitude, la latitude et de l'altitude de votre site.

La condition de base pour prendre des mesures de vapeur d'eau est d'avoir une vue inobstruée du soleil et une vue du ciel qui vous permette de faire des estimations raisonnables du type des nuages et de la couverture nuageuse. Ces mesures peuvent être prises en milieu urbain.

### **Métadonnées**

Les métadonnées sont des informations sur les données et complètent les véritables données. Elles sont importantes car elles aident les scientifiques dans l'interprétation de vos mesures. Certaines métadonnées (comme la pression barométrique) peuvent être recueillies en classe juste avant ou après vos mesures.

## Types de Métadonnées:

### 1. Pression barométrique (Protocole optionnel relatif à la Pression Barométrique **disponible**)

Des valeurs de pression barométrique précises sont importantes. Les sources de pression barométrique sont, par ordre de préférence :

1. Données en ligne ou émises par une station météorologique officielle proche.
2. Valeurs imprimées à partir d'une source sûre.
3. Mesures prises en classe à l'aide d'un baromètre.

**Note:** Si vous utilisez l'option #1 ou #2, alors n'indiquez **pas** la valeur dans le champ "Pression Barométrique" sur la *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*. A la place, inscrivez cette valeur dans la section *Commentaires* de la *Feuille de Relevés de Données*. Si l'option #3 est utilisée, la valeur de l'humidité relative devrait être indiquée dans le champ "Pression Barométrique" sur la *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*.

Des valeurs précises de pression barométrique sont facilement disponibles en ligne dans de nombreuses régions du monde et sont donc préférables.

De nombreux journaux US publient chaque jour un almanach de la météo qui donnent les informations météorologiques du jour précédent, comme la pression barométrique. Utilisez la valeur de l'heure la plus proche de votre heure de prise de mesures. Par exemple, si la pression barométrique est donnée pour midi, cette valeur sera à utiliser pour la plupart des mesures de vapeur d'eau. Suivant que la pression monte, descende ou reste constante, il est raisonnable d'interpoler entre les valeurs de midi et de début de matinée ou de fin d'après-midi (les heures données sont souvent 6h du matin et 6h du soir en plus du midi).

Aux USA, la pression devra peut-être être converti de pouces de mercure en millibars (des hectopascals) qui est l'unité GLOBE standard internationale :

Pression (mbar ou hectopascals) = pression (pouces de Hg) \* 33.864 (mbar/pouce de Hg)

Il est suffisant de noter la pression barométrique au millibar près.

### 2. Température courante de l'air (protocoles disponibles)

Comme l'électronique de votre instrument GLOBE de mesure de la vapeur d'eau et en particulier ses détecteurs sont sensibles à la température, l'Equipe Scientifique demande à ce que vous notiez également la température courante de l'air en même temps que vos mesures de vapeur d'eau. GLOBE fournit quatre manières de mesurer la température courante de l'air.

1. *Guide de Terrain pour la mesure numérique sur plusieurs jours des Températures Max/Min/Courantes*
2. Etapes 1-5 du *Guide de Terrain du Protocole relatif à la Température Maximum, Minimum et Courante*
3. Etapes 1-4 du *Protocole relatif à la température maximum et minimum, relevée par instrument numérique pour une journée*
4. *Guide de Terrain du Protocole relative à la Température courante de l'Air*

### 3. Température à l'intérieur du boîtier de votre instrument de mesure de la vapeur d'eau

En termes de performances de l'instrument, ce qui a réellement de l'importance n'est pas la température de l'air extérieure mais bien la température à l'intérieur du boîtier de l'instrument. Un capteur électronique de température se trouve à côté des détecteurs photosensibles dans votre instrument de mesure de la vapeur d'eau. Vous pouvez afficher la lecture en volts du capteur en mettant le bouton tournant sur la position 'T'. La sortie du capteur est de 10mV par degré Celsius. Donc, la température est égale à 100 fois la valeur affichée en volts. Par exemple, si 0.224V sont affichés, alors la température à l'intérieur du boîtier est de 22.4°C. Vous devriez noter cette température une première fois au début de la prise de mesures et encore une fois à la fin.

Pour avoir des mesures les plus précises, il est important de maintenir l'air à l'intérieur du boîtier approximativement à la température ambiante – proche de 20°C. Il y a plusieurs points simples à suivre pour minimiser les problèmes de sensibilité à la température. Entrez votre instrument de mesure de la vapeur d'eau à l'intérieur et ne le sortez que lorsque vous êtes prêts à faire des mesures. Durant l'hiver, transportez-le jusqu'au site d'étude en le gardant sous votre manteau ou dans un sac isotherme. Durant l'été, transportez-le dans une glacière pour pique-niques. Vous pouvez construire une coque isotherme pour votre instrument à l'aide de feuilles rigides de frigolite maintenues ensemble à l'aide de papier aluminium. N'exposez pas votre instrument aux rayons directs du soleil lorsque vous n'êtes pas en train de prendre des mesures, en particulier en été.

#### 4. Heure

Il est important de noter l'heure précise à laquelle vous prenez vos mesures car le calcul de la position du soleil dépend fortement de l'heure. La norme GLOBE pour l'heure est toujours le TU, qui peut être calculé à partir de l'heure locale, de votre fuseau horaire et de la période de l'année (en particulier pour les régions qui utilisent le passage à l'heure d'été). Il est indispensable de convertir correctement l'heure locale en TU. Faites particulièrement attention lorsque vous passez à l'heure d'été ou d'hiver. Par exemple, vous devez ajouter 5 heures pour passer de l'heure EST (zone horaire de l'Est des États-Unis) au TU, mais seulement 4 heures pour passer de l'heure EDT (zone horaire de l'Est des États-Unis en été) au TU. Une erreur d'une heure peut produire des résultats qui peuvent sembler corrects mais qui sont faux. Si vous avez un récepteur GPS, vous pouvez directement avoir le TU.

L'heure doit être notée avec une précision de 30 secondes. Une horloge ou une montre digitale qui affiche les secondes sera plus facile à utiliser qu'une horloge ou montre analogique mais dans les deux cas vous devrez utiliser votre montre selon une norme fiable. Même une montre analogique peut donner une précision de 15 secondes si les minutes sont marquées sur le cadran. Les spécifications horaires pour ceci et pour le *Protocole relatif aux Aérosols* sont plus strictes que pour la plupart des autres protocoles GLOBE.

Il n'est pas compliqué d'utiliser votre montre avec suffisamment de précision pour vérifier les spécifications requises pour ce protocole. Vous pouvez également obtenir l'heure précise en ligne ou à partir d'un récepteur GPS à main. Dans de nombreuses régions du monde, vous pouvez acheter une montre qui ajuste automatiquement l'heure à partir de signaux radios émis par une institution qui possède une horloge de référence.

Il peut être tentant d'utiliser l'heure indiquée sur votre ordinateur comme référence. Ce n'est pas une bonne idée car les horloges d'ordinateur sont souvent imprécises et elles devraient régulièrement être réinitialisées par une horloge de référence. Notez que les systèmes d'exploitation modernes feront automatiquement passer l'horloge de votre ordinateur de l'heure d'hiver vers l'heure d'été et vice-versa.

Les mesures de vapeur d'eau peuvent être prises à n'importe quelle heure de la journée. Il peut en effet être intéressant d'étudier la variation de la vapeur d'eau durant la journée. Cependant, l'instrument de mesure de la vapeur d'eau donnera les meilleurs résultats entre le milieu de la matinée et le milieu de l'après-midi. Aux latitudes tempérées et élevées, avec de faibles angles d'élévation solaires, vous devriez prendre vos mesures au moment du midi solaire si possible, en particulier durant l'hiver.

Si vous prenez des mesures au moment du survol de satellites, alors l'heure de ces survols déterminera le moment où les mesures devront être prises. A quel point les heures de prise pour vos mesures devront-elles être proches de ces survols pour être utiles? C'est une question à poser aux scientifiques qui travaillent sur ces instruments basés dans l'espace. En général, la différence ne devrait être que de quelques minutes au maximum. Cependant, il vaut mieux recueillir des données que de ne pas en avoir, même si vous n'arrivez pas à en prendre au moment précis du survol de ces satellites.

### **5. Humidité relative (Protocole relative à l'Humidité Relative disponible)**

L'humidité relative est à exprimer sous la forme d'un nombre entier, en pourcentage. L'humidité relative et la température sont utilisées pour calculer la température du point de rosée qui peut être reliée de manière empirique à l'EP (voir *Vérifier les Données*). Il y a deux manières de recueillir l'humidité relative, la première étant la meilleure :

1. Suivre le *Protocole relatif à l'Humidité Relative* pour obtenir une valeur d'humidité relative. Notez cette valeur dans le champ 'Humidité Relative' de la *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*.
2. Si vous n'avez pas d'hygromètre numérique ou de psychromètre à fronde qui vérifient les spécifications GLOBE, vous pouvez toujours obtenir une valeur d'humidité relative à partir d'une source en ligne ou radiodiffusée. Dans ce cas, ne remplissez **pas** le champ 'Humidité Relative' sur votre *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*. Notez plutôt cette valeur dans la section *Commentaires* de votre *Feuille de Relevés de Données*.

### **6. Observations des nuages (Protocoles relatifs aux Nuages disponibles)**

Les mesures de vapeur d'eau ne peuvent être interprétées correctement que lorsque le soleil n'est pas obscurci par les nuages. Ceci ne veut pas dire que le ciel doit être complètement dégagé mais seulement qu'il ne doit pas y avoir de nuages dans les environs immédiats du soleil. Ceci n'est pas toujours simple à vérifier. Il est facile de vérifier si les nuages aux basses et moyennes altitudes ne cachent pas le soleil mais les nuages de type cirrus peuvent poser des difficultés. Ils sont souvent fins et peuvent très bien ne pas sembler bloquer beaucoup de lumière du soleil. Cependant, les nuages de type cirrus peuvent affecter les mesures d'EP même s'ils sont invisibles à l'oeil nu. N'oubliez pas que l'instrument de mesure de la vapeur d'eau détecte la lumière dans la partie infrarouge du spectre solaire et donc, que même si les cirrus peuvent sembler invisibles à l'œil nu, cela ne signifie pas qu'ils n'absorbent pas la lumière solaire infrarouge.

Une autre situation difficile peut survenir en été près des grandes zones urbaines. Dans ce type d'environnement, la pollution du ciel et les conditions humides peuvent rendre difficile la détection des frontières des nuages. Il est important de décrire l'existence de telles conditions lorsque vous notez vos mesures. Si vous observez le ciel (pas en direction du soleil !) avec des lunettes oranges ou rouges ou avec un filtre plastique, il vous sera plus facile de voir les limites des nuages.

A chaque fois que vous voulez voir les conditions nuageuses dans les environs immédiats du soleil, vous devez cacher le soleil à l'aide d'un livre, une feuille de papier, un immeuble ou un arbre ou tout autre objet. Si vous pouvez voir ne serait-ce que des semblants d'ombres au sol, ne regarder surtout pas en direction du soleil. En cas de doute, ou si vous pensez ne pas pouvoir déterminer les conditions nuageuses près du soleil, ne faites pas de mesures.

**Rappel de sécurité: ne regarder jamais directement le soleil, même à l'aide de lunettes de soleil colorées ou de filtres plastiques. Vos yeux peuvent être brûlés de façon permanente!**

Les rapports sur les conditions nuageuses devraient être établis à l'aide des *Protocoles relatifs aux Nuages*. Les catégories mentionnées sur la *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau* sont décrites dans ces protocoles.

## 7. Conditions du ciel

Les conditions du ciel incluent la couleur du ciel et la carté. Ce sont des observations subjectives mais avec un peu de pratique, vous apprendrez à être constant dans vos interprétations. Par exemple, vous pouvez facilement apprendre à reconnaître la couleur bleu foncée du ciel associée à un air non-pollué et une humidité relative faible. Lorsque l'humidité et la pollution augmentent, la couleur du ciel passe à un bleu plus clair. Il peut sembler être trouble au lieu de clair. Dans certains zones, en particulières urbaines, le ciel peut avoir une teinte brunâtre ou jaunâtre à cause de la pollution de l'air (principalement des particules et du  $\text{NO}_2$ ).

Pour déterminer la couleur du ciel, regarder le ciel mais PAS dans la direction du soleil. Ceci signifie que votre ombre devrait être directement devant vous. La couleur du ciel est généralement plus claire près de l'horizon. C'est pourquoi, vous devez être constant en observant le ciel avec un angle d'élévation de  $45^\circ$  par rapport à l'horizon. Si cette partie du ciel est nuageuse, utilisez la zone du ciel la plus proche pour laquelle la couleur peut être déterminée.

La clarté du ciel peut être déterminée à l'aide d'un objet distant – un grand immeuble ou une chaîne de montagne par exemple – utilisé comme référence. Si cet objet apparaît de manière nette avec ses couleurs naturelles, alors le ciel est clair. Plus cet objet devient moins net, plus il y a de vapeur d'eau et d'aérosols dans l'atmosphère probablement. Cependant, notez que cette manière de déterminer la nébulosité est plus à relier à la visibilité horizontale qui n'est pas toujours un indicateur précis des conditions atmosphériques au-dessus de votre site d'étude.

Lorsqu'il y a des raisons claires et nettes pour des conditions inhabituelles au niveau du ciel, les futurs utilisateurs de vos données doivent en être informés. La pollution urbaine, la poussière et la fumée sont des exemples de conditions qui devront être notées dans la zone *Commentaires* de votre *Feuille de Relevés de Données*.

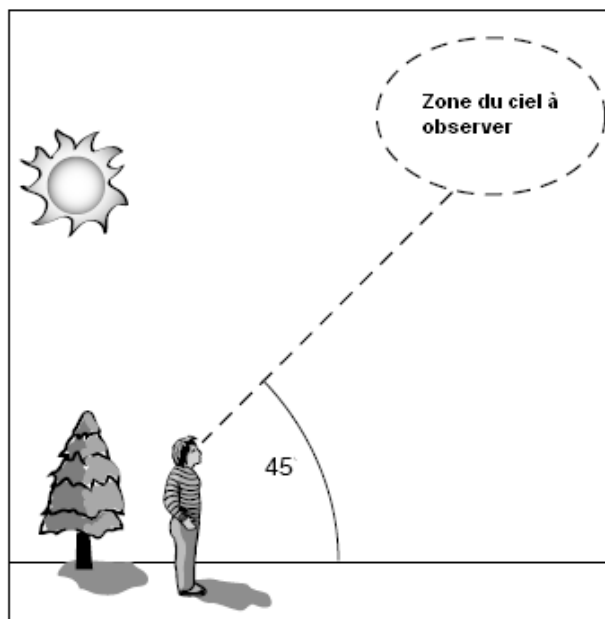
## 8. Informations sur les survols de satellites

Une partie facultative du *Protocole relative à la Vapeur d'Eau* concerne le recueil de données aux heures de passage de satellites au-dessus du site d'étude. Ceci est important pour des satellites sur des orbites basses mais pas pour des satellites sur des orbites géostationnaires aux hautes altitudes tel que GIFTS. Les informations sur les survols de satellites, comme les heures de ces survols et l'angle d'élévation maximal du satellite au-dessus de votre site peuvent être obtenues en ligne à:

<http://earthobservatory.nasa.gov/MissionControl/overpass.html>.

Il est même possible de trouver des informations sur les survols pour des satellites qui ne sont pas repris par nom sur ce site Internet. (Contacter l'Equipe Scientifique pour plus d'informations.) Etant donné que les mesures de vapeur d'eau requièrent la présence du soleil, seuls les survols de jour ont un quelconque intérêt. Quelque soit le jour, vous devriez toujours choisir le survol correspondant à la plus grande valeur de l'angle d'élévation du satellite. Lorsque cette valeur est de  $90^\circ$ , le satellite est directement au-dessus du site. Lorsque vous réalisez une mesure afin qu'elle corresponde avec un passage de satellite, veuillez noter le nom de l'instrument ou du satellite, l'heure de passage et l'angle d'élévation maximum sur votre *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*.

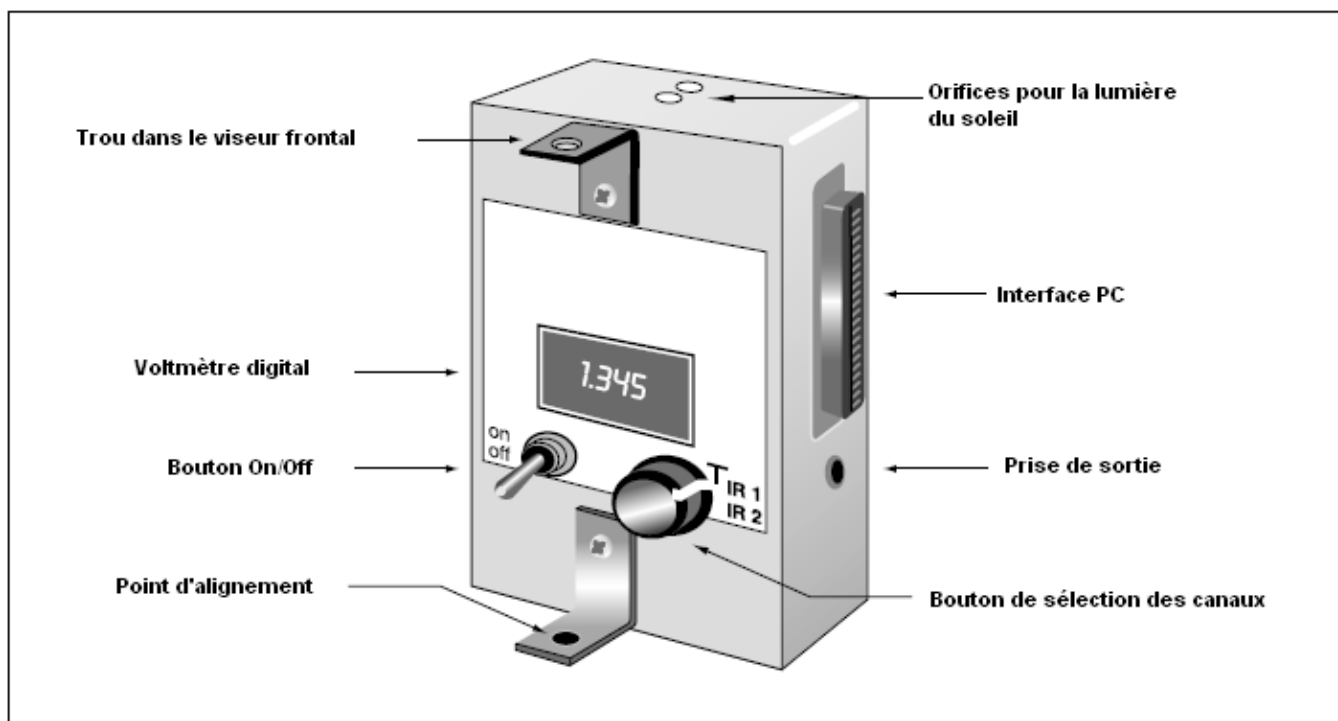
Figure AT-WV-6 : zone du ciel à observer





## Relevés des Données

Figure AT-WV-7: Parties de l'instrument de mesure de la vapeur d'eau GLOBE/GIFTS



## En Classe

Vous devriez vous familiariser avec les parties de l'instrument de mesure de la vapeur d'eau GLOBE/GIFTS présenté à la figure AT-WV-7. Vérifiez que vous avez tout le matériel requis et, si vous travaillez en équipe, que chaque membre de l'équipe comprenne bien son rôle. Ceci est particulièrement important si divers élèves participent à ces mesures à tour de rôle. Les informations concernant l'utilisation de l'interface PC peuvent être obtenues de la part de l'Equipe Scientifique.

Des essais pratiques peuvent être réalisés en intérieur en pointant votre instrument vers le soleil au travers d'une fenêtre, même si elle est fermée. (Les vraies mesures ne devraient pas être faites au travers d'une fenêtre fermée!). L'instrument de mesure de la vapeur d'eau devrait se trouver à température ambiante – environ 20-25 °C – avant de relever les données. Placez l'instrument dans un conteneur isotherme avant de l'emmener à l'extérieur.

## Sur le Terrain

Il est plus facile de recueillir des données si vous êtes à deux que si vous êtes tout seul. Si vous n'êtes pas familiarisés avec le protocole, divisez les tâches et faites plusieurs essais pratiques à l'extérieur avant de commencer à recueillir les vraies données avec votre instrument de mesure de la vapeur d'eau. Souvenez-vous que ces essais pratiques peuvent entraîner l'exposition de votre instrument à des températures chaudes ou froides pendant un grand laps de temps. Avant de prendre les vraies mesures, vous devez vous assurer que l'instrument est à nouveau à température ambiante, comme décrit au point 3 de la section Métadonnées de *Se Préparer pour la Prise de Mesures*.

### **Explication des Etapes du Guide de Terrain pour les Relevés de Données:**

1. Allumez l'instrument.
2. Tenez l'instrument devant vous de telle sorte à pouvoir lire le voltmètre numérique et à pouvoir garder le cercle du soleil aligné sur le point d'alignement arrière au travers du viseur avant.  
Il sera utile de coincer l'instrument contre vos genoux, le dos d'une chaise, une rampe ou tout autre objet fixe.
3. Placez le bouton tournant sur 'T', lisez la tension, multipliez-la par 100 et notez la température dans le champ 'température de boîtier' sur votre *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*.

Cette valeur représente la température de l'air à proximité des détecteurs LED à l'intérieur de l'instrument. Pour avoir les résultats les plus précis possible, cette température devrait être dans les 20-25 °C.

4. Placez le bouton de sélection en position IR1.

Le *Formulaire d'Entrée de Données* demande les mesures dans l'ordre IR1 puis IR2. Prenez toujours les mesures dans cet ordre.

5. Ajustez le pointage de votre instrument jusqu'à le cercle de la lumière du soleil passant au travers du viseur avant soit centré sur le point coloré d'alignement sur le viseur arrière.

Durant les 10 à 15 prochaines secondes, observez la tension affichée sur le voltmètre et notez la tension maximale dans le champ "tension de la lumière du soleil" de la *Feuille de Relevés de Données*. Les tensions vont fluctuer de quelques millivolts même si vous maintenez votre instrument parfaitement stable. Ceci provient des fluctuations réelles de l'atmosphère. N'essayez pas de moyennner ces tensions fluctuantes. Faites également attention à bien noter toutes les décimales affichées sur le voltmètre : 1.732 au lieu de 1.73, par exemple.

6. Notez aussi précisément que possible l'heure de la prise de mesures.

Prenez en compte les secondes. Une précision de 15-30 secondes est requise. Ceci est faisable même avec une montre analogique.

7. Tout en pointant votre instrument vers le soleil, cachez l'orifice pour la lumière du soleil avec votre doigt pour empêcher toute lumière de pénétrer à l'intérieur du boîtier. Notez la valeur dans la colonne 'tension obscure' de la *Feuille de Relevés de Données*.

8. Choisissez le canal IR2 et recommencez les étapes 5 à 7.

9. Répétez les étapes 4 à 8 au moins 2 fois et au plus 4 fois.

Ceci vous donnera entre 3 et 5 paires de mesures IR1/IR2. Souvenez-vous qu'il est important d'être constant au niveau de l'ordre dans lequel vous relevez ces données: IR1, IR2, IR1, IR2, IR1, IR2. Le temps entre les mesures n'est pas critique aussi longtemps que vous notez précisément l'heure de mesure. Cependant, en particulier s'il fait chaud ou s'il fait froid, il est important de réduire au maximum le temps totale de mesure afin de conserver la température à l'intérieur du boîtier de l'instrument la plus proche possible de la température de la pièce. Un jeu de 5 paires de données ne devrait pas prendre plus de 2 à 3 minutes à recueillir (20-30 secondes par valeur de tension). La *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau* a suffisamment d'espace pour accueillir jusqu'à 5 paires de mesures ; il est utile de relever plus de 3 paires, mais ce n'est pas indispensable.

10. Placez le bouton tournant sur 'T', lisez la tension, multipliez-la par 100 et notez la température dans le champ 'température de boîtier' sur votre *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*.

11. Eteignez l'instrument de mesure de la vapeur d'eau.
12. Prenez note de tout nuage dans les environs immédiats du soleil dans la section *Commentaires* de la *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*. Prenez note des types de nuages à l'aide de la *Charte des Nuages GLOBE*.
13. Faites les *Protocoles relatifs aux Nuages* et prenez note de vos observations sur la *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*.
14. Mesurez et notez la température de l'air à 0.5°C près en suivant un des protocoles relatifs à la température de l'air. Faites bien attention à ne pas toucher ou exhaler sur le thermomètre.

Utilisez un des protocoles repris au point 2 de la première partie de ce *Guide de Préparation en Classe*.

15. Réalisez le *Protocole relatif à l'Humidité Relative* et notez les résultats sur la *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*.

Si vous n'avez pas d'hygromètre numérique ou de psychromètre à fronde de disponible, **ne** remplissez **pas** le champ 'Humidité Relative' sur votre *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*. Dans ce cas, notez plutôt une valeur d'humidité relative obtenue à partir d'une source en ligne ou radiodiffusée dans la section *Commentaires* de votre *Feuille de Relevés de Données*.

16. Complétez la *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*.

Ceci inclut une valeur de pression barométrique (de préférence provenant d'une source en ligne notée dans la section *Commentaires*) comme décrit ci-dessus ainsi que tout autre commentaire additionnel.

# Relevés de Données pour le Protocole relatif à la Vapeur d'Eau

## Guide de Terrain

### Buts

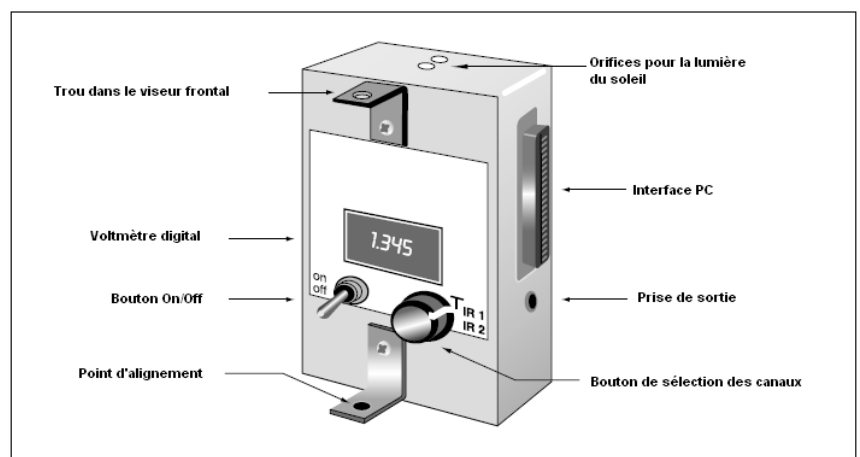
- Recueillir un jeu de valeurs de tensions maximales obtenues en pointant votre instrument de mesure de la vapeur d'eau vers le soleil.
- Notez l'heure précise de vos mesures.
- Observez et notez les conditions météorologiques, nuageuses et du ciel.

### Ce Dont Vous Avez Besoin

- Instrument de mesure de la vapeur d'eau GLOBE/GIFTS
- Crayon ou bic
- Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau
- Baromètre (facultatif)
- Montre, de préférence numérique, ou un récepteur GPS
- Thermomètre
- Hygromètre numérique ou psychromètre à fronde (facultatif)
- Charte des Nuages GLOBE
- Guides de Terrain pour les Protocoles relatifs aux Nuages, à la Température de l'Air, à la Pression Barométrique (facultatif) et à l'Humidité Relative.

### Sur le Terrain

1. Allumez l'instrument.
2. Tenez l'instrument devant vous de telle sorte à pouvoir lire le voltmètre digital et à pouvoir garder le cercle du soleil aligné sur le point d'alignement au travers du viseur avant.
3. Placez le bouton tournant sur 'T', lisez la tension, multipliez-la par 100 et notez la température dans le champ 'température de boîtier' sur votre *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*.
4. Placez le bouton tournant en position IR1.
5. Ajustez le pointage de votre instrument jusqu'à le cercle de la lumière du soleil passant au travers du viseur avant soit centré sur le point coloré d'alignement sur le viseur arrière.
6. Notez aussi précisément que possible l'heure de la prise de mesures.



7. Tout en pointant votre instrument vers le soleil, cachez l'orifice pour la lumière du soleil avec votre doigt pour empêcher toute lumière de pénétrer à l'intérieur du boîtier. Notez la valeur dans la colonne 'tension obscure' de la *Feuille de Relevés de Données*.
8. Choisissez le canal IR2 et recommencez les étapes 5 à 7.
9. Répétez les étapes 4 à 8 au moins 2 fois et au plus 4 fois.
10. Placez le bouton tournant sur 'T', lisez la tension, multipliez-la par 100 et notez la température dans le champ 'température de boîtier' sur votre *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*.
11. Eteignez l'instrument de mesure de la vapeur d'eau.
12. Prenez note de tout nuage dans les environs immédiats du soleil dans la section *Commentaires* de la *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*. Prenez note des types de nuages à l'aide de la *Charte des Nuages GLOBE*.
13. Faites les *Protocoles relatifs aux Nuages* et prenez note de vos observations sur la *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*.
14. Mesurez et notez la température de l'air à 0.5°C près en suivant un des protocoles relatifs à la température de l'air. Faites bien attention à ne pas toucher ou exhaler sur le thermomètre.
15. Réalisez le *Protocole relatif à l'Humidité Relative* et notez les résultats sur la *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*.
16. Complétez la *Feuille de Relevés de Données sur la Vapeur d'Eau*.

## Questions fréquentes

### **1. L'instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau utilise des diodes électroluminescentes (LEDs) comme détecteurs de la lumière du soleil. Qu'est-ce qu'une LED ?**

Une diode électroluminescente est un objet semi-conducteur qui émet de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique. Cet objet n'est en fait qu'un minuscule chip électronique qui fait une fraction de millimètre de diamètre. Ce chip sera placé soit dans un petit boîtier métallique avec un couvercle de verre d'environ 5mm de diamètre ou dans un cylindre en époxy d'environ 5mm de diamètre.

Le processus physique à l'origine de l'émission de lumière de la part des LEDs peut également fonctionner à l'envers. Lorsque de la lumière éclaire une LEDs, elle produit un très faible courant. L'électronique de votre instrument de mesure de la vapeur d'eau amplifie ce courant et le convertit en une tension.

Les LEDs peuvent être trouvées dans une large gamme d'instruments électroniques et de produits de consommation. Les LEDs les plus courantes émettent de la lumière visible – rouge, jaune, verte ou bleue. Les LEDs de votre instrument de mesure de la vapeur d'eau émettent (et réagissent) de la lumière infrarouge. Ce rayonnement est invisible à l'œil humain. Les transmetteurs et détecteurs LEDs sont couramment utilisés dans des objets de commande à distance communs qui sont souvent livrés avec des appareils électriques comme des TVs et des équipements audio.

### **2. Que mesure l'instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau?**

Comme indiqué à la question 1, la lumière solaire qui atteint les détecteurs de l'instrument crée un très faible courant électrique. Chaque détecteur répond à la lumière du soleil dans une bande de longueur d'onde étroite de l'infrarouge et différente d'un capteur à un autre. Lorsque le courant est amplifié, il crée une tension qui est proportionnelle à la quantité de lumière qui frappe le détecteur dans cette bande de longueur d'onde. La vapeur d'eau absorbe la lumière du soleil traversant l'atmosphère dans une des bandes de longueur d'onde mais pas dans l'autre. Votre instrument est calibré de manière à ce que le taux de vapeur d'eau dans l'atmosphère peut être reliée à un rapport de tensions des 2 canaux.

### **3. Qu'est-ce que le champ de vision de l'instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau et pourquoi est-il important?**

L'instrument de mesure de la vapeur d'eau est un photomètre solaire. L'équation qui décrit de manière théorique la méthode pour interpréter les mesures du photomètre nécessitent que l'instrument ne reçoive que de la lumière directe du soleil – c'est-à-dire, de la lumière qui arrive en ligne droite du soleil jusqu'au détecteur. Cette condition ne peut être vérifiée que partiellement car tous les photomètres solaires voient de la lumière diffusée du ciel autour du soleil.

Le cône de lumière visible par les détecteurs d'un photomètre est appelé le champ de vision et il est préférable que celui-ci soit aussi étroit que possible. Le champ de vision de l'instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau est d'environ 2.5 degrés, ce qui constitue un bon compromis entre les considérations pratiques issues de la construction d'un instrument à main et les besoins de précision pour les mesures. Le compromis de base est que plus le champ de vision est petit, plus l'instrument sera difficile à pointer vers le soleil. Les photomètres solaires les plus chers, avec des moteurs asservis pour aligner le photomètre avec le soleil, peuvent avoir des champs de visions d'1 degré ou moins. Cependant, des études ont montré que l'erreur provenant de champs de visions plus larges est négligeable vu les conditions d'utilisation normales de l'instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau.

### **4. Est-ce vraiment important d'empêcher l'instrument de mesure de la vapeur d'eau de se réchauffer ou de se refroidir pendant que je prends des mesures?**

Les détecteurs à LEDs de votre instrument sont très sensibles à la température et donc leur sorties seront légèrement influencées par la température. C'est pourquoi il est important de protéger votre instrument en l'empêchant de se réchauffer ou de se refroidir. Gardez-le à l'intérieur, à la température ambiante, lorsque vous ne prenez pas de mesures. Ne le laissez jamais dehors ou exposé directement au soleil pendant longtemps. Lorsque vous prenez des mesures, la température critique n'est pas celle de l'air extérieur, mais celle de l'air à l'intérieur du boîtier. Vous pouvez vérifier la température du boîtier en choisissant le canal 'T' de votre instrument. ( Multipliez la

tension par 100 pour obtenir la température en degrés Celsius). Cette température devrait être aux alentours de 20 degrés. Si cette température se trouve dans cette zone lorsque vous commencez à prendre des mesures, et si vous travaillez aussi vite que possible, la température à l'intérieur du boîtier ne devrait pas varier de plus d'un degré ou deux et vous pourrez alors minimiser les effets indésirables de la température.

### **5. J'ai laissé tombé l'instrument de mesure de la vapeur d'eau. Que dois-je faire ?**

Heureusement, les composants à l'intérieur de votre instrument sont très robustes et donc ils devraient avoir survécu à la chute. Si vous avez en plus fait une enveloppe isotherme pour votre instrument, il sera très bien protégé. Cependant, vérifiez quand même le boîtier pour voir s'il y a des fissures. Même si le boîtier est fissuré, il pourrait être OK. En particulier, vérifiez que la pile est toujours bien attachée aux contacteurs. Si les viseurs ont bougé ou sont flottants, vous devriez renvoyer l'instrument à l'Equipe Scientifique pour le faire recalibrer.

### **6. Comment puis-je savoir si mon instrument de mesure de la vapeur d'eau fonctionne correctement?**

Lorsque vous allumez votre instrument sans le pointer vers le soleil, vous devriez mesurer une tension continue assez faible de quelques millivolts tout au plus. Lorsque vous pointez votre instrument directement vers le soleil, la tension devrait atteindre une valeur de 0.5 à 2V. Si vous n'observez pas ces changements de tensions lorsque vous pointez votre instrument vers le soleil, alors il ne fonctionne pas.

La raison la plus probable pour le mauvais fonctionnement d'un instrument de mesure de la vapeur d'eau est que le niveau de la pile est trop bas pour toute l'électronique. Comme indiqué dans la procédure de remplacement de la batterie (voir *Protocole relatif aux Aérosols*), vous devriez remplacer la pile si sa tension (l'instrument étant allumé) tombe en dessous de 7.5V. Vous devriez tester la pile 3 à 4 fois par an à moins que vous ne sachiez que l'instrument a été laissé allumé par inadvertance pendant longtemps.

Le fait de changer la batterie ne modifiera pas la calibration de l'instrument. Si vous remplacez la pile et que l'instrument ne marche toujours pas, contactez GLOBE pour plus d'aide.

### **7. Est-ce que je peux fabriquer mon propre instrument de mesure de la vapeur d'eau?**

Oui. Vous pouvez acheter un kit GLOBE/GIFTS de base pour mesurer la vapeur d'eau. Pour construire l'appareil, vous aurez besoin de souder quelques composants électroniques ce qui requiert certaines compétences à apprendre de la part de quelqu'un qui l'aura déjà fait auparavant. Vous pouvez prendre des mesures aussitôt l'appareil assemble. Cependant, vous devrez à un moment donné envoyer votre instrument de mesure de la vapeur d'eau à l'Equipe Scientifique GLOBE pour le calibrer avant que vos données ne soient acceptées et introduites dans l'Archive des Données GLOBE.

### **8. Quelle est la précision des mesures prises avec l'instrument GLOBE de mesure de la vapeur d'eau?**

C'est une question difficile dont la réponse fait actuellement l'objet de nombreuses recherches. Contrairement à d'autres types de mesures GLOBE, il n'y a pas de norme établie faisant office de référence à laquelle comparer ces mesures. Toute mesure du taux global de vapeur d'eau dans l'atmosphère est sujette à des erreurs et des incertitudes. La calibration de l'instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau dépend de mesures faites à l'aide d'autres techniques. Et donc, sa précision dépend de la précision de ces autres techniques. Certaines autres mesures de la vapeur d'eau par photomètre solaire ne permettent pas d'avoir une meilleure précision que 10%. Même si cela peut sembler être une erreur importante, c'est suffisant pour pouvoir être utile pour l'amélioration de la compréhension de la distribution et du transport de la vapeur d'eau.

### **9. De quelle manière l'eau précipitable est-elle reliée à d'autres propriétés atmosphériques mesurables au sol?**

Par définition même, il n'est possible d'induire la quantité d'eau précipitable (EP) directement et précisément à partir d'autres mesures prises au niveau du sol. Si c'était possible, nous n'aurions pas besoin d'un instrument de mesure de la vapeur d'eau ! Cependant, les scientifiques ont depuis longtemps compris qu'il existe une relation approchée entre l'EP et la température du point de rosée à la surface – la température de l'air à laquelle l'humidité relative serait de 100%. Il y a à peu près 40 ans, C. H. Reitan [Surface Dew Point and Water Vapor Aloft, *J. Applied*

*Meteorology* 2, 776-779, 1963] a déterminé la relation empirique suivante :

$$\ln(EP) = 0.1102 + 0.0614T_d$$

où  $\ln(EP)$  est le logarithme népérien de l'eau précipitable exprimée en centimètres et  $T_d$  est la température du point de rosée exprimée en degrés Celsius. Etant donné que la relation entre l'EP et la température de point de rosée n'est qu'approchée, elle ne peut se substituer à une vraie mesure de l'EP. La vérification de cette relation peut faire l'objet d'un bon sujet de recherche pour des élèves avancés d'écoles secondaires.

**10. Est-ce que mon instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau peut servir à mesurer l'épaisseur optique d'aérosols aux longueurs d'onde infrarouges?**

Cette question peut vous venir à l'esprit si vous faites également le *Protocole GLOBE relatif aux Aérosols*. L'instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau n'est rien d'autre qu'un photomètre solaire qui a été calibré d'une certaine manière pour mesurer la vapeur d'eau de l'atmosphère. Cependant, il peut aussi être calibré comme photomètre solaire utilisable pour mesurer l'épaisseur optique d'aérosols à deux longueurs d'onde proches de l'IR. Vous pouvez continuer à utiliser le même instrument pour également mesurer la vapeur d'eau. En règle générale, vous ne serez pas capable de réaliser vous-mêmes cette calibration. Si ce projet vous intéresse, vu qu'il est très intéressant, veuillez contacter l'Equipe Scientifique.



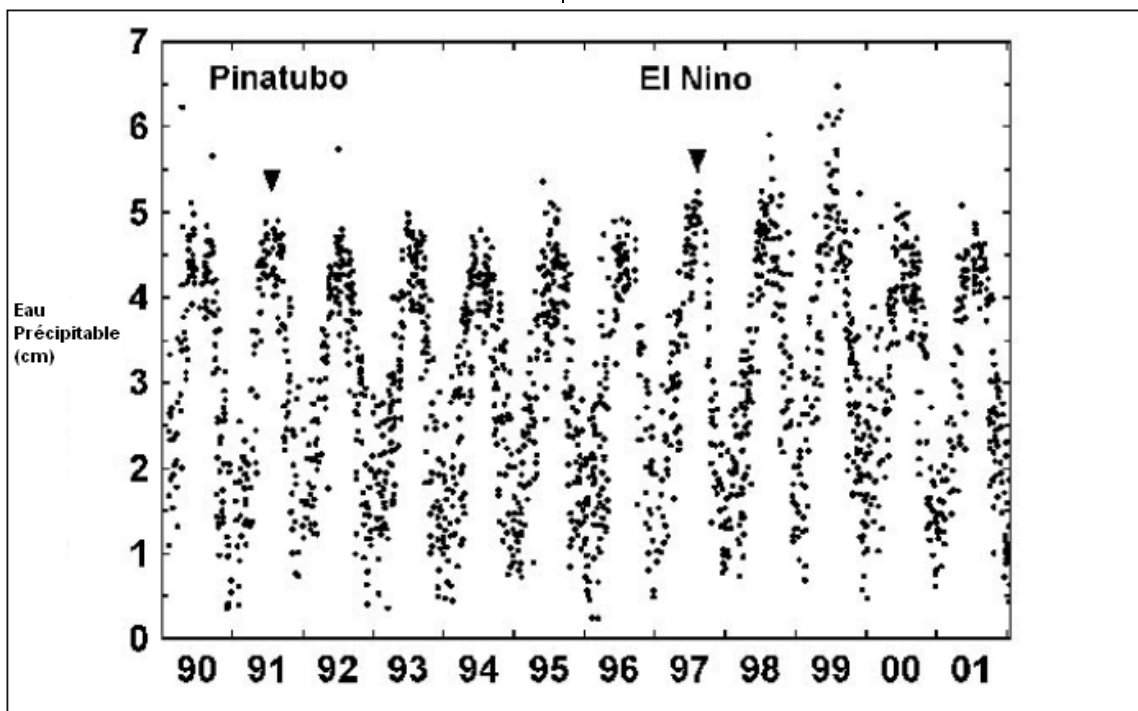
## Protocole relatif à la Vapeur d'Eau – Vérifier les Données

Les mesures de tensions de l'instrument GLOBE/GIFTS de mesure de la vapeur d'eau devraient se trouver dans la gamme 0.5 – 2V et les mesures de tensions obscures ne devraient n'être que de quelques millivolts. S'il y a de grandes différences dans un même jeu de 3 à 5 mesures de tensions pour les canaux IR1 et IR2, cela peut indiquer la présence de nuages de type cirrus ou autres se déplaçant devant le soleil lors des observations.

En règle générale, l'eau précipitable (EP) varie de quelques dixièmes de centimètres à quelques centimètres. Sur des sites en altitude dans des zones arides, l'EP peut approcher 0. L'EP est rarement au-dessus de 6 cm. De plus grandes valeurs peuvent indiquer la présence de cirrus devant le soleil lors des mesures. Si un instrument fournit régulièrement des mesures qui se situent en dehors de la plage normale des valeurs, cela indique un dysfonctionnement de l'instrument (p.ex. la pile doit être remplacée ou l'instrument recalibré). Des valeurs négatives d'EP sont physiquement impossibles et indique un sérieux problème au niveau de l'instrument ou de la compréhension de la prise de mesures de la part de l'observateur.

Figure AT-WV-8: Variation Saisonnière de l'EP à l'Observatoire de Geronimo Creek, Seguin, Texas, USA

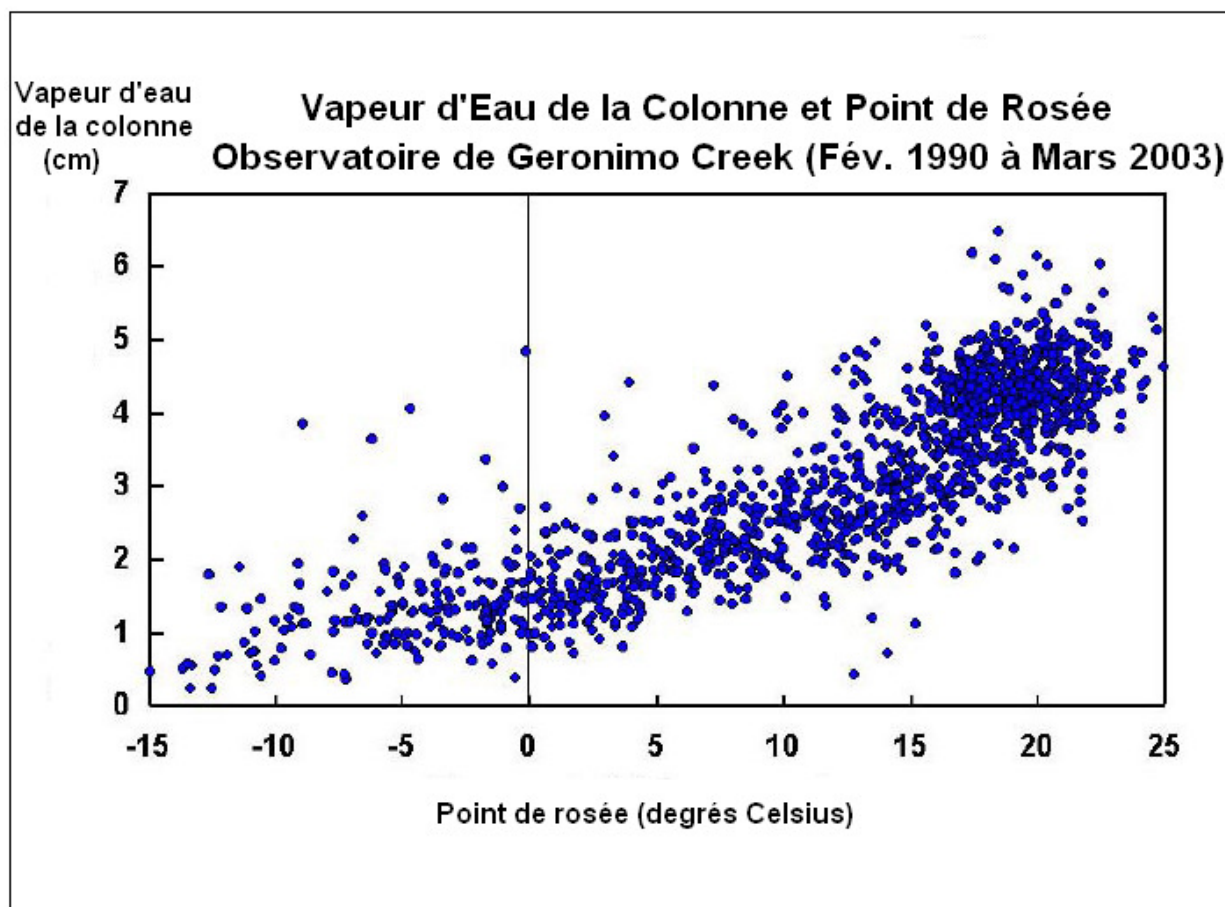
Dans des climats tempérés, la caractéristique principale de l'EP est son cycle saisonnier bien démontré. Ceci est visible dans un jeu de mesures EP sur 12 ans prises par Forrest Mims à son observatoire à Seguin, au Texas (USA), à l'aide d'un instrument à base de LEDs semblable à l'instrument GLOBE/GIFTS. [Voir Mims, Forrest M. III, An inexpensive and stable LED sun photometer for measuring the water vapor column over South Texas from 1990 to 2001, *Geophys. Res. Lett.* 29,13, pp 20-1– 20-4,2002.] Il est clair d'après la figure AT-WV-8 que les valeurs d'EP sont plus importantes en été qu'en hiver. Les mesures d'EP prises par des élèves dans des climats tempérés devraient présenter ce type de cycle saisonnier. Gardez à l'esprit que des éruptions volcaniques majeures, comme celle du Mont Pinatubo, et les phénomènes climatiques de type El Niño peuvent influencer ce cycle saisonnier. Les mesures faites sous d'autres types de climats, comme des régions tropicales qui présentent des saisons humides et sèches, devraient exhiber des cycles d'EP reliés à ces saisons. Les valeurs d'EP sur des sites d'étude à haute altitude seront plus faibles que celles sur des sites plus proches du niveau de la mer. (Contrairement à la pression barométrique par exemple, et comme l'épaisseur optique d'aérosols, les valeurs d'EP ne sont pas 'normalisées' au niveau de la mer ; elles représentent les quantités réelles de vapeur d'eau dans l'atmosphère au-dessus du site d'observation).



Il peut sembler logique que l'EP soit reliée à l'humidité relative. En réalité, la corrélation entre la quantité de vapeur d'eau dans toute l'atmosphère et l'humidité relative, une mesure prise près de la surface de la Terre, est très faible. Cependant, sous de nombreuses conditions météo, l'EP peut être reliée à un autre paramètre météorologique de surface : la température du point de rosée. C'est-à-dire, la température à laquelle l'humidité relative serait de 100%. Donc, lorsque l'humidité relative est inférieure à 100%, la température du point de rosée est inférieure à celle de l'air. Plus de détails sont données dans le *Protocole relatif à l'Humidité Relative*. La température du point de rosée ne fait habituellement pas partie des bulletins météo 'grand public', mais est malgré tout donnée sur le site Web de GLOBE : La Figure AT-WV-9 montre l'EP en fonction de la température du point de rosée pour des données recueillies sur 13 ans par Forrest Mims à l'Observatoire de Geronimo Creek, Seguin, Texas, USA.

Bien que la relation entre l'EP et le point de rosée soit intéressante, la figure AT-WV-9 montre clairement que vous ne pouvez pas utiliser le point de rosée en remplacement de la mesure de la vapeur d'eau atmosphérique (Sinon, ce protocole n'aurait aucune utilité !). La relation entre le point de rosée et la vapeur d'eau ne tient plus la route lorsque le temps change rapidement – lors du passage d'un front froid par exemple.

Figure AT-WV-9



# Protocole optionnel relatif à la pression barométrique



<p><b>Objectif général</b> Mesurer la pression de l'air</p> <p><b>Objectif spécifique</b> Les élèves relèvent la pression atmosphérique avec un baromètre ou un altimètre.</p> <p><b>Compétences</b> Les élèves acquièrent une meilleure compréhension du fonctionnement du baromètre et de l'altimètre, ainsi que des variations de pressions atmosphériques et des changements futurs sur le temps que cela signifie. Les élèves apprennent que l'air a un certain poids.</p> <p><b>Concepts scientifiques</b> <i>Sciences de la Terre et de l'Espace</i> Le temps peut être décrit par des mesures quantitatives. Le temps change d'un jour à l'autre et selon les saisons. Le temps varie sur des échelles spatiales locales, régionales et globales.</p> <p><i>Phénomènes Atmosphérique</i> La pression de l'air est une mesure du poids de l'atmosphère par unité d'aire. Les variations de la pression barométrique peuvent être utilisées pour prédire le temps.</p>	<p><b>Compétences scientifiques</b> Utiliser un altimètre ou un baromètre pour mesurer la pression barométrique. Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse. Utiliser l'outil mathématique pour analyser les données. Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves. Communiquer les procédures, les descriptions et les prédictions.</p> <p><b>Durée</b> 5 minutes</p> <p><b>Niveau</b> Tout niveau</p> <p><b>Fréquence</b> Une fois par jour, aux alentours de midi (heure solaire) ou approximativement au même moment que les mesures d'aérosols si la valeur de la pression atmosphérique est celle utilisée dans le <i>protocole relatif aux aérosols</i>.</p> <p><b>Matériel et instruments</b> Un baromètre anéroïde ou un altimètre. Une feuille de relevé de données atmosphériques.</p> <p><b>Pré requis</b> Aucun</p>
--	---

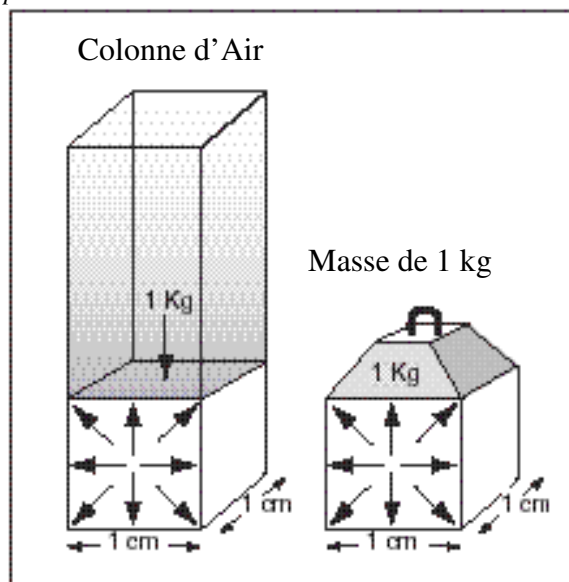
# Protocole optionnel relatif à la pression barométrique – Introduction

L'air est constitué de molécules d'azote, d'oxygène, d'argon, de vapeur d'eau, de dioxyde de carbone et d'autres gaz. Parce que ces gaz ont une certaine masse, l'air est attiré vers le centre de la Terre par gravité. La gravité, c'est la force responsable de notre poids. De la même façon, l'air a un certain poids. Plus la masse d'air dans la colonne au-dessus d'une surface de terrain particulière sera grande, et plus l'air pèsera lourd.

La pression est définie comme la force agissant sur une unité d'aire. La pression atmosphérique est le poids (force) de l'air agissant sur chaque unité de surface au sol. (l'unité d'aire peut être le mètre carré ou le centimètre carré – en d'autres mots, n'importe quelle unité qui sert à mesurer des surfaces). La pression atmosphérique terrestre est d'environ 1 Kg/cm<sup>2</sup>.

Que se passe-t-il au niveau de la pression atmosphérique ou barométrique ? Imaginez un petit cube d'air posé sur la surface de la Terre. Au-dessus, il y a une colonne d'air attiré vers cette surface par gravité. La force qui s'exerce sur ce cube d'air est égale au poids de la colonne d'air au dessus. L'air du cube transmet cette force dans toutes les directions, appuyant verticalement sur la surface de la Terre et horizontalement sur l'air situé autour. (voir figure AT-PR-1).

Figure AT-PR-1 : A Colonne d'air avec changement de pression



C'est la pression atmosphérique ou barométrique, qui est mesurée suivant ce protocole.

Vous pouvez l'imaginer en pensant à l'air contenu dans un ballon. Quand vous gonflez un ballon, vous le remplissez d'air jusqu'à ce qu'il y ait assez de pression pour donner au ballon la rigidité que vous désirez. L'air contenu dans le ballon appuie sur la surface de la même manière dans toutes les directions. Quand vous appuyez d'un côté du ballon en shootant dedans, l'air à l'intérieur répartit la pression dans toutes les directions également.

Il y a des siècles, des scientifiques comme Galilée, l'évêque Torricelli et Benjamin Franklin se demandaient comment les variations de pression atmosphérique d'un jour à l'autre étaient reliées aux tendances climatiques qu'ils observaient. On doit à Benjamin Franklin, par exemple, des observations reliées aux mouvements des systèmes basse pression (orages) sur la côte Nord Est des Etats-Unis, en comparant les observations climatiques de son journal à Philadelphie avec ceux de ses amis à New York et Boston.

Les météorologues savent depuis longtemps que les hautes pressions apportaient généralement le beau temps, et que les basses pressions étaient associées au mauvais temps – bien que la plupart des météorologues aiment le « mauvais temps » car c'est à ce moment que le temps est le plus intéressant !

Un baromètre « en baisse » indique généralement une détérioration du temps. Un baromètre « en hausse » indique souvent une amélioration du temps.

Des observations quotidiennes de la pression barométrique vous seront utiles, pour commenter d'autres observations météorologiques. Vous allez peut-être pouvoir remarquer à quel point les changements de pression d'un jour à l'autre sont liés aux autres observations météorologiques. En particulier, vous allez pouvoir remarquer que le type de nuage et le nombre de nuages ont une influence sur les enregistrements de pressions, que les valeurs élevées de précipitations sont liées aux basses pressions, et que durant les périodes sèches, le baromètre affiche des valeurs de pressions très élevées.

Il y a généralement 2 manières d'exprimer une pression barométrique. La première est la pression statique barométrique, la pression réelle relevée sur un site. Comme la pression barométrique varie avec l'altitude, il est difficile de suivre la trace des mouvements climatiques en comparant les valeurs des pressions en station sur des sites situés à des altitudes différentes. Par conséquent, les pressions sont généralement exprimées au niveau de la mer, ce qui représente la pression équivalente qui serait relevée si le site était situé au niveau de la mer. Convertir la pression en pression au niveau de la mer implique d'appliquer une correction pour compenser les effets de l'altitude du site où la pression est relevée. Par conséquent, quand on compare les pressions au niveau de la mer de différents sites, les altitudes de ces sites n'ont aucune importance et les variations de pression reflètent directement les changements du front climatique.

Pour interpréter les mesures d'aérosols, d'ozone et de vapeur d'eau, il faut connaître la pression atmosphérique, soit à partir de votre baromètre, soit à partir d'une autre source fiable.

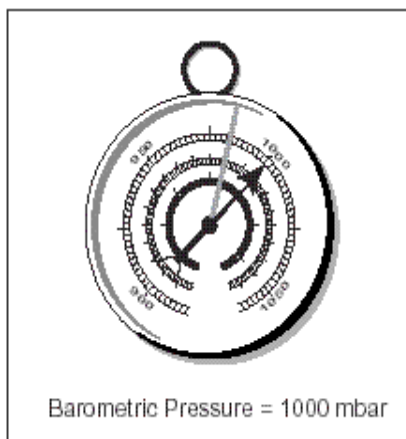
## Support pour l'enseignant

### Le baromètre anéroïde et l'altimètre

Un dispositif qui peut être utilisé pour mesurer la pression atmosphérique est appelé un *baromètre*.

La manière standard de mesurer la pression est d'utiliser un baromètre au mercure très sensible aux variations, mais il reste assez cher, et le mercure est toxique. Pour rendre la prise de mesures de pressions plus abordable, le baromètre anéroïde a été développé. La figure AT-PR-2 montre un baromètre anéroïde typique.

Figure AT-PR-2 : Baromètre Anéroïde



Le baromètre contient un soufflet extensible. Le soufflet change de taille quand la pression de l'air change. Quand la pression de l'air est élevée, le soufflet est comprimé et quand la pression de l'air est basse, le soufflet gonfle. Le soufflet est attaché à une aiguille qui se déplace sur une échelle, et le baromètre lit donc les changements quand la pression de l'air change.

La plupart des baromètres anéroïdes seront utiles pour les écoles situées à moins de 500 mètres d'altitudes. Pour les écoles situées plus haut, un altimètre qui permet de lire en même temps la pression barométrique est recommandé. Les météorologues ont l'habitude de convertir les valeurs de la pression de l'air obtenues en station en pression au niveau de la mer, de manière à ce que les variations horizontales de pression qui sont importantes pour tout ce qui concerne le vent et les comportements du temps, soient plus facilement lisibles. Pour obtenir plus d'informations se reporter à *Calibrer votre baromètre*.

### Unités de pression atmosphérique

Les scientifiques qui utilisent des baromètres au mercure relèvent la pression atmosphérique avec la hauteur de la colonne de mercure (en mm), avec pour valeur moyenne au niveau de la mer 760 mm de mercure. Une autre unité de mesure pour la pression atmosphérique, le Pascal, se réfère au fait que la pression est une mesure de force par unité de surface. La pression standard au niveau de la mer est de 101 325 Pascals (Pa), ou 1013 hectopascals (hPa) (1hPa = 100 Pa). Les hectopascals et les millibars (mbar) sont des unités de mesures équivalentes. Le millibar dérive d'une unité de force de dyne par centimètre carré. Les valeurs typiques de pression de l'air au niveau de la mer varient entre 960 mbar pour des conditions très orageuses et 1050 mbar environ pour des conditions de vraiment fortes hautes pressions.

Lorsque vous montez en altitude, il y a moins d'air autour de vous. Cela signifie moins de masse et moins de poids appuyant sur la surface. La pression atmosphérique diminue donc quand vous montez dans l'atmosphère, et des sites élevés en altitudes ont des valeurs de pressions plus faibles que les sites situés plus bas. Pour avoir une bonne approximation de ce phénomène, à chaque augmentation de 100 mètres dans l'atmosphère, la pression diminue de 10 mbar environ.

Cette approximation est correcte jusqu'à 3000 mètres au dessus du niveau de la mer. Si votre site se situe à 1000 mètres d'altitude, votre pression normale sera approximativement comprise entre 860 et 950 mbar.

### **Comment placer un baromètre anéroïde ou un altimètre**

Avec GLOBE, nous utilisons un baromètre anéroïde standard ou un altimètre. Il doit être monté soigneusement sur un mur dans la classe, comme la pression de l'air est la même à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment. Il ne doit pas vibrer ni être secoué. Il doit être placé à une hauteur où les élèves pourront lire les mesures avec précision. Le baromètre doit d'abord être calibré à partir d'une valeur standard, soit en appelant une agence locale gouvernementale pour lui demander, soit en suivant les instructions données dans *Calibrer votre baromètre*. Votre baromètre doit être recalibré au moins tous les 6 mois.

### **Questions pour aller plus loin**

Après avoir enregistré vos mesures de pression pendant un mois, faites un graphique de vos observations de pression, et ajoutez également les précipitations quotidiennes. Voyez vous un lien entre ces observations ?

Existe-t-il un lien entre vos informations du protocole *Nuage* et la pression barométrique ?

Utilisez les informations de pression ajustée au niveau de la mer d'autres écoles du programme GLOBE pour voir si vous pouvez identifier les zones de hautes et basses pressions à une date donnée. A quel point vos découvertes concordent-elles avec les cartes météorologiques de votre journal local ou de n'importe quelle autre source ?

### **Calibrer votre baromètre**

Quand vous recevez votre baromètre, il aura certainement été calibré à l'usine. Cependant, il est nécessaire de le calibrer vous-même avant de l'installer. D'abord, observez votre baromètre : il doit y avoir très probablement deux échelles différentes, une en millibars (ou hectopascals) et une en millimètres de mercure. Toutes vos mesures pour GLOBE doivent être rapportées en millibars ou hectopascals (souvenez-vous, ces deux unités sont équivalentes).

Il y a une aiguille qui peut être fixée sur la lecture du jour – vous devez le faire chaque jour, après la prise de mesure. Quand vous prendrez la mesure le lendemain, l'aiguille fixée du baromètre vous indiquera la mesure de la veille, et vous pourrez instantanément comparer les deux valeurs pour voir si la pression est plus ou moins élevée que la veille!

Pour calibrer votre baromètre, vous devez trouver une source locale d'information sur le temps fiable, qui vous fournira des mesures de pression. Un service météorologique ou une antenne de Météo France, un bureau d'information agricole, un journal, une radio, une télévision sont autant de sources qui peuvent vous servir ici.

Vérifiez bien que ce que vous lisez est exprimé au niveau de la mer. Si l'unité de la pression qui est lue n'est pas le millibar ou l'hectopascal, vous aurez besoin de convertir votre mesure en utilisant les facteurs donnés ci-dessous.

### **Conversion des unités de pression**

Que faire si mes unités de pression ne sont pas le millibar ou l'hectopascal ?

Cela arrive fréquemment à beaucoup d'endroits, selon la source d'information pour la calibration. Utilisez la table pour convertir en millibars votre pression à partir des unités données ci-dessous :

<b>Conversion</b>	<b>Multipliez par</b>
Pouces de mercure	33,86
Centimètres de mercure	13,33
Millimètres de mercure	1,333
Kilopascals	10
Pascals	0,01

Une fois que vous avez une mesure précise de pression atmosphérique au niveau de la mer, en millibars ou en hectopascals, réinitialisez votre baromètre avec votre mesure de pression, en utilisant une petite vis de réglage située à l'arrière du baromètre (cela ne doit être fait que par le professeur).

Le baromètre affichera la pression de votre site comme pression au niveau de la mer de manière précise, dans la limite de l'échelle de votre baromètre. Si vous déplacez votre baromètre sur un site, situé à une altitude différente, vous aurez besoin de recalibrer votre baromètre, en fonction de la pression au niveau de la mer de ce nouveau site.

# Protocole optionnel relatif à la pression barométrique

## Guide de laboratoire

### ***But***

Mesurer la pression barométrique.

Réinitialiser l'aiguille fixée du baromètre à la valeur de pression barométrique du jour.

### ***Ce dont vous avez besoin***

- Un baromètre anéroïde ou un altimètre correctement monté.
- La feuille de mesure Recherche atmosphérique ou la feuille de mesure Aérosols ou la feuille de mesure Ozone.
- Un stylo ou un crayon.

### **Dans la classe :**

1. Relever le jour et l'heure sur la feuille de mesure Atmosphère. (Sauter cette étape si vous utilisez une feuille de mesure Aérosols, Ozone ou Vapeur d'eau.)
2. Donner doucement des petits coups sur la partie en verre du baromètre anéroïde pour stabiliser l'aiguille.
3. Lire le baromètre au 0.1 millibars (ou hectopascal) près.
4. Noter cette mesure en tant que pression du jour.
5. Fixer « l'aiguille fixe » du baromètre sur la pression relevée.

## Questions fréquentes

### 1. Si nous oublions de relever la pression barométrique pendant un jour ou plus (un week-end, des vacances, un jour fériés...), peut on encore relever la pression aujourd'hui ?

Oui, vous reportez uniquement la pression du jour, donc s'il vous plaît faites-le le plus souvent possible.

### 2. Je ne comprends vraiment pas la différence entre la pression barométrique sur un site, et la pression barométrique au niveau de la mer.

Comme les stations climatiques sont réparties sur toute la planète à différentes altitudes, et comme la pression diminue rapidement avec l'altitude, les météorologues ont besoin d'un moyen de cartographier les variations de pression horizontale, en utilisant une altitude de référence constante. Le meilleur moyen d'y parvenir est de convertir toutes les pressions mesurées en pression au niveau de la mer. Avec GLOBE, les pressions barométriques sont reportées en tant que pressions au niveau de la mer, mais on peut y avoir accès et les visualiser soit comme pressions en station, soit comme pressions au niveau de la mer. La base de données est capable de faire les corrections pour compenser les effets de l'altitude.

### 3. Dans la version 2002 du protocole optionnel de pression barométrique, nous devons reporter, pour GLOBE, les valeurs de la pression en station. Pourquoi cela a-t-il changé ?

A l'origine, GLOBE demandait les valeurs de pression en station, puisque c'était sous cette forme qu'elles étaient utilisées pour analyser les résultats des aérosols. Cependant, nous avons réalisé que cela était préjudiciable pour les élèves, puisque les pressions au niveau de la mer permettent d'observer directement les mouvements orageux. Utiliser les pressions en station rend la lecture pour le calibrage difficile car ces informations sont généralement données sous la forme de pression au niveau de la mer. Par conséquent, nous avons opté pour un système où la pression au niveau de la mer est la manière standard d'exprimer la pression barométrique pour GLOBE.

### 4. Que faire si j'ai envie de connaître la pression en station à partir de la pression au niveau de la mer ?

Pour convertir une pression au niveau de la mer en pression en station, tu as besoin de connaître ton

altitude par rapport au niveau de la mer (voir le protocole GPS) et la température à ce moment en station. Une estimation de la température suffit, si vous ne pouvez pas la mesurer.

Cette conversion fait appel à l'une des premières leçons de science atmosphérique, c'est-à-dire la théorie selon laquelle la pression décroît exponentiellement avec l'altitude et que cette diminution est caractérisée par une distance appelée échelle d'altitude. Certains élèves pourront vouloir aller plus loin en utilisant des tables atmosphériques. Ce qui suit est la formule pour convertir une pression au niveau de la mer en pression en station, ainsi que l'origine de la constante qui entre en jeu (c'est-à-dire l'échelle d'altitude).

$$\text{Pression de la station} = \text{Pression au niveau de la mer} \times e^{-\text{altitude} / (\text{température} \times 29.263)}$$

Où

Pression en station = la pression barométrique à votre altitude en millibars (hectopascals)

Pression au niveau de la mer = la pression équivalente au niveau de la mer en millibars (hectopascals)

Altitude = l'altitude de votre station en mètres

Température = la température du moment en degrés Kelvin (°K)

Température (°K) = température (°C) + 273.15

La constante 29.263 est en mètre par degré Kelvin (m/°K)

$$29.263 \text{ (m/°K)} = \frac{1000(g / kg) \times R}{M \times g}$$

R est la constante molaire des gaz parfaits (= 8.314 Joules par moles et par degré Kelvin)

1000 provient de la conversion de kilogrammes en grammes (1 joule = 1kg m<sup>2</sup>/sec<sup>2</sup>)

M<sub>air</sub> est la masse molaire de l'air (= 28.97 grammes par mole)

g est l'accélération de la gravité à la surface de la Terre (=9.807 kg/ sec<sup>2</sup>)

Si vous multipliez la constante (29.263) par la température de 0°C, vous obtenez la valeur de 7993 mètres, soit approximativement 8 km. C'est l'échelle d'altitude de l'atmosphère terrestre, sous des conditions standard. (comme données dans l'US standard atmosphère).



Une conversion simplifiée, qui ne peut être utilisée que si le site est à moins de quelques centaines de mètres d'altitude, est :

$$\text{Pression en station} = \text{Pression au niveau de la mer} - (\text{altitude})/9.2$$

Le facteur correctif 9.2 dans la formule ci-dessus est très proche de la variation d'altitude correspondante à une variation de pression d'un millibar, d'après l'US standard atmosphère.

### **5. Pourquoi devons nous modifier tous les jours la position de « l'aiguille fixe » ?**

« L'aiguille fixe » est utilisée pour connaître la pression mesurée la veille. En l'utilisant, tu peux immédiatement comparer la pression actuelle et celle de la veille. Par exemple, si la pression est plus basse aujourd'hui, tu peux te demander si le temps n'est pas plus orageux ?

### **6. Quel est le degré de précision obtenue avec ces mesures, comparé à celles obtenues avec des baromètres à mercure ?**

Les baromètres anéroïdes actuels ne sont pas aussi précis en général que les baromètres à mercure bien étalonnés. Il y a des baromètres électroniques qui fournissent des mesures très précises, mais les instruments relativement bon marché utilisés pour GLOBE ont la précision suffisante pour nos mesures de pression. (à 3 ou 4 millibars près).

### **7. Pourquoi la pression diminue-t-elle toujours avec l'altitude dans l'atmosphère ?**

La pression est une mesure de la masse d'atmosphère autour de toi (l'air a une masse !), et quand tu montes en altitude, il y a moins d'air autour de toi, donc la pression est plus faible.

### **8. Pourquoi les écoles qui participent à GLOBE et qui sont situées à haute altitude doivent utiliser un altimètre ?**

La plupart des baromètres anéroïdes sont faits pour être utilisés à des niveaux proches du niveau de la mer. Les altimètres sont des baromètres anéroïdes particuliers faits pour être utilisés à haute altitude (y compris dans les avions). A partir de 500 mètres au dessus du niveau de la mer, la pression atmosphérique ne dépassera pas en général 1000 mbar et ne descendra jusqu'à 900 mbar qu'en cas d'orage violent. La plupart des baromètres anéroïdes, cependant, ne peuvent pas prendre de mesures sous 950 mbar.

# Protocole de mesure de l'humidité relative.



## Objectif général

Mesurer l'humidité relative d'un site atmosphérique donné.

## Objectif spécifique

**Psychromètre à fronde :** Les élèves doivent vérifier que le niveau d'eau est suffisamment élevé pour y immerger le réservoir d'un des deux thermomètres et ils doivent lire la température du thermomètre sec. Puis, pendant 3 minutes, ils secouent les deux thermomètres pour lire la valeur du thermomètre mouillé. L'humidité relative est déterminée à partir de la comparaison des deux valeurs mesurées avec une table de référence ou une règle de calcul.

**Hygromètre digital :** Les élèves placent l'hygromètre digital dans un abri et lisent la valeur affichée après au moins 30 minutes.

## Compétences

Les élèves apprennent à mesurer une humidité relative, et comprennent qu'il existe une limite à la quantité de vapeur d'eau que peut contenir une masse d'air atmosphérique donnée.

Les élèves comprennent mieux le fonctionnement de la pluie, des chutes de neige et des phénomènes de précipitations.

## Concepts scientifiques

*Sciences de la Terre et de l'Espace*

Le temps peut être décrit par des mesures quantitatives.

Le temps varie d'un jour à l'autre et selon la saison.

Le temps varie sur des échelles spatiales locales, régionales et mondiales.

La teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère est limitée par sa température et sa pression. Cette vapeur d'eau provient de l'évaporation de l'eau de la surface terrestre et de la transpiration des plantes.

C'est la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique qui provoque les précipitations.

L'équilibre thermique de l'atmosphère est régi par la condensation et l'évaporation.

*Les sciences Physique*

La matière existe sous différents états.

## Géographie

La vapeur d'eau atmosphérique affecte les caractéristiques du système géographique physique.

## Compétences scientifiques

Utilisation d'un hygromètre, d'un psychromètre à fronde. Utilisation d'un thermomètre pour mesurer la température.

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Conception et conduite d'investigations scientifiques.

Utiliser l'outil mathématique pour analyser les données.

Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.

Identification et analyse des différentes hypothèses.

Communiquer les résultats et les explications.

## Durée

5 minutes (hygromètre digital)

10 minutes (psychromètre à fronde)

## Niveau

Tout niveau

## Fréquence

Une fois par jour, de préférence lorsque le soleil est au zénith (midi, heure solaire locale).

## Matériel et instruments

### Hygromètre digital

Abri à instruments météo

Thermomètre

Montre

*Feuille de relevé de données sur l'étude atmosphérique*

### Psychromètre à fronde

Abri à instruments météo

Thermomètre à étalonnage

Tables psychométriques

Montre ou minuteur

Bouteille d'eau distillée

*Feuille de relevé de données sur l'étude atmosphérique*

## Pré-requis

Aucun

## Protocole relatif à l'humidité relative – Introduction

L'atmosphère est composée d'un mélange de gaz, l'un d'entre eux est la vapeur d'eau. La vapeur d'eau dans l'atmosphère provient du phénomène d'évaporation et de transpiration des plantes, et disparaît lorsque elle se condense ou gèle pour donner lieu à des précipitations. *L'humidité* est la quantité de vapeur d'eau présente dans l'atmosphère. *L'humidité relative (RH)* fait référence à l'humidité ramenée relativement à la quantité de vapeur d'eau présent dans une atmosphère *saturée*.

L'air est dit saturé en vapeur d'eau quand ses formes gazeuse et liquide sont en équilibre à une température donnée. A la saturation, l'humidité relative est 100%. Quand l'humidité relative est supérieure à 100%, l'air est dit *sursaturé* et la vapeur d'eau excédentaire se condense ou gèle pour former de nouvelles gouttelettes d'eau ou des cristaux de glace.

$$RH = \frac{\text{quantité de vapeur d'eau dans l'air}}{\text{quantité de vapeur d'eau dans l'air à saturation}}$$

La quantité de vapeur d'eau présente dans l'air à saturation dépend de la température de cet air. La quantité de vapeur d'eau qui peut exister dans l'air à saturation augmente lorsque la température augmente. Le tableau AT\_RH-1 montre la relation qu'il existe entre la température, la saturation et l'humidité relative. Avec cet exemple, vous pouvez remarquer que si la température évolue, l'humidité relative peut aussi évoluer même si la quantité de vapeur d'eau dans l'air reste constante.

Table AT-RH-1

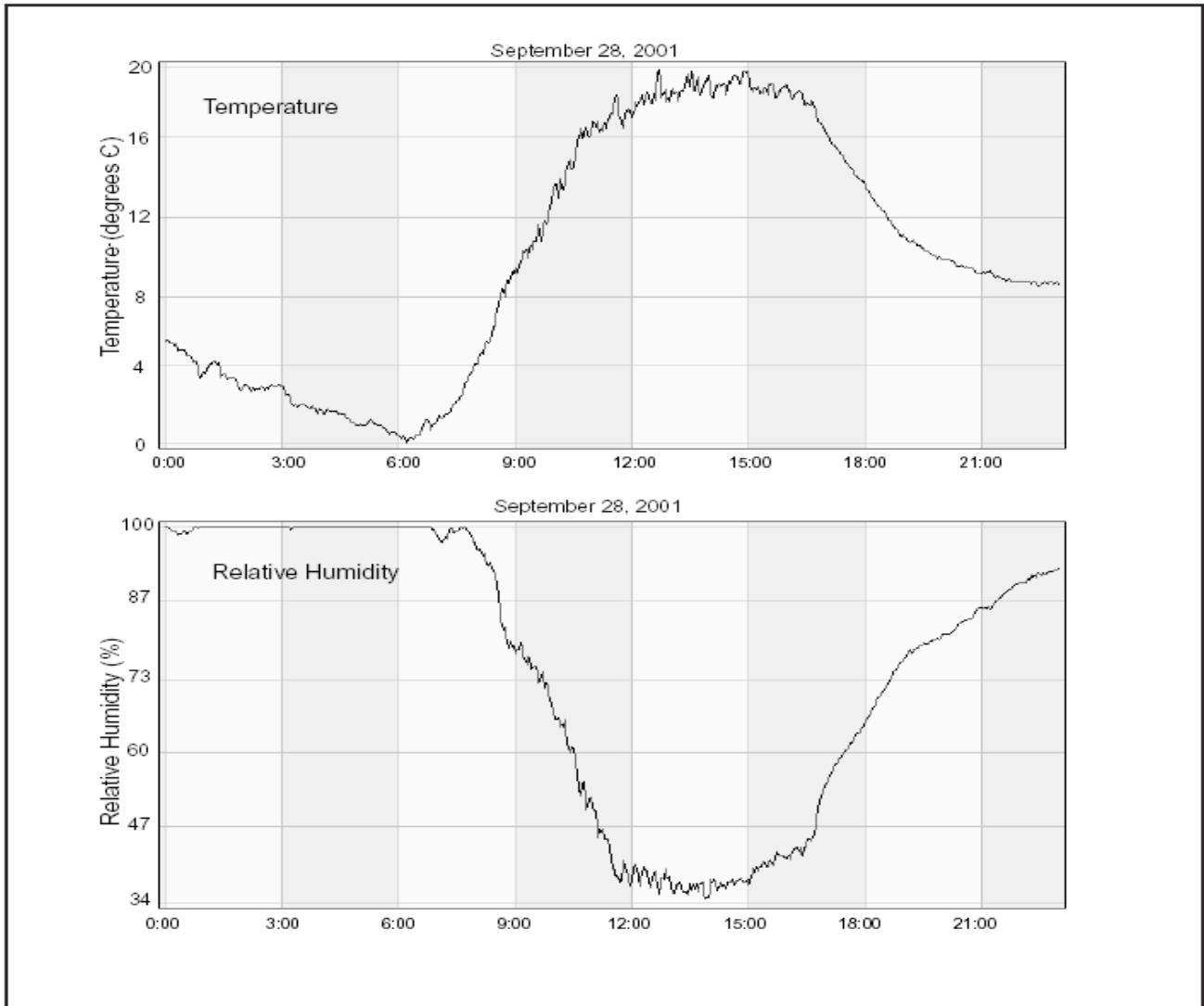
Température de l'air (°C)	Vapeur d'eau présent dans l'air ( $g/m^3$ )	Vapeur d'eau présent à saturation ( $g/m^3$ )	Humidité relative
30	9	30	$9 \div 30 \times 100 = 30 \%$
20	9	17	$9 \div 17 \times 100 = 53 \%$
10	9	9	$9 \div 9 \times 100 = 100 \%$

Un jour de temps calme et clair, la température de l'air tend à monter de l'aube jusqu'en milieu d'après-midi et puis tend à redescendre jusqu'au lever de soleil suivant. Si la quantité d'humidité de l'air reste essentiellement la même pendant le jour, l'humidité relative changera inversement avec la température. C'est-à-dire, l'humidité relative diminuera du matin jusqu'en milieu d'après-midi et augmentera à nouveau en soirée. Voir la figure d'AT-RH-1.

La vapeur d'eau dans l'atmosphère est une partie importante du cycle hydrologique et la prise des mesures d'humidité relative nous aide à comprendre comment l'eau se déplace rapidement de la surface de la terre vers l'atmosphère et inversement. En mesurant la vapeur d'eau dans l'atmosphère, le climat d'un endroit donné peut être classé en tant qu'aride ou humide. Les influences de l'humidité relative sur la formation des nuages et les précipitations, donc la quantité de l'eau dans l'atmosphère est importante pour la détermination du temps et du climat d'un secteur.

L'humidité relative affecte également le réchauffement et le refroidissement de l'air. Puisque l'eau a une chaleur spécifique sensiblement plus élevée que l'air, un peu de vapeur d'eau peut entraîner des changements considérables au taux auquel une masse d'air change de température. Ceci explique le refroidissement rapide la nuit dans le désert où l'humidité relative est basse, et le refroidissement nocturne relativement lent dans des secteurs plus humides.

Figure AT-RH-1



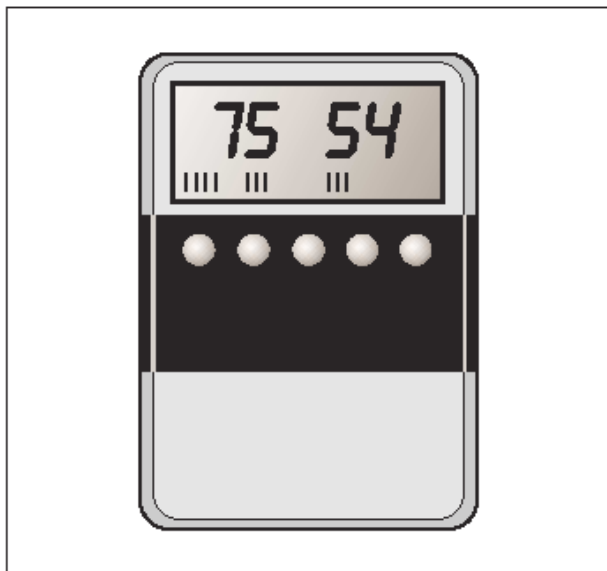
## Support pour l'enseignant

### *Hygromètre digital*

L'hygromètre est un instrument météorologique ayant une longue histoire. Initialement, l'hygromètre utilisait des mèches de cheveux d'humain ou d'autres espèces, qui, une fois mis en petits paquets, étaient sensibles à l'humidité atmosphérique. (Vous en avez peut être fait l'expérience par vous-même !). C'est en mesurant la résistance électrique de la céramique ou de composants métalliques que l'hygromètre digital peut donner la valeur de l'humidité atmosphérique sur un large domaine, ce qui en fait un instrument idéal pour les élèves qui ont du mal à se faire à la difficulté d'utilisation du psychromètre à fronde pour les mesures d'humidité. Quelque soit la façon de la mesurer, l'humidité relative est très utile aux scientifiques.

Des précautions particulières doivent être prises en cas de condensation. En cas de condensation, ou si l'on prévoit l'apparition de condensation pendant le temps où l'appareil sera dans son abri, s'il vous plaît **NE LE SORTEZ PAS**. Il est préférable d'indiquer une humidité relative de 100% avec le commentaire : « présence de condensation » sur la feuille de mesures pour indiquer une déduction plutôt qu'une mesure d'une humidité relative. Un exemple d'un hygromètre digital est donné à la figure AT-RH-2.

Figure AT-RH-2: *Hygromètre digital*



La plupart des hygromètres digitaux ne devraient pas être laissés dans leur abri lors des périodes de condensation (précipitation ou brouillard).

Par conséquent, l'instrument devra être installé dans son abri au moins 30 minutes avant les mesures qui se font lorsque le soleil est localement au zénith. Si vous effectuez en même temps le protocole sur l'étude de l'ozone, l'instant propice pour placer l'hygromètre dans son abri sera sûrement lorsque vous exposerez la bande à l'extérieur (qui se fait une heure avant vos mesures sur l'ozone).

Certains hygromètres ont un pied qui leur permet d'être posé dans leur abri. Certains hygromètres peuvent être sondés par des appareils électroniques auxiliaires, dans ce cas placez l'appareil dans l'abri de façon à ce que le capteur ne soit pas en contact avec les parois de l'abri. Après que l'hygromètre ait été placé dans son abri pendant au moins 30 minutes, lisez la valeur de l'humidité relative, au pourcentage près, sur l'afficheur digital. Assurez-vous que les indicateurs « max » et « min » ne soient pas allumés, ce qui signifierait que l'instrument vous affiche la valeur maximale ou minimale de l'humidité relative mesurée, et non pas la valeur actuelle. Notez la valeur sur la feuille de mesure, ainsi que vos observations sur les nuages, la température et les précipitations. Reportez ces résultats à GLOBE.

Aucune calibration n'est nécessaire pour cet instrument avant la date de péremption indiquée. S'il vous plaît, renvoyez l'instrument à l'usine pour une recalibration dans l'intervalle recommandé par le fabricant (qui est généralement de deux ans).

### *Logistique des mesures*

L'apparition de condensation au sein de l'hygromètre digital peut le détériorer. C'est pour cette raison que l'hygromètre ne doit pas être laissé dans son abri entre deux utilisations, sauf si l'endroit et la saison sont très secs. L'appareil doit être entreposé à l'intérieur et à l'abri de l'humidité. Il ne doit être sorti que pendant le temps des mesures. Si votre bâtiment n'est pas climatisé, entreposez l'instrument dans un boîtier étanche avec du riz, du blé ou tout autre composant ayant la propriété d'absorber l'humidité. N'oubliez pas de changer cette substance régulièrement.

L'instrument met un certain temps (à peu près 30 minutes) pour s'équilibrer aux conditions extérieures. Cela représente un défi logistique. Généralement, les mesures quotidiennes de température, des précipitations et des nuages peuvent être effectués en 15 minutes. Donc l'hygromètre devra être placé à l'extérieur pendant la première visite du site d'étude atmosphérique et la mesure devra être relevée lors de la visite suivante du site.

Si vous faites des mesures d'ozone, vous serez dans une situation similaire, dans le sens où les élèves viendront sur le site d'étude atmosphérique pour y exposer la bande de mesure d'ozone, y revenir une heure plus tard pour

effectuer la mesure. Une solution serait de placer l'hygromètre dans son abri lors du déploiement de la bande de mesure d'ozone et de lire la valeur de l'humidité relative après celle de l'ozone. Une mesure de température est nécessaire lors de la lecture des deux mesures, mais avec cette approche, une seule lecture de la température est nécessaire.

En cas de précipitation ou de brouillard imminent ou avéré, ne sortez surtout pas l'appareil. Notez plutôt une humidité relative de 100% en indiquant qu'il y avait du brouillard ou des précipitations sur la feuille de mesure indiquant que l'air était saturé et la valeur n'est qu'approximative.

### **Stockage de l'appareil**

L'hygromètre digital peut être utilisé tous les jours, mais si l'instrument n'est pas utilisé pendant une longue période (une semaine ou plus), il est préférable de retirer les batteries. Prenez garde à ne laisser l'instrument ni dans son abri, ni dans un endroit humide ou présentant des risques d'humidité.

### **Psychromètre à fronde**

Le psychromètre à fronde est un instrument constitué de deux thermomètres attachés sur un bâti robuste, qui peut être centrifugé à la main. D'un côté le thermomètre sec mesure la température de l'air. De l'autre côté, le thermomètre mouillé (avec une mèche attachée au fond du thermomètre) sera utilisé pour mesurer la température de l'air qui se refroidit par évaporation. Les deux thermomètres affichent une température décroissante du bas vers le haut. Le but de la mesure est de révéler la décroissance de température due à l'évaporation durant la mesure. Plus la différence est grande, plus l'air est sec. L'humidité relative peut alors être retrouvée par la lecture d'une table de référence. Une telle échelle peut être trouvée sur l'appareil lui-même, le cas échéant vous devez utiliser une courbe psychrométrique auxiliaire qui sera trouvée avec le psychromètre à fronde. Un psychromètre à fronde standard est représenté sur la figure AT-RH-3.

Avant l'utilisation de l'appareil vérifiez que les tubes de liquide coloré sont bien continus, des bulles peuvent apparaître pendant le transport. Si des discontinuités apparaissent, prenez le tube en pleine main de telle sorte qu'il soit en position verticale, et agitez le jusqu'à ce que le liquide soit continu dans le tube. Ne tapez pas sur le tube, si non il risquerait de casser. Il vous sera peut-être nécessaire de taper sous l'appareil avec la paume de votre main. Tous les thermomètres doivent être calibrés avec le thermomètre d'étalonnage, et ceci tous les trois mois.

### **Questions pour aller plus loin**

Quel est le lien entre l'humidité relative et la température ?

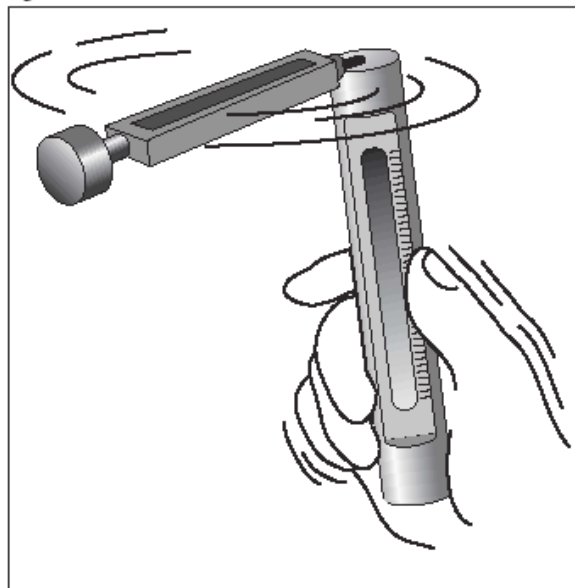
Pouvez vous trouver d'autres sites d'étude GLOBE à votre latitude plus ou moins proche de grandes étendues d'eau ? Voyez vous une différence systématique de l'humidité relative entre ces différents sites ?

Est-ce que l'humidité relative a une influence avec votre environnement local autre que l'atmosphère ? Comment ?

A quel moment de la journée l'humidité relative atteindra son maximum ? son minimum ?

Existe-t-il un lien entre l'humidité relative et la phrénologie ?

Figure AT-RH-3: **Psychromètre à fronde**



# Hygromètre digital

## Guide de laboratoire

### **But**

Déterminer l'humidité relative en utilisant un hygromètre digital.

### **Ce dont vous avez besoin**

- Un hygromètre digital
- Une feuille de mesure Atmosphère ou une feuille de mesure Ozone.
- Une montre ou un minuteur.
- Un thermomètre correctement installé dans son abri à instruments météo.

### **Dans la laboratoire :**

1. Placer l'hygromètre dans l'abri météo. (à moins que ce soit très sec, NE LAISSEZ PAS l'hygromètre dans son abri toute une nuit).
2. Après avoir attendu au moins 30 minutes, lire l'humidité relative et noter quel instrument de mesure a été utilisé.
3. Lire la température à ce moment là (si votre lecture ne correspond pas au moment de la journée où la température est à son maximum, minimum ou si elle a déjà été relevée).
4. Rapporter l'hygromètre dans la classe et ranger le dans un endroit sec.

# Psychromètre à fronde

## Guide de laboratoire

### **But**

Déterminer l'humidité relative en mesurant les températures des thermomètres sec et mouillé.

### **Ce dont vous avez besoin**

- Un psychromètre à fronde.
- Une table ou une échelle psychrométrique.
- Une montre ou un minuteur.
- Une feuille de mesure Atmosphère et une feuille de mesure Ozone.

### **Dans la laboratoire :**

1. Se tenir suffisamment à l'écart des autres personnes et de l'abri à instruments météo, de manière à ne pas risquer de les blesser avec le psychromètre. Prendre les mesures à l'ombre si possible, dos au soleil. S'il n'y a pas de zone à l'ombre près de l'abri, trouver un endroit ombragé, mais pas trop près des arbres ou des bâtiments.
2. Tenir le psychromètre le plus éloigné possible de votre corps de manière à ce que la chaleur corporelle n'ait pas d'influence sur les mesures. C'est particulièrement important quand il fait froid. Ne toucher pas ou ne respirer pas à côté des réservoirs des thermomètres puisque cela peut aussi influencer les mesures.
3. Ouvrir le psychromètre à fronde en retirant la glissière au dessus des 2 thermomètres.
4. Attendre 3 minutes pour permettre au thermomètre de lire la température de l'air, puis lire la température à 0.5 °C près sur le réservoir du thermomètre sec, celui sans mèche attachée. Bien vérifier que vos yeux sont au niveau de l'instrument pour bien prendre la mesure.
5. Noter la température du thermomètre sec.
6. Vérifier, au cas où, qu'il y ait de l'eau distillée dans le réservoir, et que la mèche est mouillée. Si elle est sèche, ajouter de l'eau distillée dans le réservoir.
7. Secouer le psychromètre pendant 3 minutes.
8. Laisser le psychromètre s'arrêter de tourner tout seul ! NE L'ARRETEZ PAS avec vos mains ou avec n'importe quel autre objet.
9. Lire la température sur le thermomètre mouillé (celui avec une mèche attachée) à 0.5 °C près
10. Noter cette température.
11. Déterminer l'humidité relative en utilisant une table psychrométrique ou une échelle psychrométrique située sur certains psychromètres. Vous pouvez également laisser cette case non remplie pour GLOBE car GLOBE peut calculer l'humidité relative à partir de vos mesures de température sur thermomètres mouillé et sec.
12. Quand vous en avez terminé avec l'instrument, refermez le et rangez le correctement dans son abri.
13. Lire la température à ce moment là (si votre lecture ne correspond pas au moment de la journée où la température est à son maximum, minimum ou si elle a déjà été relevée).
14. Rapporter l'hygromètre dans la classe et ranger le dans un endroit sec.





## Questions fréquentes

### **1. Pourquoi existe-t-il deux méthodes différentes de mesurer l'humidité relative ?**

On utilise deux méthodes pour essayer de laisser l'initiative au professeur et à ses élèves de décider combien de temps ils veulent consacrer aux mesures. Une méthode est plus compliquée, mais aussi plus amusante, que l'autre. Les observations issues des deux méthodes sont équivalentes pour le programme GLOBE et pour les scientifiques en général.

### **2. Pourquoi devons nous rentrer l'hygromètre tous les jours et le sortir dans son abri 30 minutes avant de prendre nos mesures à midi, heure solaire locale ?**

Les capteurs électroniques dans l'hygromètre ne peuvent pas être exposés à la condensation pendant de longues périodes. Il vaut donc mieux éviter toutes les situations où il peut y avoir de la condensation. S'il y a du brouillard ou de la pluie persistante au moment des mesures, il vaut mieux ne pas sortir l'hygromètre. A la place, l'observateur pourra noter une humidité relative de 100% ce jour là. Il pourra également ajouter un commentaire pour dire que la mesure se basait sur les observations visuelles de l'air (pluie ou brouillard).

### **3. Je connais les définitions de température des thermomètres mouillé et sec ; combien vaut la température de rosée ?**

La température de rosée est la température à laquelle l'air doit être refroidie pour arriver à saturation (humidité relative = 100%), une fois donnée sa teneur en vapeur d'eau. La température de rosée est une mesure de la teneur réelle de vapeur d'eau de l'air. Les jours dégagés, suivis par des nuits claires et dégagées, la température chutera rapidement vers la température de rosée. A moins qu'il n'y ait déjà de la rosée dans l'air, si la température de l'air atteint la température de rosée, du brouillard se formera. Une fois qu'il y a de la rosée ou du brouillard, la température de rosée chutera car il y aura moins de vapeur d'eau dans l'air.

### **4. Pourquoi ne peut-on pas utiliser le psychromètre à fronde s'il gèle dehors ?**

La relation entre le taux d'évaporation et la température est plus compliquée s'il gèle que s'il ne gèle pas, donc le psychromètre ne sera pas aussi pratique. Il existe des modèles plus chers et qui ont une gamme d'utilisation plus large, mais ils dépassent les budgets des écoles pour l'achat d'instruments. Nous recommandons l'utilisation d'hygromètre pour des sites où les températures normales sont des températures où il ne gèle pas.

### **5. A quel point nos mesures d'humidité relative sont-elles précises, comparativement à celles que prendrait des instruments plus chers ?**

L'hygromètre donnera des résultats d'humidité relative avec une précision de l'ordre de 2 à 4%, soit sous le chiffre des 5%. Le psychromètre à fronde affiche des températures à 0.5°C près ; et si la calibration du thermomètre ne change pas, cela donne une précision inférieure à 5% pour toutes les mesures obtenues généralement, soit une humidité relative entre 20 et 95%.

# Protocole relatif à l'humidité relative – Commentez vos données

## Vos résultats sont-ils plausibles ?

Pour déterminer si vos résultats d'humidité relative sont raisonnables, il est important que vous sachiez à quoi vous devez vous attendre, en ce qui concerne les valeurs d'humidité relative.

L'humidité relative est inversement proportionnelle à la température. Cela signifie que pour une masse donnée, quand la température augmente, l'humidité relative de l'air diminue, tant que la quantité de vapeur d'eau dans l'air reste constante. Si vos mesures d'humidité relative sont prises à midi, heure solaire locale, au moment le plus chaud de la journée, vous allez mesurer l'humidité relative quand elle est la plus basse.

Quand l'humidité relative atteint 100%, on dit que l'air est *saturé*. Pour de l'air, à température et pression données, tout ajout de vapeur d'eau entraînera la formation de gouttes d'eau ou de particules de glace s'il fait suffisamment froid. Pour que les nuages se forment, il faut que l'air soit saturé.

La température de rosée est une autre mesure de l'humidité. Le point de rosée est la température à laquelle la condensation commence pour de l'air avec une teneur en vapeur d'eau et une pression données. Alors que l'humidité relative varie en fonction de la température, la température de rosée reste constante car la teneur en vapeur d'eau ne change pas. Quand vous regardez la température de rosée, souvenez-vous qu'elle doit toujours être plus basse que la température de l'air, sauf si l'air est saturé, auquel cas ces deux températures sont égales. Si vous mesurez l'humidité relative plusieurs fois dans la même journée, la température de rosée ne doit pas avoir changé, sauf si un front climatique a bougé sur la zone de mesures.

La détermination de la température de rosée à partir de la température de l'air et de l'humidité relative est un calcul compliqué que le serveur de GLOBE fera automatiquement pour vous, de manière à ce que la visualisation et la tabulation des températures de rosées puissent être exploitables.

Ces points sont illustrés sur la figure AT-RH-4, qui montre heure par heure les valeurs de la température de l'air, la température de rosée, et l'humidité relative pendant une période de 3 jours à Tallahassee, en

Ces données ont été collectées à partir d'un journal d'enregistrement et d'une station météorologique autonome à l'Université de Floride, une école du programme GLOBE. À midi, heure solaire locale, à Tallahassee, on est chaque jour très proche de 1800 UTC (temps universel), soit très près du moment où la température est maximum. Vous pouvez remarquer que la température (en rouge) atteint une valeur maximum chaque jour plus élevée que la veille, et qu'à chaque fois, cela correspond exactement au moment où l'humidité relative (en vert) est à son minimum. L'humidité relative atteint son maximum tôt dans la matinée (proche de 1200 UTC), quand la température est la plus basse. Vous pouvez remarquer que la température de rosée (en bleu) et que la température de l'air ont des valeurs assez proches à ce moment-là. Toutes ces observations permettent de dire si les données récoltées sont raisonnables.

Vos mesures d'humidité relative doivent toujours être données comme un pourcentage, compris entre 0 et 100%. Votre température de rosée doit toujours être plus faible ou égale à vos mesures de la température de l'air à ce moment. Surtout, sauf si vous prenez vos mesures quand il pleut ou qu'il y a du brouillard, vos mesures d'humidité relative doivent toujours être INFÉRIEURES à 100%.

## Que recherchent les scientifiques avec ces données ?

Les scientifiques recherchent des tendances de variations d'humidité relative sur différentes périodes temporelles. Par exemple, les changements au cours d'une journée peuvent être dus aux vents marins, dans les régions côtières. Avec GLOBE, les mesures d'humidité relative sont prises normalement une fois par jour, à une heure proche de midi, heure solaire locale. Donc, avec les données de GLOBE, les scientifiques examinent les tendances dans les variations d'humidité relative sur des périodes de plusieurs jours.

Les scientifiques utilisent les changements d'humidité relative pour prévoir le temps. Par exemple, ils peuvent regarder la température, l'humidité relative et la température de rosée pour prévoir les risques de précipitations pour une certaine journée. Sur la figure AT-RH-4, vous pouvez remarquer que la valeur d'humidité relative à midi, heure solaire locale, a augmenté un peu chaque jour. Cela indique un temps qui s'humidifie graduellement. Cette observation est plus remarquable avec les valeurs de température de rosée, qui ont une tendance à la hausse tout au long de

Floride aux Etats-Unis. L'échelle de température est sur la partie gauche de l'axe.

la période de mesures. Vous pouvez aussi remarquer que, contrairement à la température et à l'humidité relative, la température de rosée ne suit pas un cycle journalier marqué.

La figure AT-RH-5 montre le graphique obtenu à partir des valeurs de température et d'humidité relative de l'école élémentaire de Norfolk, dans l'Arkansas, aux Etats-Unis. Ces données varient considérablement d'un jour à l'autre. Essayons de mieux comprendre les données en regardant plus particulièrement les axes du graphique. Sur l'axe des abscisses, ou l'« axe des x », le temps commence le 1<sup>er</sup> Octobre 2000 et se termine en Septembre 2001, donc il y a presque une année entière de données rapportées. Les données sont disponibles pour chaque jour, avec très peu d'oublis ; il y a même les données des week-ends ! Maintenant, examinons l'axe des ordonnées, ou « axe des y » (il y en a 2). Sur la gauche, il y a l'échelle de température, et sur la droite, l'échelle d'humidité relative.

Il est difficile de voir la relation entre la température et l'humidité relative dont nous avons parlé précédemment, mais nous pouvons lisser les données pour que cette relation apparaisse plus clairement. La figure suivante, AT-RH-6, montre un graphique avec des valeurs lissées (des valeurs moyennes) sur des périodes de 5 jours. Pour calculer une moyenne sur 5 jours, vous faites la moyenne entre la température du jour x, celles des 2 jours précédents et celles des 2 jours qui ont suivi.

Maintenant, cette relation est plus visible. En hiver, où les températures journalières sont froides, l'humidité relative est souvent autour de 60%, alors qu'en été, l'humidité relative dépasse rarement les 60%. Cela peut aussi vous servir de moyen mnémotechnique pour vérifier que vos mesures sont cohérentes. Ces mesures peuvent aussi être utilisées pour étudier l'influence de la température sur l'humidité relative quand la teneur réelle en vapeur d'eau ne varie pas beaucoup d'un jour à l'autre.

Nous pouvons bien sûr observer la progression de la température au cours de l'année, avec les températures les plus froides en Décembre et en Janvier. Vous pouvez remarquer que l'humidité relative est souvent proche de son maximum ces jours d'hiver ! Il peut bien sûr y avoir des jours où le temps est sec, même en hiver, et les scientifiques utilisent les enregistrements d'humidité relative pour caractériser les différentes masses d'air.

L'identification des différentes masses d'air aide les météorologues à identifier et à enregistrer les différents fronts climatiques, ce qui leur est utile pour prévoir le temps. Les climatologues utilisent aussi l'humidité relative pour caractériser les climats des différents sites.

L'un des principaux éléments climatiques, auquel les scientifiques font attention, est la proximité d'un large plan d'eau, comme une mer ou un océan. Regardons les données d'humidité relative recueillies par deux écoles du programme GLOBE pour voir si nous pouvons observer une telle influence. Nous utiliserons la température de rosée plutôt que l'humidité relative ici, pour étudier uniquement l'effet de la teneur en vapeur d'eau. Rappelez-vous que l'humidité relative comprend à la fois les effets de la vapeur d'eau et de la température.

La figure AT-Rh-7 illustrent les mesures recueillies par 2 écoles situées en Europe : l'Institut Technique Industriel Fermi à Naples en Italie, et la Hermann LietzSchule Haubinda en Allemagne. Rappelez-vous que la température de rosée va illustrer uniquement comment la teneur en vapeur d'eau de l'air sur une station climatique change au cours du temps. Le graphique illustre des mesures prises au cours d'une période de 3 mois durant l'hiver 2001 (de Janvier à Mars), et pour chaque jour où les 2 écoles ont noté les valeurs de température de rosée, vous pouvez remarquer à quel point la valeur de température de rosée à Naples, qui est proche de la Méditerranée, est plus élevée que celle à Haubinda, situé au cœur des terres.

Bien que l'altitude, la latitude, et les mouvements d'air (l'autre principal élément climatique) puissent aider à expliquer certaines de ces différences, la proximité d'une large étendue d'eau joue un rôle primordial en général, à cause de l'importante évaporation qui se produit sur les régions côtières. Une idée utile pour les écoles côtières du programme GLOBE consisterait à comparer les valeurs de température de rosée de leur école avec celles d'autres écoles situées à la même latitude et à la même altitude, mais situées au cœur des terres et avec la même quantité d'eau autour. Est-ce qu'ils obtiennent une relation similaire ?

Il est intéressant de voir que l'humidité relative est reliée aux autres variables météorologiques. Naturellement, quand l'évaporation augmente, l'humidité relative diminue. Ainsi, nous pouvons attendre de trouver un lien entre la couverture

Figure AT-RH-4

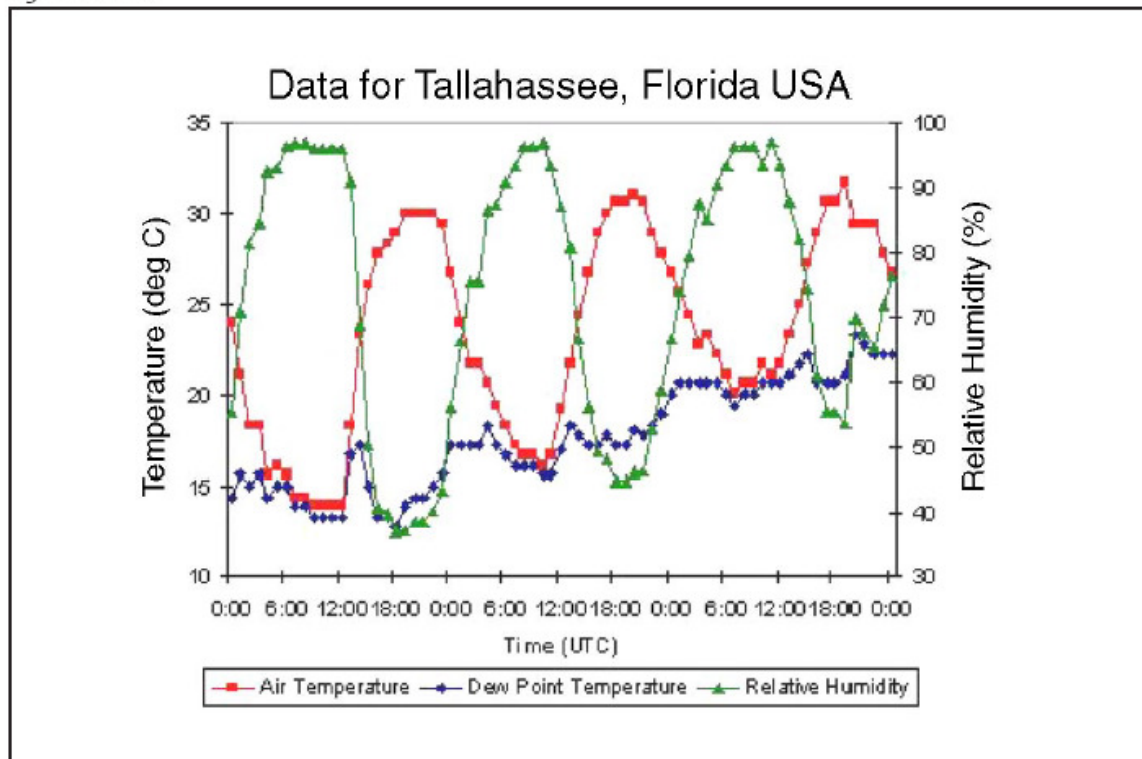


Figure AT-RH-5

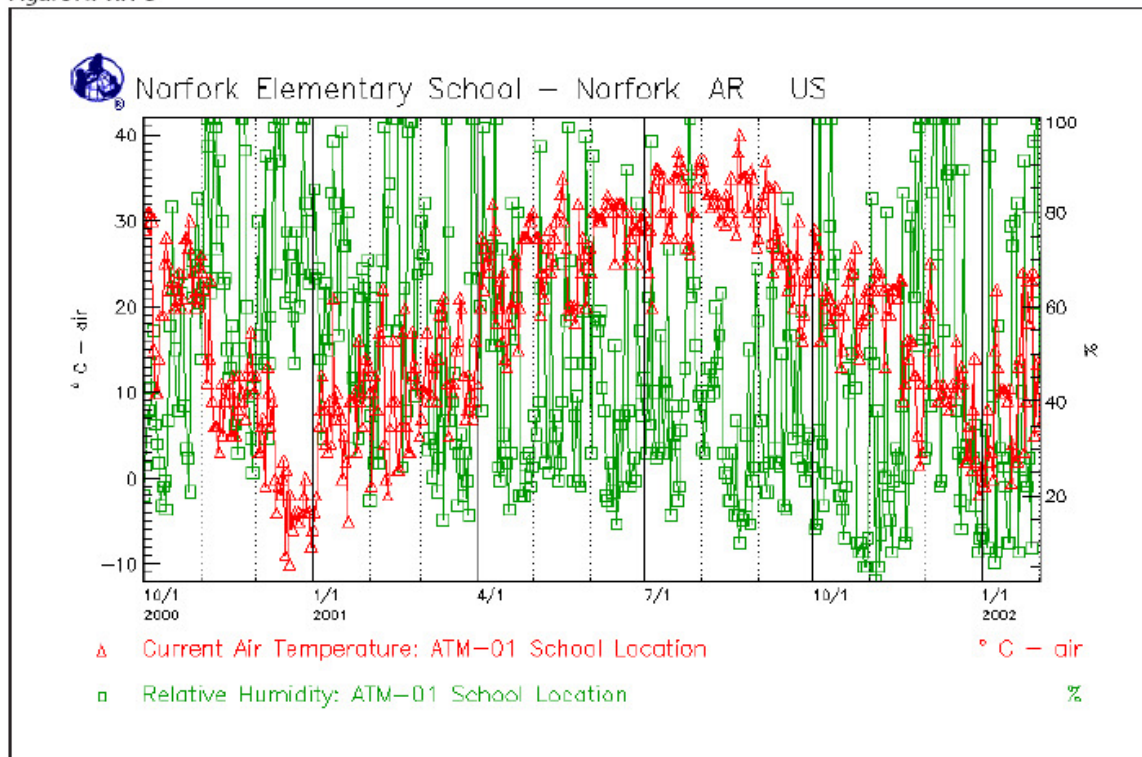


Figure AT-RH-6

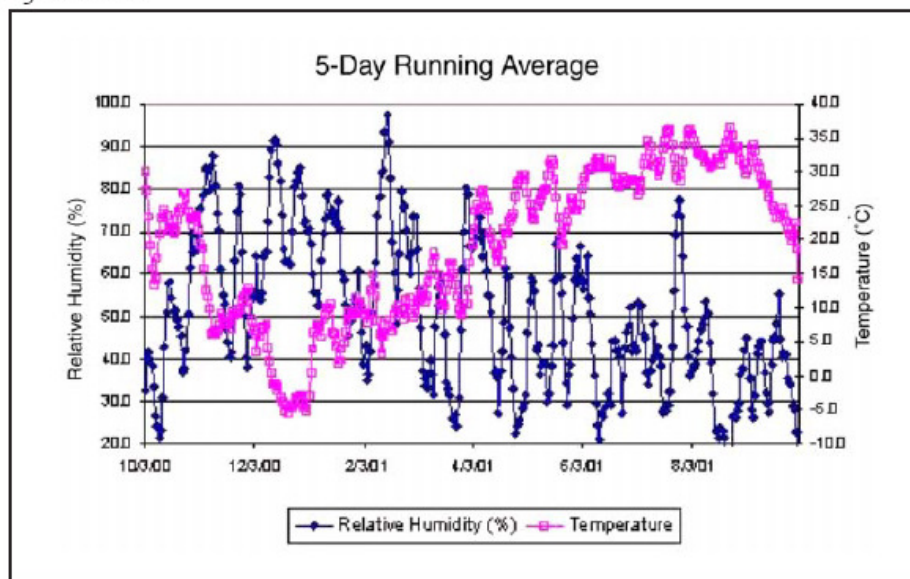


Figure AT-RH-7

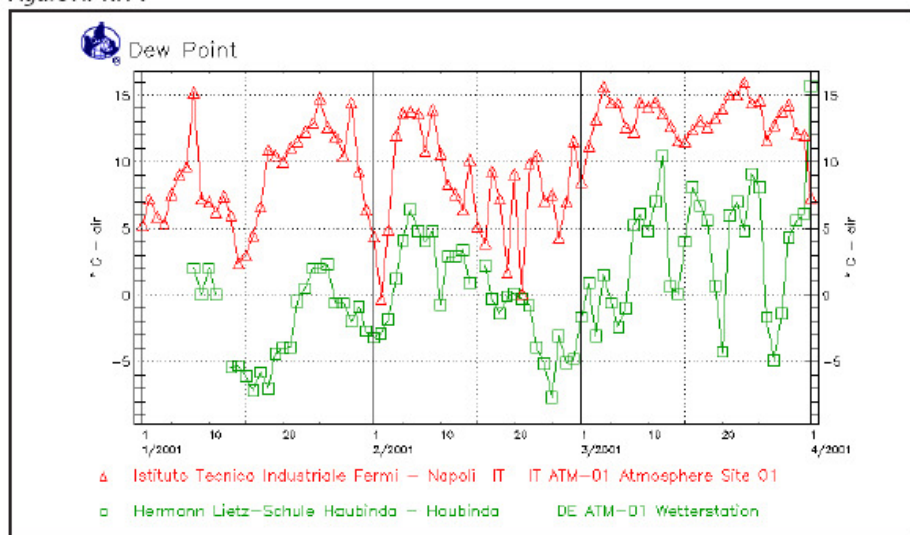
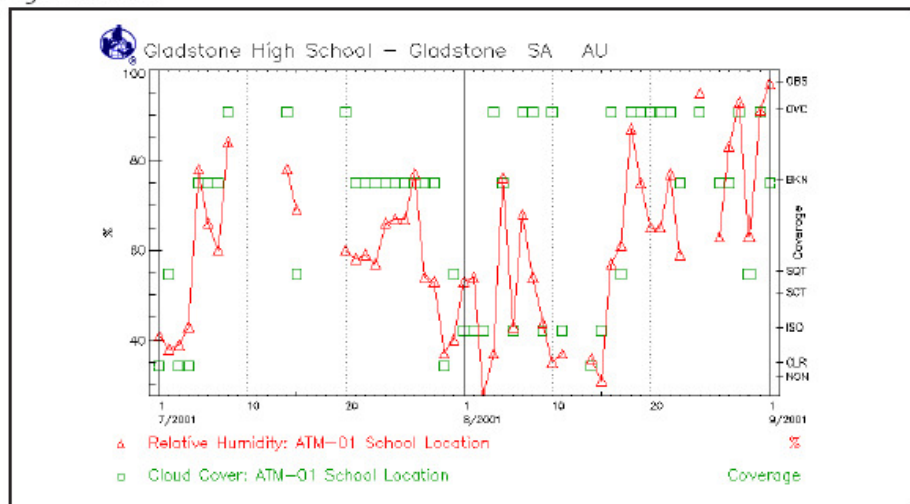


Figure AT-RH-8



nuageuse, puisque les nuages ont besoin d'une humidité relative de 100% à leur altitude. Nous mesurons l'humidité relative au niveau du sol, et non à la base des nuages, mais en général, l'humidité relative augmente au fur et à mesure que l'altitude augmente jusqu'à atteindre 100% à la base des nuages. C'est particulièrement vrai pour les nuages à basses altitudes. La figure AT-RH-8 montre une série de mesures d'humidité relative et de la couverture nuageuse à l'école supérieure de Gladstone en Afrique du sud, aux mois de Juillet et d'août 2001 (pendant l'hiver). Vous pouvez remarquer que sur le graphique, l'humidité relative est en rouge, avec des lignes reliées, et que la couverture nuageuse est indiquée sous la forme d'un simple carré pour chaque observation de nuages par jours. Il y a plusieurs jours où l'humidité relative est inférieure ou égale à 50%, et durant chacun de ces jours, le ciel était dégagé et les nuages isolés. C'est seulement quand l'humidité relative approchait 60% que des nuages éparpillés pouvaient être observés. Un ciel sombre et couvert n'apparaissait que lorsque l'humidité relative dépassait 50%. Le lien entre les deux n'est pas parfait, mais la plupart du temps, il est clair que quand l'humidité relative est élevée, il y a beaucoup plus de chances d'observer beaucoup de nuages.

Vous pouvez tester l'hypothèse qu'il existe un lien entre la couverture nuageuse et l'humidité relative dans une école comme celle de Gladstone en faisant la moyenne de l'humidité relative sur plusieurs jours avec différentes couvertures nuageuses. Testons cette hypothèse qui dit qu'en moyenne, quand l'humidité relative augmente, le nombre de nuages augmente aussi. En utilisant les données de Gladstone comme exemple, calculons l'humidité relative moyenne des jours où il y a beaucoup de nuages dispersés, et celle des jours où il n'y a que quelques nuages isolés. Ces calculs sont retranscrits dans la boîte ci-dessous.

A partir de ces observations assez limitées, notre hypothèse a bien été confirmée. En général, les scientifiques souhaitent utiliser des nombres égaux de jours dans les 2 cas pour pouvoir comparer correctement les 2 moyennes, et ils souhaitent aussi disposer de plus de 3 à mesures à chaque fois. Vous pouvez faire cela pour chaque observation de la couverture nuageuse et pour chaque mesure d'humidité relative pour voir à quel point ce lien entre l'humidité relative et la couverture nuageuse est visible sur votre site.

## Un exemple de recherche d'élève.

### *Concevoir une recherche*

Heikki, un élève à Juuan Lukio/Poikoland Koulu à Juuka, en Finlande, a pris des mesures d'humidité relative avec d'autres élèves à son école. En élève le climat, son professeur a mentionné l'effet modérateur des grandes étendues d'eau sur la température de l'air. Quand il lui a posé des questions pour comprendre le fonctionnement de cet effet modérateur, son professeur a répondu que l'évaporation de l'eau augmentait les taux d'humidité relative, et que cela nécessitait plus d'énergie de chauffer ou de refroidir de l'air humide que de l'air sec.

Heikki a décidé que cela ferait un parfait sujet d'étude. Il se demandait si les valeurs d'humidité relative des écoles situées au cœur des terres seraient, en moyenne, moins élevées que celles trouvées par les écoles situées sur des côtes. Après avoir regardé dans les archives de GLOBE, il a sélectionné 3 écoles situées dans les terres, et une sur une côte. Il a aussi décidé de se focaliser sur le printemps précédent et le début de l'été, quand la glace n'avait pas recouvert l'étendue d'eau. La table AT-RH-2 montre les données qu'il a trouvées pour ces 4 écoles.

### **Couverture nuageuse : Nuages dispersés**

Humidité relative moyenne des jours où il y a beaucoup de nuages dispersés

$$\frac{38 + 68 + 41 + 62 + 64}{5} = 54,6\%$$

### **Couverture nuageuse : Nuages isolés**

Humidité relative moyenne des jours où il n'y a que quelques nuages isolés

$$\frac{54 + 55 + 27 + 42 + 43 + 36 + 31}{7} = 41,1\%$$

Table AT-RH-2. Relative Humidity at GLOBE Schools from Heikki's Sample

Date	Juuka Inland	Ammansaari Inland	Utajarvi Inland	02600 Espoo Coastal
5/10/01	32	77	49	39
5/11/01	39	57	39	32
5/12/01	46	57	50	32
5/13/01	68	94	65	48
5/14/01	77	80	42	35
5/15/01	33	78	61	49
5/16/01	30	53	33	33
5/17/01	30	45	38	97
5/18/01	46	98	83	96
5/19/01	56	97	87	83
5/20/01	56	98	89	71
5/21/01	54	85	81	81
5/22/01	41	70	54	39
5/23/01	95	100	74	78
5/24/01	39	65	58	41
5/25/01	39	80	50	46
5/26/01	41	66	49	37
5/27/01	43	74	50	52
5/28/01	51	88	74	38
5/29/01	50	73	63	50
5/30/01	53	52	40	45
5/31/01	32	45	33	38
6/1/01	23	35	29	42
6/2/01	28	33	32	52
6/3/01	—	38	31	58
6/4/01	33	46	70	36
6/5/01	51	88	85	53
6/6/01	25	48	49	38
6/7/01	30	51	44	38
6/8/01	46	60	71	73
6/9/01	57	97	63	97
6/10/01	90	92	84	70
6/11/01	41	62	67	65
6/12/01	72	63	77	96
6/13/01	84	87	89	97
6/14/01	48	92	67	90
6/15/01	32	74	47	56
6/16/01	43	77	63	52
6/17/01	39	67	42	97
6/18/01	49	74	50	63
6/19/01	47	57	41	97
6/20/01	39	44	29	97
6/21/01	85	61	52	97
6/22/01	78	59	64	90
6/23/01	41	35	39	58
6/24/01	29	39	33	46
6/25/01	34	55	34	—
6/26/01	46	57	46	48
6/27/01	39	55	38	66
6/28/01	33	60	37	56
6/29/01	39	53	36	63
6/30/01	37	76	66	65
7/1/01	33	51	58	76
7/2/01	65	85	65	61
7/3/01	41	60	65	47
7/4/01	38	53	49	44
7/5/01	39	99	89	41
7/6/01	35	62	47	58
7/7/01	46	—	56	47
7/8/01	51	70	52	60
7/9/01	41	59	59	48
7/10/01	51	92	63	58
7/11/01	62	89	75	69
7/12/01	54	70	62	60
7/13/01	82	68	65	53
Avg. RH	47.3	67.6	56.0	60.0
Days highest	2	35	5	21

## *Récolte et analyse des données*

Heikki a calculé l'humidité relative moyenne pour chacune de ces écoles en additionnant toutes leurs valeurs et en divisant le résultat par le nombre de jours de mesure. Ses résultats sont donnés dans les lignes suivantes du tableau AT-RH-2.

Heikki a demandé à une élève plus jeune si elle savait quel était l'école qui mesurait une plus grande humidité relative : l'école proche ou éloignée du bord de mer. Elle a décidé de regarder quelles écoles reportaient la plus grande valeur d'humidité relative chaque jour en ne prenant pas en compte les écoles qui n'avaient pas répondues régulièrement. Ses résultats sont présentés à la dernière ligne du tableau 1.

Heikki en a conclu qu'il y avait clairement des exceptions quant au taux d'humidité relative entre ces deux types de sites de mesures. Le professeur lui a demandé comment comptait-il continuer ses recherches. L'enseignant lui a alors dit qu'il pouvait analyser d'avantage de données pertinentes provenant des deux types de sites finlandais, ou alors d'étudier plus en détail la géographie locale des sites de mesures qui présentaient des taux d'humidité relative supérieures à ceux mesurés sur les sites continentaux.

Le professeur mit l'accent sur le fait qu'Heikki n'a pris en compte ni l'effet de la température, ni l'effet de l'altitude sur les mesures de l'humidité relative. Ils étaient tombés d'accord : Heikki, et quelques uns de ses camarades de classe, allaient faire une analyse plus précise des données récoltées. Le groupe ainsi formé s'était mis d'accord pour analyser l'effet de la température, et plus particulièrement de la variation entre les minima et les maxima journalières, sur le taux d'humidité relative. Puisque les minima et les maxima de température couvrent une période de 24 heures à cheval sur deux jours, le groupe a décidé de comparer la moyenne du taux d'humidité relative sur les deux jours. Les résultats de cette comparaison sont donnés au tableau AT-RH-3.



Table AT-RH-3

Date (2001)	Juuka		Ammansaari		Utajarvi		02600 Espoo	
	Average 2-day RH (%)	Temp. Range (°C)	Average 2-day RH (%)	Temp. Range (°C)	Average 2-day RH (%)	Temp. Range (°C)	Average 2-day RH (%)	Temp. Range (°C)
10-May		17.0		10.5		0.7		
11-May	35.5	9.0	67.0	9.0	44.0	8.8	35.5	15.1
12-May	42.5	5.1	57.0	4.0	44.5	2.2	32.0	18.0
13-May	57.0	5.0	75.5	6.0	57.5	1.5	40.0	8.5
14-May	72.5	5.0	87.0	5.5	53.5		41.5	18.3
15-May	55.0	10.2	79.0	6.0	51.5		42.0	16.6
16-May	31.5	14.9	65.5	10.0	47.0	1.7	41.0	19.9
17-May	30.0	18.1	49.0	14.0	35.5		65.0	12.5
18-May	38.0	8.0	71.5	12.5	60.5	12.2	96.5	10.5
19-May	51.0	5.5	97.5	2.5	85.0	5.1	89.5	8.7
20-May	56.0	5.5	97.5	6.0	88.0	7.0	77.0	7.5
21-May	55.0	9.0	91.5	4.0	85.0	3.6	76.0	5.6
22-May	47.5	4.0	77.5	3.5	67.5	6.9	60.0	14.9
23-May	68.0	10.0	85.0	6.0	64.0	7.4	58.5	16.9
24-May	67.0	9.6	82.5	7.5	66.0	9.0	59.5	12.3
25-May	39.0	7.2	72.5	7.5	54.0	5.8	43.5	9.6
26-May	40.0	6.2	73.0	4.5	49.5	3.5	41.5	15.7
27-May	42.0	8.1	70.0	4.0	49.5	8.5	44.5	14.5
28-May	47.0	9.6	81.0	4.5	62.0	7.8	45.0	12.2
29-May	50.5	4.9	80.5	4.0	68.5	3.4	44.0	8.1
30-May	51.5	6.3	62.5	4.0	51.5	8.9	47.5	12.0
31-May	42.5	12.0	48.5	10.5	36.5	14.0	41.5	14.4
1-Jun	27.5	15.4	40.0	8.0	31.0	15.3	40.0	19.3
2-Jun	25.5	16.3	34.0	12.0	30.5	11.4	47.0	17.4
3-Jun			35.5	9.0	31.5	16.8	55.0	9.9
4-Jun		14.9	42.0	10.0	50.5	9.7	47.0	17.5
5-Jun	42.0	10.4	67.0	10.5	77.5	7.4	44.5	17.2
6-Jun	38.0	16.8	68.0	14.5	67.0	13.6	45.5	16.8
7-Jun	27.5	12.4	49.5	8.5	46.5	7.2	38.0	16.8
8-Jun	38.0	9.8	55.5	6.5	57.5	10.0	55.5	
9-Jun	51.5	8.0	78.5	7.0	67.0	7.0	85.0	5.3
10-Jun	73.5	10.1	94.5	7.5	73.5	6.1	83.5	10.9

Date (2001)	Juuka		Ammansaari		Utajarvi		02600 Espoo	
	Average 2-day RH (%)	Temp. Range (°C)	Average 2-day RH (%)	Temp. Range (°C)	Average 2-day RH (%)	Temp. Range (°C)	Average 2-day RH (%)	Temp. Range (°C)
11-Jun	65.5	9.6	77.0	9.5	75.5	10.6	67.5	11.0
12-Jun	56.5	6.1	62.5	6.0	72.0	5.2	80.5	6.7
13-Jun	78.0	5.6	75.0	8.5	83.0	6.8	96.5	5.0
14-Jun	66.0	12.5	89.5	8.5	78.0	6.8	93.5	4.7
15-Jun	40.0	15.5	83.0	8.5	57.0	11.5	73.0	16.8
16-Jun	37.5	13.5	75.5	7.0	55.0	12.0	54.0	18.2
17-Jun	41.0	12.8	72.0	9.0	52.5	14.0	74.5	12.3
18-Jun	44.0	6.7	70.5	8.5	46.0	8.4	80.0	12.3
19-Jun	48.0	8.2	65.5	9.0	45.5	8.8	80.0	2.4
20-Jun	43.0	9.6	50.5	9.5	35.0	10.5	97.0	2.5
21-Jun	62.0	7.3	52.5	9.0	40.5	7.9	97.0	3.7
22-Jun	81.5	4.1	60.0	7.0	58.0	3.2	93.5	10.7
23-Jun	59.5	9.2	47.0	8.0	51.5	6.7	74.0	
24-Jun	35.0	14.8	37.0	10.5	36.0	14.5	52.0	
25-Jun	31.5	13.0	47.0	7.5	33.5	16.6		
26-Jun	40.0	15.5	56.0	12.0	40.0	14.5		
27-Jun	42.5	15.2	56.0	9.5	42.0	13.1	57.0	14.7
28-Jun	36.0	12.9	57.5	6.5	37.5	11.5	61.0	13.8
29-Jun	36.0	9.7	56.5	9.0	36.5	10.3	59.5	14.4
30-Jun	38.0	9.0	64.5	9.0	51.0	5.2	64.0	9.5
1-Jul	35.0	14.6	63.5	10.5	62.0	8.2	70.5	10.8
2-Jul	49.0	11.2	68.0	9.0	61.5	7.8	68.5	6.3
3-Jul	53.0	10.4	72.5	7.5	65.0	11.3	54.0	14.1
4-Jul	39.5	8.0	56.5	6.5	57.0	7.1	45.5	15.4
5-Jul	38.5	16.0	76.0	10.5	69.0	7.2	42.5	10.5
6-Jul	37.0	13.2	80.5	9.0	68.0	13.1	49.5	14.0
7-Jul	40.5	18.8			51.5	14.2		
8-Jul	48.5	10.1		8.5	54.0	15.7		
9-Jul	46.0	12.4	64.5	8.5	55.5	13.2	54.0	12.0
10-Jul	46.0	15.1	75.5	9.5	61.0	9.9	53.0	2.5
11-Jul	56.5	5.7	90.5	7.5	69.0	6.5	63.5	6.3
12-Jul	58.0	9.0	79.5	6.5	68.5	8.3	64.5	5.0
13-Jul	68.0	12.3	69.0	10.0	63.5	8.4	56.5	7.9

Figure AT-RH-9: Average Temperature Range Plotted as a Function of Average Relative Humidity for Schools in the Study Sample

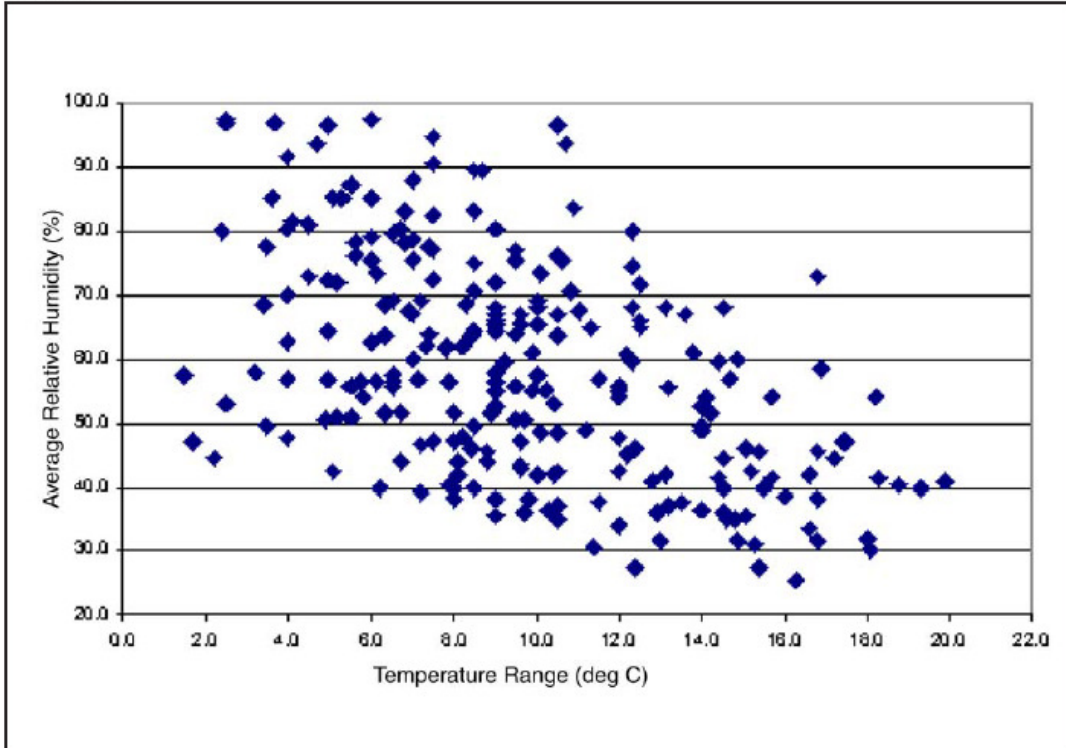
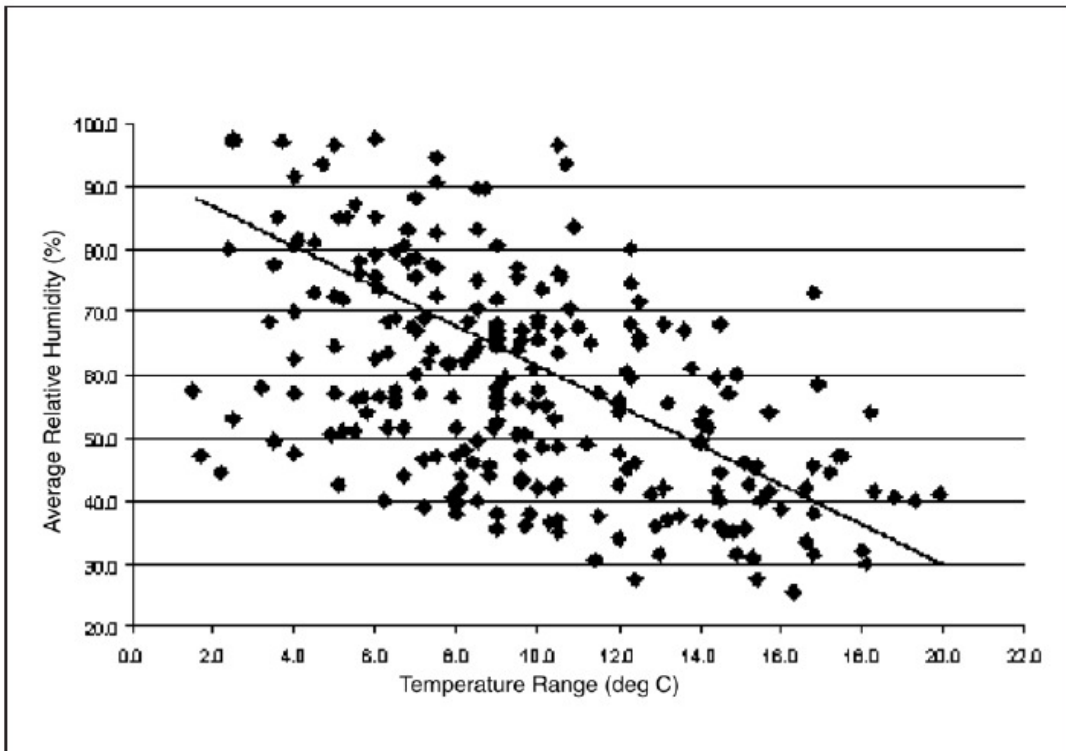


Figure AT-RH-10



## *Résultats communiqués*

Les élèves ont calculés la variation de température pour chaque jour, et pour chaque école. Ils ont ensuite reliés tous ces points sur un graphique, avec les variations de température sur l'axe de y, et celles de l'humidité relative sur l'axe des x. La figure AT-RH-9 montre ces résultats.

Les élèves peuvent observer que pour des échelles de températures assez basses ( par exemple, moins de 4°C), l'humidité relative moyenne rapportée est généralement supérieure à 45%, et à mesure que la température augmente, des valeurs d'humidité relative plus faibles sont rapportées. En fait, pour des échelles assez hautes de température (supérieures à 16°C), une seule mesure de l'humidité relative supérieure à 70% est relevée, les autres restant inférieures à 60%. Il y a donc une relation visible entre ces mesures.

Cette relation est une relation inverse, car à chaque fois qu'une variable augmente, l'autre a tendance à diminuer. Si nous essayions de développer une ligne qui correspond au mieux aux valeurs trouvées, ce qui peut être utilisé pour essayer de prévoir l'humidité relative à partir des variations de température, cela ressemblerait à celle qui est sur la figure AT-Rh-10. Cette ligne est appelée droite moyenne, et cela mesure la meilleure représentation en ligne droite des données reportées dans le graphique.

## *Recherches futures.*

Ces résultats sont tellement encourageant qu'Heikki a décidé de poursuivre ses recherches sur les effets de l'altitude pour voir s'il peut expliquer ces résultats surprenants de la première expérience, et pour voir sur d'autres sites si les conclusions qu'ils trouvent sont les mêmes que les siennes. Il cherche à aller encore plus loin dans ses conclusions et dans les collaborations internationales que cela va apporter.

# Protocole relatif aux précipitations



## Objectif général

Déterminer le taux d'humidité du milieu local en mesurant les chutes de pluie et de neige et mesurer le pH des précipitations.

## Objectif spécifique

Les élèves utilisent un pluviomètre et une planche à neige afin de mesurer la quantité journalière de précipitations. Les élèves mesurent l'épaisseur et l'équivalent en pluie de la neige tombée chaque jour ainsi que de la couche de neige globale. Des techniques de mesures du pH adaptées aux précipitations sont utilisées afin de déterminer le pH de la pluie et de la neige fondue.

## Compétences

Les élèves apprendront que les précipitations sont mesurées suivant une hauteur et que cette hauteur est supposée être la même sur une large zone, que les précipitations ont un pH qui peut varier et que la neige ajoute de l'eau au sol tout comme la pluie et que chaque chute de neige est équivalente à une certaine quantité de pluie.

## Concepts scientifiques

### *Science de la Terre et de l'Espace*

Le temps peut être décrit par des mesures quantitatives.

Le temps varie d'un jour à l'autre et selon la saison.

Le temps varie sur des échelles spatiales locales, régionales et mondiales.

Les précipitations proviennent de la condensation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère.

### *Les sciences Physique*

Les matériaux existent sous divers états.

### *Géographie*

La nature et l'importance des précipitations ont un effet sur les caractéristiques du système géographique physique.

## Compétences scientifiques

Utiliser un pluviomètre pour mesurer les chutes de pluie et l'équivalent en pluie de la neige.

Utiliser du papier à pH, un stylo à pH ou un pH-mètre pour mesurer le pH.

Utiliser un mètre pour mesurer l'épaisseur de la couche de neige.

Conception et conduite d'investigations scientifiques.

Utiliser l'outil mathématique pour analyser les données.

Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.

Identification et analyse des différentes hypothèses.

Communiquer les procédures, les descriptions et les prédictions.

## Durée

Sur le terrain : 5 minutes pour de la pluie,  
10-15 minutes pour de la neige

En laboratoire : 5 minutes pour l'équivalent en pluie de la neige,  
5 minutes pour le pH

Entretien : 10 minutes hebdomadaires pour nettoyer le pluviomètre

## Niveau

Tout niveau

## Fréquence

Une fois par jour, aux alentours de midi (heure solaire).

## Matériel et instruments

Un pluviomètre (jauge de pluie)

Une planche à neige

Des récipients propres pour les échantillons du pH, de 100mL ou plus

Deux ou trois récipients pour des échantillons de neige

Un niveau de maçon

Un mètre

Du papier à pH OU un pH-mètre et des produits tampons à pH.

Du sel et la fiche à sel ou une pince à épiler

Un bocal à échantillons avec son couvercle

Des béchers ou verres de 300mL.

Des pinces à épiler

Des baguettes ou cuillères pour mélanger

Des gants en latex

*Feuille de Données de l'Investigation de l'Atmosphère*

De l'eau distillée pour nettoyer le pluviomètre

### **Préparation**

Installer le pluviomètre (jauge de pluie)  
Construire une planche à neige  
Lire et se familiariser avec le *Protocole d'Etude en Hydrologie sur le pH*

### **Pré-requis**

Aucun

## **Protocole relatif aux précipitations – Introduction**

La Terre est la seule planète dans notre système solaire sur laquelle des quantités significatives d'eau liquide s'écoulent en surface. Toute vie dépend de l'eau. L'eau de l'atmosphère joue un rôle essentiel au niveau du climat et fait partie du cycle hydrologique global. Dans ce cycle, l'eau s'évapore des océans pour se retrouver dans l'atmosphère, retombe à la surface sous forme de précipitation et retourne à la mer par les rivières et les ruisseaux en surface et souterrainement.

Par ce processus, de l'énergie et des composés chimiques sont transportés d'un endroit à un autre, façonnant ainsi notre climat, créant des orages et introduisant du sel dans nos océans et nos mers.

Le terme précipitation fait référence à toutes les formes d'eau liquide ou solide qui tombent du ciel et atteignent la surface de la Terre. Les précipitations liquides incluent la pluie et la bruine ; les précipitations solides incluent la neige, les grêlons et la grêle. L'importance des précipitations dans une région, quand elles tombent durant l'année, si elles tombent sous forme de pluie ou de neige et la quantité qui tombe à chaque précipitation participe à la définition du climat de cette région. Lorsque l'eau est peu abondante, des déserts apparaissent. Lorsqu'il y a une abondance d'eau, il peut apparaître une végétation luxuriante. Les pluies d'hiver sont associées aux climats méditerranéens. L'approvisionnement en eau de nombreuses grandes rivières provient de la fonte des neiges aux sommets des montagnes. Le fait de connaître l'importance des précipitations ainsi que la quantité de neige et le moment de la fonte de cette neige fournit des clés pour comprendre le climat local et global.

Lorsque nous étudions l'histoire du climat de la Terre, nous nous rendons compte que les précipitations de toutes les régions varient au

cours du temps. Par exemple, les images satellites montrent que de grandes rivières coulaient autrefois à travers le désert du Sahara. Il existe des preuves scientifiques qu'une mer peu profonde couvrait autrefois la grande majorité des Etats-Unis. Tous ces changements ont eu lieu bien avant que des gens habitent dans ces régions. Quels changements ont lieu de nos jours ?

Les scientifiques n'ont pas d'idée précise de la proportion du cycle aquifère provenant des chutes de neige. Bien que la hauteur des chutes de neige puisse être mesurée en utilisant un instrument relativement simple (un mètre), il est difficile de prendre des mesures précises à cause de la tendance de la neige à se déplacer. De plus, les chutes de neige de même hauteur ne contiennent pas toutes la même quantité d'eau. Si vous avez déjà vécu à des endroits où il y a de la neige, vous savez que certaines chutes de neige sont légères et poudreuses (et qu'elles ne font pas de très bonnes boules de neige !) tandis que d'autres sont lourdes et humides (et permettent de faire de très bons bonhommes de neige). Afin d'avoir une idée précise de la quantité d'eau composant les chutes de neige, nous devons mesurer à la fois la hauteur et l'équivalent en pluie de couche de neige.

L'atmosphère contient de faibles quantités de nombreux composés chimiques. Certains existent sous forme gazeuse mais d'autres sont de petites particules suspendues dans l'air qu'on appelle aérosols. Ces gaz et ces particules sont capturés par les gouttes de pluie et les flocons de neige et nous ne pouvons pas tous les mesurer mais un grand nombre d'entre eux modifient le pH des précipitations qui lui peut être facilement mesuré. Le pH des précipitations intervient dans la définition des effets des chutes de pluie et de neige sur le sol, la végétation, les lacs et les cours d'eaux.

Certaines tempêtes de pluie et de neige sont importantes, couvrant des régions complètes, tandis que d'autres peuvent ne faire que 10km de large ou même être encore plus petites. A l'intérieur même d'une tempête, la quantité de

précipitation qui tombe et son pH peut varier d'un endroit à un autre et peut changer pendant la durée de la tempête. Il n'est pas possible d'attraper et de mesurer chaque goutte de pluie ou chaque flocon de neige. Nous devons nous contenter d'échantillons collectés en divers endroits mais nos données sur les précipitations deviennent d'autant plus précises que nous prenons plus d'échantillons. Chaque école GLOBE améliore ainsi la connaissance des précipitations dans sa région !

## Support pour l'enseignant

### *Échantillonnage et mesure des précipitations.*

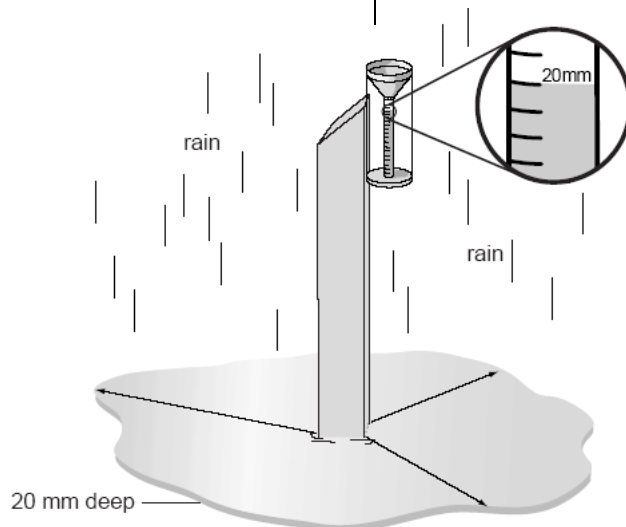
Les scientifiques qui modélisent le cycle hydrologique ont besoin de connaître la quantité totale ou le volume total d'eau qui tombe de l'atmosphère à la surface de la Terre. Lorsque les météorologues ou d'autres individus mesurent les précipitations, ils mesurent la hauteur de pluie ou de neige tombée durant une certaine période de temps. Les mesures au pluviomètre, comme celles réalisées par des élèves GLOBE, échantillonnent la quantité de précipitations. Pour avoir la quantité globale, vous faites l'hypothèse que la même hauteur d'eau est tombée dans la zone entourant le pluviomètre. Regardez la figure AT-PP-1. S'il n'y a qu'un seul pluviomètre dans la région, cette région peut être assez vaste ; plus la région est vaste, moins l'hypothèse sera bonne. Plus il y a d'écoles et d'individus qui mesurent la hauteur des précipitations et plus la zone concernée par chaque mesure devient petite de sorte que notre connaissance de cette partie du cycle hydrologique devient meilleure. Mesurer la

hauteur des chutes de neiges n'est pas suffisant pour vous aider à déterminer la quantité d'eau tombée sur la surface. Quiconque s'y connaît un peu en neige sait que certaines chutes de neige sont légères, poudreuses et assez sèches. D'autres chutes de neige sont lourdes et humides. Afin de déterminer l'équivalent en pluie d'une chute de neige donnée, nous devons collecter une quantité déterminée de neige et la faire fondre.

Tout comme nous ne pouvons pas mettre un gros seau dehors et ensuite utiliser un mètre pour mesurer la hauteur de pluie tombée, nous ne pouvons pas simplement recueillir un gros seau de neige et la faire fondre. Nous devons rassembler la neige à faire fondre dans un récipient de taille connue. La meilleure manière de déterminer l'équivalent en eau liquide de la neige est d'utiliser le cylindre extérieur de votre pluviomètre comme outil de ramassage. En enfonçant ce large cylindre verticalement dans la neige vous ramasserez la neige à l'aide d'un instrument de taille connue.

L'eau circule à l'intérieur de chaque plante et animal vivants. Les composés chimiques dans l'eau de pluie peuvent avoir des effets importants sur les écosystèmes au sol et dans l'eau. Lorsque l'eau se condense sous formes de gouttes de pluie, certains composés chimiques présents dans l'atmosphère se dissolvent dans ces gouttes et sont amenés à la surface par la pluie. Les aérosols (des particules suspendues dans l'atmosphère) s'accrochent également à la fois aux gouttes de pluie et aux flocons de neige et sont enlevés de l'atmosphère par les précipitations. Les scientifiques appellent ces processus des dépôts humides car les précipitations déposent des composés chimiques à la surface de la Terre au travers de ces processus.

Figure AT-PP-1



Les scientifiques désirent connaître la quantité de chaque composé chimique possible qui est déposé ; les élèves GLOBE peuvent les aider en mesurant la propriété chimique la plus importante des précipitations, le pH. Le pH de l'eau est modifié au fur et à mesure qu'elle se déplace dans l'environnement. Lorsque l'eau se condense initialement dans l'atmosphère, son pH est très proche du neutre (7.0). Ensuite, des gaz et des particules de l'atmosphère se dissolvent dans les gouttelettes d'eau. Ceci diminue généralement le pH, rendant les gouttelettes plus acides, mais dans des régions où le pH du sol est élevé (8.0 ou plus), le pH peut augmenter si les particules du sol emportées dans l'atmosphère sont mélangées aux gouttes d'eau. Les précipitations normales dans de l'air pur sont légèrement acides, le pH étant de l'ordre de 5.6. Ceci provient du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et de l'azote de l'atmosphère terrestre. Lorsque l'eau s'écoule à la surface du sol ou au travers du sol, son pH est modifié par la dissolution de composés chimiques issus de la surface ou du sol.

La combustion de certains carburants libère des gaz (généralement des oxydes d'azote ou de soufre) dans l'atmosphère qui se dissolvent dans les gouttes d'eau et rendent les précipitations plus acides. Si le pH des chutes de pluie est inférieur à 5.6, on parle de pluie acide qui peut endommager les plantes à long terme. La conséquence la plus sérieuse des pluies acides est un affaiblissement des plantes de sorte qu'elles deviennent beaucoup plus sensibles à des stress tels que le froid, les maladies, les insectes et la sécheresse. La pluie acide élimine également les éléments nutritifs du sol et peut libérer des ions d'aluminium solubles dans le sol qui peuvent endommager les racines des arbres. Si ces ions d'aluminium sont entraînés vers des lacs et des cours d'eau ils peuvent être néfastes à de nombreuses espèces de poissons. En plus d'être dangereuses pour les formes de vie, les pluies acides peuvent également endommager les bâtiments. La pluie acide est reconnue pour accélérer la corrosion des métaux et contribue à la destruction des structures en pierre et des statues. Dans de nombreuses régions du monde, des édifices et des sculptures célèbres se détériorent ainsi à une vitesse accrue.

Les changements qui peuvent être étudiés en utilisant les données GLOBE sur les précipitations sont ceux qui ont lieu sur de plus

courtes durées, de quelques jours à quelques années. Quelle est la variation saisonnière des précipitations ? Quand et à quelle vitesse la neige fond-elle en rendant ainsi son eau disponible à l'environnement ? Cette année est-elle particulièrement humide ou sèche pour notre région ? Quel est le pH des précipitations et comment varie-t-il ? Voici certaines des questions qui intéressent les scientifiques et qui peuvent être étudiées par les élèves GLOBE.

### ***Problèmes liés aux mesures***

Des mesures de la pluie doivent être prises journalièrement. Ceci permet d'avoir une vue complète des tendances de la pluie et du pH des précipitations à votre école et permet aussi de s'assurer que le pluviomètre est vérifié quotidiennement pour retirer des débris, des fientes d'oiseaux, etc. GLOBE autorise le compte-rendu d'accumulations de pluie d'une durée allant jusqu'à 7 jours mais plus le nombre de jours augmente et plus la précision des mesures faites diminue. Une partie de l'eau peut s'évaporer du pluviomètre, en particulier s'il fait chaud, les échantillons peuvent être contaminés et les lectures de la quantité et du pH peuvent concerner une combinaison d'orages et d'intempéries.

Malgré ces problèmes, la connaissance de l'ajout total d'eau à l'environnement local au cours du temps apporte une grande plus-value et donc les comptes-rendus de la totalité des chutes de pluies sur plusieurs jours sont importants lorsque vos élèves ne peuvent pas prendre des mesures quotidiennement.

Il est important de signaler s'il n'y a pas eu de pluie. Si une école ne signale la présence de pluie que lorsqu'il y a de l'eau dans le pluviomètre, les utilisateurs des données ne sauront pas ce qui s'est passé les autres jours, ce qui risque de rendre les données inutilisables. Parfois, l'eau du pluviomètre est renversée avant d'avoir fait la lecture. Dans ce cas, indiquez toujours « M » (manquant) pour la quantité. Ceci indique aux scientifiques qui utilisent les données GLOBE qu'il y a eu des chutes de pluie ce jour-là (ou les jours précédents) mais qu'une lecture précise n'a pu être faite. Si moins d'un demi-millimètre de pluie se trouve dans le cylindre, indiquez « T » (traces) pour la quantité. Voir table AT-PP-1.

Il est également important de prendre des mesures quotidiennes des chutes de neige. Néanmoins, si cela n'est pas possible, le nombre de jours écoulés



depuis la dernière lecture doit être signalé à GLOBE en même temps que la nouvelle lecture. Par exemple, supposons que vous avez vidé la planche à neige le vendredi mais que vous n'avez pas fait de mesures le samedi et le dimanche. Si vous mesurez ensuite les chutes de neige le lundi, vous signaleriez alors la quantité totale de nouvelle neige sur la planche et indiqueriez « 3 » pour le nombre de jours pendant lesquels la neige a été accumulée. Même si vous pensez savoir que toute la neige est tombée dimanche soir, vous devez malgré tout indiquer que votre mesure concerne la neige accumulée durant les 3 derniers jours. Comme pour le pluviomètre, des accidents peuvent arriver et il peut y avoir des jours où la planche a été nettoyée avant qu'une mesure ait pu être faite. Dans ce cas, vous devriez indiquer la

lettre « M » pour la quantité quotidienne de neige tombée.

Il est important que vous indiquiez une valeur manquante dans ce cas plutôt qu'un zéro. Bien que ce soit une erreur courante de remplacer une valeur manquante par un zéro, ceci peut conduire à des analyses erronées des données par la suite. Néanmoins, n'indiquez la lettre « M » que si la mesure de la chute de neige est véritablement perdue. Aussi, n'indiquez pas la lettre « M » pour les jours durant lesquels la neige s'accumulait sur la planche à neige. Par exemple, lorsque la neige tombée a été mesurée vendredi et lundi, elle a été autorisée à s'accumuler samedi et dimanche. **N'INDIQUEZ PAS** la lettre « M » pour les valeurs de chutes de neige le samedi et le dimanche. Ces valeurs ne sont pas manquantes ; elles sont incluses dans la chute de neige totale signalée le lundi.

Tableau AT-PP-1 : Reporting Precipitation

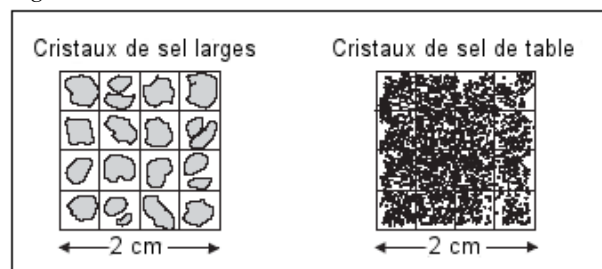
Type of Event	Report to GLOBE the # of days since your last measurement AND.....
No rainfall	0
Rainfall > 0.5 mm with no problems reading the gauge	The rainfall amount in your rain gauge
Very small amount of rain < 0.5 mm	T (for Trace)
Spilled rain gauge before measurement could be made; gauge post fell over; etc	M (for Missing)

Même si aucune nouvelle neige n'est tombée sur votre planche durant les 24 dernières heures, vous devriez prendre une mesure quotidienne de la hauteur totale de neige au sol. Cette observation peut donner aux scientifiques des informations sur la vitesse avec laquelle la neige fond ou sublime (passage d'un solide à un gaz sans d'abord passer par un liquide).

En plus de mesurer la quantité de pluie tombée (et l'équivalent en pluie pour la neige), vous devriez mesurer le pH de la pluie ou de la neige fondue en utilisant soit du papier pH soit un pH-mètre. Des mesures particulières doivent être prises car la plupart des précipitations ont une faible conductivité et le papier pH comme le pH-mètre ne fonctionnent pas bien avec des échantillons à faible conductivité. L'ajout de cristaux de sel à la pluie ou à la neige fondue va accroître la conductibilité jusqu'à un niveau approprié. Vous pouvez utiliser soit des cristaux larges (0.5 à 2.0 mm de diamètre) ou du sel de table fin (avec des cristaux de moins de 0.5 mm de diamètre),



comme indiqué à la Figure AT-PP-2. Si vous choisissez du sel de table, vous utiliserez une *fiche à sel* afin de mesurer la quantité appropriée de sel. Une *fiche à sel* est une fiche en carton ou un morceau de papier qui contient deux cercles, un de diamètre 4mm et un second de diamètre 5mm.

Figure AT-PP-2 : Deux tailles de cristaux de sel



Vous pouvez créer une *fiche à sel* soit en dessinant deux tels cercles sur une fiche en carton ou sur un morceau de papier ou en copiant ou photocopiant la Figure AT-PP-3 sur une nouvelle feuille de papier. Les cristaux de sel larges sont ajoutés en utilisant une pince à épiler.

Figure AT-PP-3 : Exemple de Fiche à Sel à Recopier ou à Photocopier sur une Nouvelle Feuille de Papier

<b>Fiche à sel</b>
Remplissez le cercle approprié avec une <b>seule</b> couche de sel de table

Cercle de 4 mm – utilisez avec 30-40 mL d'échantillon d'eau de précipitations

Cercle de 5 mm – utilisez avec 40-50 mL d'échantillon d'eau de précipitations

### **Préparation des élèves**

#### *Précipitations liquides*

Avant de mettre en place le pluviomètre, promenez-vous avec les élèves autour de l'école afin de trouver les meilleurs endroits pour placer ce pluviomètre. Pour aider les élèves à commencer à déterminer les meilleurs endroits, les questions suivantes leur seraient utiles :

- Où placeriez-vous un pluviomètre pour récolter le plus de pluie possible ? Pourquoi ? (Un élève astucieux pourrait répondre que le meilleur endroit pour récolter le plus de pluie possible serait en-dessous d'une gouttière où le pluviomètre pourrait recueillir la pluie s'écoulant du toit d'un immeuble !)
- Est-ce que l'endroit où vous récolteriez le plus de pluie est également le meilleur endroit pour placer le pluviomètre ? Pourquoi ? (Rappelez-vous que vos données doivent être représentatives des zones environnantes)

En vous promenant autour du terrain de l'école, demandez aux élèves de dessiner une carte de la zone. Les plus jeunes pourraient juste esquisser les caractéristiques principales comme les bâtiments scolaires, les parkings, les plaines de jeux, etc. Les plus âgés devraient rajouter plus de détails, comme la nature de la surface de la plaine de jeux (pavée, couverte d'herbe ou dénudée).

L'objectif est d'avoir un plan de l'école de sorte qu'une fois la décision prise concernant l'emplacement des instruments, les élèves peuvent indiquer cet emplacement sur le plan.

Ceci permettra aux élèves de donner une bonne description physique de la zone aux alentours de leurs instruments. Les années suivantes, les élèves des nouvelles classes pourront répéter cet exercice afin d'indiquer tout

changement concernant les terrains scolaires et afin de comprendre pourquoi un endroit particulier a été choisi.

Observer et réaliser un plan de la zone environnant le pluviomètre sont les quatre éléments clés d'une bonne pratique scientifique. Premièrement, les plans devraient être repris dans les Carnets de Bord Scientifiques individuels de chaque élève pour documenter leurs observations et notes personnelles. Deuxièmement, une carte devrait être reprise dans le Carnet de Données de l'école tout comme les *Feuilles de Données*. Les données concernant les conditions sous lesquelles les mesures sont faites sont des métadonnées importantes – des données sur les données – et devraient être conservées dans les archives de l'école. Troisièmement, les feuilles GLOBE de définition de site et les formulaires GLOBE de saisie de données prévoient de l'espace pour mettre les métadonnées comme commentaires. Les scientifiques doivent communiquer aux autres toutes les informations nécessaires concernant leurs observations pour qu'ils puissent utiliser leurs données. Quatrièmement, tous les scientifiques devraient appréhender une mesure avec un certain scepticisme et se poser des questions telles que : « Qu'est-ce qui pourrait influencer mes observations et me donner des données inexacts ou non représentatives ? ».

#### *Précipitations solides*

Avant la première chute de neige, promenez-vous avec les élèves autour de l'école pour trouver les meilleurs endroits pour mesurer l'épaisseur de la couche de neige. Ils devraient trouver une zone éloignée des bâtiments, des arbres et de tout autre objet susceptible d'affecter l'épaisseur de la couche de neige. Bien entendu, comme pour la pluie, il y a des variations à faible échelle au niveau de l'épaisseur de la couche de neige. Quelques questions à poser aux élèves afin de les aider à décider du meilleur endroit pour mesurer la neige sont :

- La zone du pluviomètre est-elle une bonne zone pour mesurer les chutes de neige ? Pourquoi ?
- Pensez-vous que les différents types de surface (herbe, macadam, etc...) modifient la quantité de neige s'accumulant à un endroit donné ?
- Quelles différences au niveau de l'épaisseur de la couche de neige pensez-vous que vous verriez entre une zone plate et une zone très accidentée ?
- Est-il probable que quelqu'un déplace la neige dans cette zone en y marchant ou en enlevant

à la pelle ? Est-ce que du sel ou du sable provenant de trottoirs ou de rues proches contamineront cette zone ?

Les mesures d'équivalent en eau de la nouvelle neige et de la couche de neige relient les données sur la pluie et sur la neige ensemble en tant qu'éléments du cycle hydrologique. Discutez avec les élèves des concepts d'équivalent en eau de la neige, que la neige est de l'eau conservée à la surface de la Terre et les raisons pour lesquelles les échantillons de neige doivent être pris avec les précautions requises par les protocoles. Les élèves qui comprennent les concepts d'échantillonnage de la pluie et la manière dont les mesures de neige sont corrélées avec les mesures de pluie sauront être plus prudents et plus confiants lors de la prise de mesures.

### **Questions pour aller plus loin**

Quand il y a-t-il des précipitations dans votre région ? Pourquoi ?

Que se passerait-il si vous aviez seulement la moitié de la quantité normale de précipitations pendant une année ? Comment les conséquences varieraient-elles suivant la période de l'année durant laquelle il y aurait eu moins de précipitations ?

Que se passerait-il si vous aviez le double de la quantité normale de précipitations pendant une année ? Comment les conséquences varieraient-elles suivant la période de l'année durant laquelle il y aurait eu plus de précipitations ?

La quantité de précipitations à votre école est-elle la même ou différente des quantités mesurées aux 5 écoles GLOBE les plus proches ? Quelles sont les origines de ces différences ou similitudes ?

D'où viennent les tempêtes de neige et de pluie avant d'atteindre votre région ?

Est-ce que le pH des précipitations varie d'une tempête à l'autre ? Pourquoi ?

Quel est le lien entre la quantité et le timing des précipitations et l'éclosion des bourgeons et d'autres mesures phénologiques ?

Quel est le lien entre la quantité et le timing des précipitations et la quantité de terre dans votre région ?

Quel est le lien entre le pH des précipitations et le pH du sol et des points d'eaux proches ?

## **Entretien et calibration des instruments**

### **Entretien**

Même s'il n'a pas plu, vous devriez vérifier votre pluviomètre chaque jour pour être sûr qu'il n'y a pas de débris à l'intérieur (feuilles d'arbre, branchettes, papier, etc.). Certains oiseaux semblent apprécier de s'asseoir sur le bord du pluviomètre et de laisser des fientes derrière eux. Environ une fois par mois, le pluviomètre devrait être consciencieusement nettoyé avec de l'eau et une brosse. Ceci afin de retirer toute moisissure ou autre risquant de pousser à l'intérieur du pluviomètre. Dans des régions très humides, le pluviomètre peut avoir besoin d'un brossage plus fréquent ; dans des régions sèches seulement une fois tous les deux ou trois mois (bien que les débris secs devraient toujours encore être retirés tous les jours). N'utilisez jamais de savon ou de détergent en nettoyant le pluviomètre car les résidus contamineraient les mesures de pH des précipitations.

Rentrez le pluviomètre à l'intérieur lorsqu'il gèle. Ceci empêchera le cylindre gradué de se fissurer. Néanmoins, si vous êtes dans une saison de transition où les températures peuvent tomber en-dessous ou monter au-dessus de 0°C durant une période de mesures de 24h et si de la pluie comme de la neige peuvent tomber, vous pouvez laisser le grand tube dehors sans le petit cylindre gradué avec son entonnoir. Cette partie du pluviomètre courre en effet moins de risques de se voir fissurer. Toute précipitation tombant dans le gros tube pourra être ramenée à l'intérieur et versée dans le petit tube pour obtenir des mesures précises.

La planche à neige nécessite peu d'entretien. Les principaux points à vérifier sont d'être sûr que le réceptacle est vidé après chaque mesure et de le vérifier de temps en temps pour être certain que la planche ne se soit pas déformée.

### **Calibration**

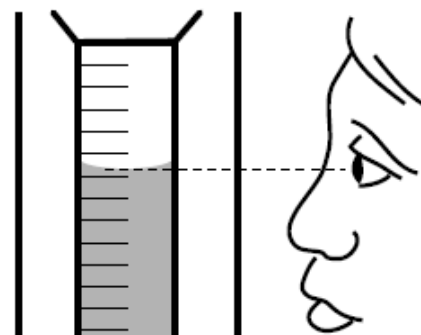
Pour être sûr que votre pluviomètre est à niveau, vous devez simplement placer un niveau de maçon au-dessus du sommet de l'entonnoir du pluviomètre dans deux directions différentes. Un niveau de maçon est un morceau de planche droit qui contient de petits tubes en verre disposés selon une ou plusieurs directions. Chaque petit tube présente des marques et contient une petite bulle d'air.

# Protocole relatif aux chutes de pluie

Guide de Terrain

## But

Mesurer la quantité de pluie accumulée dans votre pluviomètre.  
Mesurer le pH de la pluie.  
Préparer le pluviomètre pour recueillir plus de pluie.



## Ce Dont Vous Avez Besoin

- Un pluviomètre placé et monté convenablement
- Guide de Laboratoire sur le pH des précipitations* approprié
- Un bocal propre avec couvercle pour les échantillons de mesures de pH
- Feuille de Données d'Etude de l'Atmosphère*       Un bic ou un crayon

## Sur le Terrain

1. Lisez le niveau d'eau dans votre pluviomètre; assurez vous que vos yeux sont à niveau avec l'eau contenue dans le cylindre gradué. Lisez le niveau au pied du ménisque.
2. Relevez la pluviométrie au dixième de millimètre près.
  - S'il n'y a pas d'eau dans le pluviomètre, indiquez 0.0 mm
  - S'il y a moins de 0.5 mm, indiquez « T » comme traces.
  - Si vous renversez de l'eau avant de mesurer la quantité de pluie, indiquez « M » comme manquant pour la quantité. (Si vous avez uniquement renversé un petit peu d'eau, indiquez la quantité non renversée dans les métadonnées)
3. Versez l'eau dans le bocal d'échantillonnage et refermez-le pour les mesures de pH.
4. S'il y a de l'eau dans le tube de débordement :
  - a. Retirez le cylindre gradué du tube de débordement.
  - b. Lisez le niveau d'eau dans le cylindre gradué en le tenant de telle manière que vos yeux soient à niveau avec le ménisque.
  - c. Relevez la quantité au dixième de millimètre près.
  - d. Versez l'eau du cylindre gradué dans le bocal pour la mesure du pH.
  - e. Versez l'eau du tube de débordement dans le cylindre gradué.
  - f. Répétez les étapes b jusque e jusqu'à ce que le tube de débordement soit vide.
  - g. Additionnez vos mesures et prenez le total pour la quantité de pluie.
5. Relevez le nombre de jours pendant lesquels la pluie s'est accumulée. (Le nombre de jours écoulé depuis la dernière fois où le pluviomètre a été vérifié et vidé)
6. Mettez en œuvre le *Guide de Laboratoire sur le pH des précipitations* approprié (selon les types d'instruments de mesures de pH et de sel utilisés).
7. Séchez le pluviomètre et remettez-le en place.

# Protocole relatif aux précipitations solides

## Guide de Terrain

### **But**

Mesurer la quantité de nouvelle neige accumulée sur votre planche.

Mesurer l'épaisseur totale de neige au sol.

Prendre des échantillons de la nouvelle neige et de la couche de neige pour les mesures de pH.

Prendre des échantillons de la nouvelle neige et de la couche de neige pour en déterminer l'équivalent en eau.

Préparer la planche à neige pour recueillir plus de neige.

### **Ce Dont Vous Avez Besoin**

- Un mètre (ou une barre pour mesurer plus longue si la neige s'est accumulée sur plus d'un mètre d'épaisseur)
- Une planche à neige
- Un récipient à côtés droits
- Le tube de débordement de votre pluviomètre
- Deux bocaux propres avec couvercles pour les échantillons de pH
- Un récipient pour l'échantillon d'équivalent en eau de la couche de neige
- Un objet plat et propre à glisser en-dessous des récipients renversés
- Feuille de Données d'Etude de l'Atmosphère*
- Bic ou crayon
- Des étiquettes pour les échantillons de neige

### **Sur le Terrain**

1. Insérer le mètre verticalement dans la neige jusqu'à ce qu'il touche le sol. Faites attention à ne pas confondre une couche de glace ou de neige très compacte avec le sol. Lisez et relevez l'épaisseur de la couche de neige.
2. Répétez cette mesure à au moins deux endroits différents où la neige n'a pas été balayée (par le vent).
3. Notez ces trois nombres pour la chute de neige totale. Si la couche de neige a une épaisseur si faible qu'elle ne peut être lue, indiquez la lettre « T » (pour traces) pour la couche de neige totale.
4. S'il a neigé sur la couche de neige précédente, insérez doucement le mètre verticalement dans la neige jusqu'à ce qu'il touche la planche à neige. Lisez et relevez l'épaisseur de cette nouvelle neige. S'il n'a pas neigé, indiquez 0.0 comme épaisseur de nouvelle neige.
5. S'il a neigé, prenez au moins deux autres mesures en des endroits différents de la planche à neige.
6. Conservez ces nombres pour l'épaisseur de la nouvelle neige. S'il a si peu neigé qu'une épaisseur ne peut être lue correctement, indiquez la lettre « T » (pour traces) pour la nouvelle neige. Si la neige sur la planche à neige a été touchée avant que vous ne puissiez prendre une mesure précise, indiquez "M" pour manquant..
7. Notez le nombre de jours écoulés depuis la dernière lecture de l'épaisseur de neige sur la planche à neige.

*Prendre des Echantillons pour le Laboratoire*

8. Après avoir mesuré l'épaisseur de la nouvelle neige sur la planche à neige et de la couche de neige, prenez un récipient à côtés droits (comme le tube de débordement du pluviomètre) et tenez-le droit au-dessus de la couche de neige, de préférence loin de la planche à neige. Choisissez un endroit où la neige n'a pas été touchée. Poussez le récipient vers le bas jusqu'à ce qu'il touche le sol.
9. Glissez quelque chose de plat et propre sous le récipient juste au-dessus du sol et retournez le récipient. Faites bien attention à ne pas perdre de neige.
10. Conservez cet échantillon dans un récipient propre, couvrez-le et étiquetez-le "pH de la couche de neige".
11. Prenez le tube de débordement du pluviomètre et tenez-le droit au-dessus de la neige, de préférence loin de la planche à neige. Choisissez un endroit où la neige n'a pas été touchée. Poussez le tube vers le bas jusqu'à ce qu'il touche le sol.
12. Conservez cet échantillon dans votre tube ou un récipient propre, couvrez-le et étiquetez-le "équivalent en eau de la couche de neige".
13. Tenez un récipient à faces droites au-dessus de la planche à neige. Poussez ce récipient vers le bas jusqu'à ce qu'il touche la surface de planche.
14. Glissez quelque chose de plat et propre sous le récipient juste au-dessus de la planche et retournez le récipient.
15. Conservez cet échantillon dans un récipient propre, couvrez-le et étiquetez-le "pH de la nouvelle neige".
16. Tenez le tube de débordement du pluviomètre droit au-dessus de la planche à neige. Poussez-le vers le bas jusqu'à ce qu'il touche la surface de la planche. Glissez quelque chose de plat en dessous du tube et retournez-le OU tenez le tube contre la planche et retournez la planche et le tube. Faites bien attention à ne pas perdre de neige.
17. Conservez cet échantillon dans votre tube de débordement ou tout autre récipient, couvrez-le, étiquetez-le "équivalent en eau de la nouvelle neige" et ramenez-le à l'intérieur.
18. Une fois que tous les échantillons ont été pris, placez la planche sur la couche de neige. Poussez doucement la planche dans la neige jusqu'à ce que sa surface soit au même niveau que la surface de la neige. Placez un drapeau ou un indice non loin afin de vous aider à retrouver la planche après la prochaine chute de neige.
19. Ramenez vos échantillons étiquetés à l'intérieur pour les faire fondre et les mesurer.

# Protocole relatif aux précipitations solides

Guide de Laboratoire

## **But**

Déterminer l'équivalent en eau liquide de la nouvelle chute de neige et de la couche de neige totale.  
Déterminer le pH de la nouvelle neige et de la couche de neige totale.

## **Ce Dont Vous Avez Besoin**

- Des échantillons (pH et équivalent en eau pour la nouvelle neige et la couche de neige)
- Guide de Laboratoire sur le pH des précipitations* approprié
- Le petit cylindre gradué de votre pluviomètre
- Feuille de Données d'Etude de l'Atmosphère*

## **Au Laboratoire**

1. Une fois que vos échantillons sont à l'intérieur, laissez-les fondre. Soyez sûr qu'ils sont bien couverts afin de prévenir toute évaporation.
2. Versez l'eau provenant de l'échantillon "nouvelle neige" dans le cylindre gradué du pluviomètre (vous pouvez utiliser l'entonnoir pour vous y aider).
3. Lisez et relevez l'équivalent en eau en millimètres et ce au dixième de millimètres près.
4. S'il y a encore de l'eau, videz le cylindre gradué et répétez les étapes 2 à 3 en additionnant les quantités.
5. Notez ceci comme l'équivalent en eau dans votre *Feuille de Données*.
6. Reversez l'eau de la neige fondue dans le bocal d'échantillons.
7. Mettez en œuvre le *Guide de Laboratoire sur le pH des précipitations* approprié (suivant le type d'instrument de mesure de pH et de sel utilisés) sur l'échantillon de pH.
8. Répétez les étapes 2 à 7 pour l'échantillon "couche de neige".

# pH des précipitations en utilisant du papier à pH et de gros cristaux de sel

Guide de Laboratoire

## **But**

Mesurer le pH de vos précipitations en utilisant du papier à pH et des gros cristaux de sel

## **Ce Dont Vous Avez Besoin**

- Feuille de Données d'Etude de l'Atmosphère
- De gros cristaux de sel (0.5 à 2 mm de diamètre)
- Pince à épiler
- Baguette de mélange ou cuillère
- Papier à pH
- 3 béchers ou bocaux propres de 100 mL
- Un bocal fermé contenant au moins 30 mL de pluie ou de neige fondue
- Gants en latex
- Bic ou crayon
- Eau distillée

## **Guide de Laboratoire**

1. Versez 50 mL (ou moins si vous n'avez pas 50 mL) d'échantillon de pluie ou de neige de votre bocal d'échantillons dans un bécher propre. Vous devez avoir au moins 30 mL d'échantillon pour mesurer le pH.
2. Mettez les gants en latex.
3. Utilisez la pince à épiler pour ajouter un cristal de sel dans le bécher.
4. Mélangez complètement le contenu du bécher avec une baguette ou une cuillère jusqu'à ce que le sel soit dissout.
5. Suivez les instructions jointes au papier à pH pour mesurer le pH de l'échantillon. Notez la valeur du pH dans votre *Feuille de Données*.
6. S'il vous reste au moins 30 mL de pluie ou de neige fondue dans votre bocal d'échantillon, répétez alors les étapes 1 à 5.  
Dans le cas contraire, répétez l'étape 5 jusqu'à ce que vous ayez 3 mesures de pH.
7. Calculez la moyenne des 3 mesures de pH et notez-la dans votre *Feuille de Données*.
8. Vérifiez que le pH de chaque mesure se trouve à moins d'une unité de la moyenne. Si ce n'est pas le cas, recommencer les mesures. Si ce n'est toujours pas le cas, discutez-en avec votre enseignant.
9. Jetez le papier pH dans la poubelle et rincer les béchers et le bocal à échantillons trois fois avec de l'eau distillée.



# pH des précipitations en utilisant du papier à pH et du sel de table

Guide de Laboratoire

## **But**

Mesurer le pH de votre échantillon en utilisant du papier à pH et du sel de table.

## **Ce Dont Vous Avez Besoin**

- Feuille de Données d'Etude de l'Atmosphère
- Du sel de table (cristaux de - de 0.5 mm de diamètre)
- La Carte à Sel consistant de cercles de 4 et 5 mm de Diamètre tracés sur du carton ou un morceau de papier
- Baguette de mélange ou cuillère
- Papier à pH
- 3 béchers ou bocaux propres de 100 mL
- Gants en latex
- Un bocal fermé contenant au moins 30 mL de pluie ou de neige fondue
- Bic ou crayon
- Eau distillée

## **Guide de Laboratoire**

1. Versez 50 mL (ou moins si vous n'avez pas 50 mL) d'échantillon de pluie ou de neige de votre bocal d'échantillons dans un bécher propre. Vous devez avoir au moins 30 mL d'échantillon pour mesurer le pH.
2. Mettez les gants en latex.
3. Mettez une pincée de sel sur le cercle approprié de votre Carte à Sel. Si votre échantillon de pluie ou de neige fondue est de 40 à 50 mL, utilisez le cercle de 5 mm de diamètre. Si votre échantillon de pluie ou de neige fondue est de 30 à 40 mL, utilisez le cercle de 4 mm de diamètre.
4. Remplissez le cercle approprié avec une **seule** couche de sel. Retirez tout excès de sel.
5. Versez le sel recouvrant le cercle de votre Carte à Sel dans le bécher.
6. Mélangez complètement le contenu du bécher avec une baguette ou une cuillère jusqu'à ce que le sel soit dissout.
7. Suivez les instructions jointes au papier à pH pour mesurer le pH de l'échantillon. Notez la valeur du pH dans votre Feuille de Données.
8. S'il vous reste au moins 30 mL de pluie ou de neige fondue dans votre bocal d'échantillon, répétez alors les étapes 1 à 7.  
Dans le cas contraire, répétez l'étape 7 jusqu'à ce que vous ayez 3 mesures de pH.
9. Calculez la moyenne des 3 mesures de pH et notez-la dans votre Feuille de Données.
10. Vérifiez que le pH de chaque mesure se trouve à moins d'une unité de la moyenne. Si ce n'est pas le cas, recommencer les mesures. Si ce n'est toujours pas le cas, discutez-en avec votre enseignant.
11. Jetez le papier pH dans la poubelle et rincer les béchers et le bocal à échantillons trois fois avec de l'eau distillée.

# pH des précipitations en utilisant un pH-mètre et de gros cristaux de sel

Guide de Laboratoire

## **But**

Mesurer le pH de vos précipitations en utilisant un pH-mètre et des gros cristaux de sel

## **Ce Dont Vous Avez Besoin**

- Feuille de Données d'Etude de l'Atmosphère
- Gros cristaux de sel (0.5 à 2 mm de diamètre)
- Tampons pH de 4, 7 et 10
- 3 béchers ou bocaux propres de 100mL
- Bocal d'échantillon fermé contenant au moins 30 mL d'échantillon de pluie ou de neige fondue
- Pince à épiler
- Bic ou crayon
- pH-mètre
- Gants en latex
- Eau distillée

## **Guide de Laboratoire**

1. Mettez les gants en latex.
2. Calibrez le pH-mètre en suivant les instructions de l'instrument et les tampons pH. Faites en sorte d'utiliser suffisamment de solution étalon pour couvrir entièrement la pointe de l'électrode.
3. Rincez *soigneusement* l'électrode avec de l'eau distillée. Toute solution étalon restante va contaminer votre échantillon.
4. Versez 50 mL (ou moins si vous n'avez pas 50 mL) d'échantillon de pluie ou de neige de votre bocal d'échantillons dans un bécher propre. Vous devez avoir au moins 30 mL d'échantillon pour mesurer le pH.
5. Utilisez la pince à épiler pour ajouter un cristal de sel dans le bécher.
6. Mélangez complètement le contenu du bécher avec une baguette ou une cuillère jusqu'à ce que le sel soit dissout.
7. Suivez les instructions du pH-mètre pour mesurer le pH de l'échantillon et notez la mesure dans votre *Feuille de Données*. (**Note:** l'électrode doit être entièrement recouverte d'eau de l'échantillon).
8. S'il vous reste au moins 30 mL de pluie ou de neige fondue dans votre bocal d'échantillon, répétez alors les étapes 4 à 7.  
Dans le cas contraire, répétez l'étape 7 jusqu'à ce que vous ayez 3 mesures de pH.
9. Calculez la moyenne des 3 mesures de pH et notez-la dans votre *Feuille de Données*.
10. Vérifiez que le pH de chaque mesure se trouve à moins de 0.2 unité de la moyenne. Si ce n'est pas le cas, recommencer les mesures. Si ce n'est toujours pas le cas, discutez-en avec votre enseignant.
11. Jetez le papier pH dans la poubelle et rincer les béchers et le bocal à échantillons trois fois avec de l'eau distillée.

# pH des précipitations en utilisant un pH-mètre et du sel de table

Guide de Laboratoire

## **But**

Mesurer le pH de vos précipitations en utilisant un pH-mètre et des gros cristaux de sel

## **Ce Dont Vous Avez Besoin**

- Feuille de Données d'Étude de l'Atmosphère
- Du sel de table (cristaux de - de 0.5 mm de diamètre)
- La Carte à Sel consistant de cercles de 4 et 5 mm de diamètre tracés sur du carton ou un morceau de papier
- Baguette de mélange ou cuillère
- pH-mètre
- Tampons pH de 4, 7 et 10
- 3 béchers ou bocaux propres de 100mL
- Bocal d'échantillon fermé contenant au moins 30 mL d'échantillon de pluie ou de neige fondue
- Gants en latex
- Bic ou crayon
- Eau distillée

## **Guide de Laboratoire**

1. Mettez les gants en latex.
2. Calibrez le pH-mètre en suivant les instructions de l'instrument et les tampons pH. Faites en sorte d'utiliser suffisamment de solution étalon pour couvrir entièrement la pointe de l'électrode.
3. Rincez *soigneusement* l'électrode avec de l'eau distillée. Toute solution étalon restante va contaminer votre échantillon.
4. Versez 50 mL (ou moins si vous n'avez pas 50 mL) d'échantillon de pluie ou de neige de votre bocal d'échantillons dans un bécher propre. Vous devez avoir au moins 30 mL d'échantillon pour mesurer le pH.
5. Mettez une pincée de sel sur le cercle approprié de votre *Carte à Sel*. Si votre échantillon de pluie ou de neige fondue est de 40 à 50 mL, utilisez le cercle de 5 mm de diamètre. Si votre échantillon de pluie ou de neige fondue est de 30 à 40 mL, utilisez le cercle de 4 mm de diamètre.
6. Remplissez le cercle approprié avec une **seule** couche de sel. Retirez tout excès de sel.
7. Versez le sel recouvrant le cercle de votre *Carte à Sel* dans le bécher.
8. Mélangez complètement le contenu du bécher avec une baguette ou une cuillère jusqu'à ce que le sel soit dissous.
9. Suivez les instructions du pH-mètre pour mesurer le pH de l'échantillon et notez la mesure dans votre *Feuille de Données*. (**Note:** l'électrode doit être entièrement recouverte d'eau de l'échantillon).
10. S'il vous reste au moins 30 mL de pluie ou de neige fondue dans votre bocal d'échantillon, répétez alors les étapes 4 à 9.  
Dans le cas contraire, répétez l'étape 9 jusqu'à ce que vous ayez 3 mesures de pH.
11. Calculez la moyenne des 3 mesures de pH et notez-la dans votre *Feuille de Données*.
12. Vérifiez que le pH de chaque mesure se trouve à moins de 0.2 unité de la moyenne. Si ce n'est pas le cas, recommencer les mesures. Si ce n'est toujours pas le cas, discutez-en avec votre enseignant.
13. Jetez le papier pH dans la poubelle et rincer les béchers et le bocal à échantillons trois fois avec de l'eau distillée.

## Questions fréquentes

### **1. Pourquoi devons-nous vérifier le pluviomètre tous les jours même s'il n'a pas plu ?**

Le problème des récipients tels qu'un pluviomètre est qu'ils ont tendance à recueillir plus que simplement de la pluie. Des feuilles d'arbre, de la crasse et d'autres débris peuvent rapidement rendre le pluviomètre inutilisable comme instrument scientifique. Ces débris peuvent boucher l'entonnoir, entraînant un écoulement de la pluie hors du pluviomètre. Même si les débris ne sont pas assez larges pour bloquer l'entonnoir, ils risquent de se mélanger à la pluie et de modifier le niveau de précipitations lu ou les valeurs de pH. C'est pourquoi il est primordial que vous vérifiez le pluviomètre tous les jours pour s'assurer qu'il n'y a pas de poussière ou de débris.

### **2. Qu'est-ce que le midi solaire et comment savoir à quel moment il a lieu dans notre région ?**

Le midi solaire local est un terme utilisé par les scientifiques pour indiquer le moment de la journée où le soleil atteint son plus haut point dans le ciel par rapport à votre emplacement. Le meilleur moyen de déterminer le zénith local est de trouver les heures exacts de lever et de coucher de soleil dans votre région, de calculer le nombre total d'heures de soleil entre ces deux moments, de diviser ce nombre par deux et d'ajouter ce dernier nombre à l'heure du lever de soleil. Rappelez-vous aux exemples de *Midi Solaire* dans la partie sur la *Logistique de Mesures*.

### **3. Quand devrions-nous mettre en place notre planche à neige ?**

L'avantage de la planche à neige est que vous n'avez pas besoin d'anticiper la première chute de neige. La planche à neige n'a pas besoin d'être mise en place avant qu'il ait déjà neigé. Le but de la planche est de fournir une barrière entre la neige précédente et la nouvelle neige de manière à pouvoir mesurer l'épaisseur, l'équivalent en eau et le pH des nouvelles chutes de neige.

### **4. Pouvons-nous laisser le tube de débordement de notre pluviomètre dehors pour attraper la neige ?**

Malheureusement, cela ne marchera pas. La neige chasse trop pour obtenir une mesure

correcte de la profondeur en utilisant un pluviomètre. De plus, nous devons avoir plusieurs mesures de l'épaisseur de neige et les moyenner pour obtenir une mesure plus précise de l'épaisseur de la neige dans une région. Néanmoins, laissez le pluviomètre à l'extérieur les jours où la température descendra à la fois en-dessous et au-dessus de 0°C pour recueillir à la fois la pluie et la neige. Ces jours là, la neige sera généralement lourde et humide et ne chassera pas autant et en plus elle fondra avant le zénith du soleil. Vous pouvez mesurer le niveau d'eau dans le tube de débordement pour obtenir l'équivalent en eau de la neige ajoutée aux chutes de pluie.

### **5. Que faisons-nous si l'épaisseur de la nouvelle neige ou de la couche de neige est plus importante que la profondeur de notre récipient ?**

Compactez la neige dans le conteneur. S'il y a vraiment trop de neige, poussez le récipient aussi bas que possible et ensuite retirez-le.

Si la neige reste dans le récipient, videz-le dans un autre récipient de n'importe quelle forme ; ou si la neige ne reste pas dans le récipient en le remontant, utilisez une petite pelle ou un outil similaire pour retirer la neige du trou fait par le récipient. Mettez toute la neige dans un récipient séparé qui peut avoir n'importe quelle forme.

Ensuite, poussez votre récipient à faces droites plus profondément dans la couche de neige pour allonger le trou où votre premier échantillon a été pris et répétez ces étapes jusqu'à ce que vous ayez un échantillon allant de la surface de la couche de neige jusqu'au sol ou jusqu'à la planche.

### **6. Le protocole sur la neige dit de prendre jusqu'à 4 échantillons pour les mesures de pH mais nous n'avons qu'un seul tube de débordement ; que pouvons-nous faire ?**

Les échantillons à pH n'ont pas besoin d'être pris en utilisant le tube de débordement. N'importe quel conteneur à faces droites suffira pour autant qu'il soit propre et qu'il ne contamine pas les relevés de pH de la neige. Parfois, le pH change pendant une pluie ou une tempête de neige et GLOBE veut avoir le pH des précipitations globales tombées le jour précédent. Les points importants de l'échantillonnage sont :

1. éviter de prendre de la neige qui peut être contaminée par contact avec la planche à neige ou toute autre surface et

2. recueillir une colonne uniforme de neige qui sera représentative de la neige tombée pendant toute la chute de neige.

Le tube de débordement du pluviomètre est utilisé pour collecter les échantillons de « nouvelle neige » et de « couche de neige » afin que vous mesuriez l'équivalent en eau en utilisant le cylindre gradué du pluviomètre. Si vous avez uniquement un seul pluviomètre, prenez d'abord l'échantillon de couche de neige, videz le contenu du tube de débordement dans un autre récipient et étiquetez-le. Ensuite, réutilisez le tube de débordement pour prendre l'échantillon de la planche à neige. Si vous ne désirez pas utiliser le pluviomètre, vous devriez faire ceci :

1. Utilisez des récipients droits au lieu du tube de débordement
2. Prenez les échantillons et faites les fondre comme prévu.
3. En utilisant votre cylindre gradué de 100 mL ou de 500 mL, versez l'échantillon dans ce cylindre et mesurez le volume le plus précisément possible ( $\pm 1$  mL dans le cylindre de 100 mL et  $\pm 5$  mL dans le cylindre de 500 mL).
4. Déterminer la surface de l'entrée du récipient droit. Si elle est circulaire, mesurez en le diamètre et calculez la surface de la manière suivante :

$$\text{Rayon} = \frac{\text{Diamètre}}{2}$$

$$\text{Surface (cm}^2\text{)} = \pi \times \text{Rayon}^2$$

Ou si elle est rectangulaire, mesurer la largeur et la longueur de l'entrée et calculez la surface de la manière suivante :

$$\text{Surface (cm}^2\text{)} = \text{Largeur (cm)} \times \text{Longueur (cm)}$$

5. Calculez la hauteur équivalente de l'eau fondue de la manière suivante :

$$\text{Profondeur (mm)} = \frac{\text{Volume d'eau fondue (mL = cm}^3\text{)}}{\text{Surface (cm}^2\text{)}} \times 10(\text{mm/cm})$$

Faites attention au fait que des mL sont équivalents à des centimètres cubes. Calculez la profondeur au dixième de millimètre près.

## 7. Que devrions-nous faire si nous risquons d'avoir à la fois de la pluie et de la neige durant certaines périodes de l'année ?

Il y a de nombreux endroits où durant les périodes de transition (de l'automne à l'hiver et puis de l'hiver au printemps) les températures peuvent fluctuer de part et d'autre de 0°C en assez peu de temps. Dès qu'il est probable que la température de nuit tombe en-dessous de 0°C, rentrez l'entonnoir et le cylindre gradué du pluviomètre à l'intérieur. Laissez le tube de débordement sur place. Le cylindre gradué étroit présente beaucoup plus de risques de se fêler que le tube de débordement plus large si de la glace se forme à l'intérieur après une chute de pluie. Le tube de débordement suffira à recueillir toute pluie ou neige qui tombera.

Dans certains cas, il se peut que la neige tombée ait fondue avant l'heure prévue pour les mesures. Si cela a lieu, vous ne pourrez pas relever une épaisseur de neige mais vous pouvez toujours indiquer dans les métadonnées qu'il y avait de la neige au sol mais qu'elle a fondue avant qu'une mesure ait pu être prise.

Prenez le cylindre gradué avec vous et utilisez-le pour mesurer la quantité de pluie et de neige fondue contenue dans votre tube de débordement. Si l'eau de ce tube provient entièrement de la pluie, signalez-la comme pluie. Si elle provient de neige fondue, signalez-la comme équivalent en eau de la nouvelle neige, indiquez « M » comme manquant pour l'épaisseur de la nouvelle neige et indiquez la valeur que vous mesurez pour l'épaisseur de la couche de neige (0.0 généralement). Si l'eau de votre tube est un mélange de pluie et de neige fondue ou si vous ne savez pas quelle est son origine, signalez-la comme pluie et notez dans vos commentaires que l'échantillon contenait sûrement ou probablement de la neige fondue.

## 8. Il a neigé pendant la nuit mais elle a fondu avant que nous ayons pris nos mesures atmosphériques GLOBE. Que devrions-nous indiquer comme données ?

Il est toujours possible que la neige tombée pendant la nuit fonde avant que votre prise de mesures journalière des précipitations ait eu lieu. Si vous avez laissé le tube de débordement de votre pluviomètre dehors, vous pouvez toujours encore obtenir l'équivalent en eau de la chute de neige. Indiquez dans vos commentaires que votre échantillon pour l'équivalent en eau de la nouvelle neige a été obtenu de cette manière. Indiquez « M » pour l'Épaisseur Journalière de Nouvelle Neige et

expliquez les circonstances dans vos commentaires.

plus tard dans la journée pour prendre vos mesures au midi solaire.

**9. Il a neigé le jour précédent mais une partie importante de la neige a été soufflée par le vent avant que nous ayons pu la mesurer. Que devrions-nous indiquer comme données ?**

Indiquez « M » pour l'Épaisseur Journalière de Nouvelle Neige et expliquez les circonstances dans vos commentaires. Vous devriez malgré tout relever la hauteur totale, l'équivalent en pluie et le pH de la couche de neige s'il y a encore de la neige au sol.

**10. Quel est le meilleur moyen de marquer la position de notre planche à neige afin de la retrouver après une nouvelle chute de neige ?**

Il y a de nombreuses manières de le faire. Par exemple, vous pouvez planter un drapeau dans le sol à côté de la planche pour vous aider à la retrouver. Ou vous pouvez même attacher un drapeau à la planche elle-même (mais faites alors attention à l'attacher de telle manière qu'il ne soit pas en équilibre instable et ne renverse pas la planche). Certaines stations de ski accrochent un tuyau à leur planche. Des marques peuvent ensuite être faites tous les centimètres et millimètres sur ce tuyau de sorte que non seulement il vous aidera à retrouver la planche mais il vous servira aussi de mètre pour déterminer l'épaisseur de la nouvelle neige.

**11. Si nous savons que la neige fraîchement tombée va fondre avant d'avoir eu le temps de prendre nos mesures GLOBE, devrions-nous tenter de prendre une mesure plus tôt dans la journée (par exemple, aussitôt que nous arrivons à l'école) ?**

Si vous avez le temps, il serait utile de mesurer la nouvelle neige tôt dans la journée, particulièrement si des températures plus chaudes ou des grands vents sont prévus plus tard dans la journée et si vous pensez que la neige risque de fondre avant le midi solaire. Néanmoins, pour la consistance des archives GLOBE, vous devez quand même mesurer la neige au midi solaire. Relevez dans les métadonnées l'heure à laquelle vous avez pris la mesure plus tôt et l'épaisseur de la neige à ce moment-là. Si vous prenez des mesures dans la matinée, faites attention à ne pas retirer la neige de la planche de sorte que vous puissiez revenir

## Protocole sur les Précipitations – Vérifier vos Données

### **Les données sont-elles logiques ?**

Les précipitations peuvent varier fortement même sur de courtes distances. C'est pourquoi votre bon sens doit être votre guide lorsqu'il s'agit de juger si les données sur les précipitations sont logiques ou non. Par exemple, si vous habitez dans l'Etat d'Hawaii, il serait utile de savoir que le record absolu de hauteur de pluie reçue dans l'état en 24h est d'environ 965 mm.

La figure AT-PP-4 du Centre National de Données Climatiques à Asheville, Caroline du Nord (USA) montre la quantité maximale de précipitations tombée dans chaque Etat des Etats-Unis en 24h. Dans de nombreuses zones, la quantité maximale de précipitations a été obtenue lors d'une tempête tropicale ou d'un ouragan ayant affecté la région.

Nous pouvons également obtenir les précipitations annuelles globales pour les endroits les plus humides dans le monde de la part du Centre National de Données Climatiques, comme montré dans la Table AT-PP-4.

*Figure AT-PP-4 : Records de précipitations (mm) en 24h jusqu'en 1998 (\*estimé)*

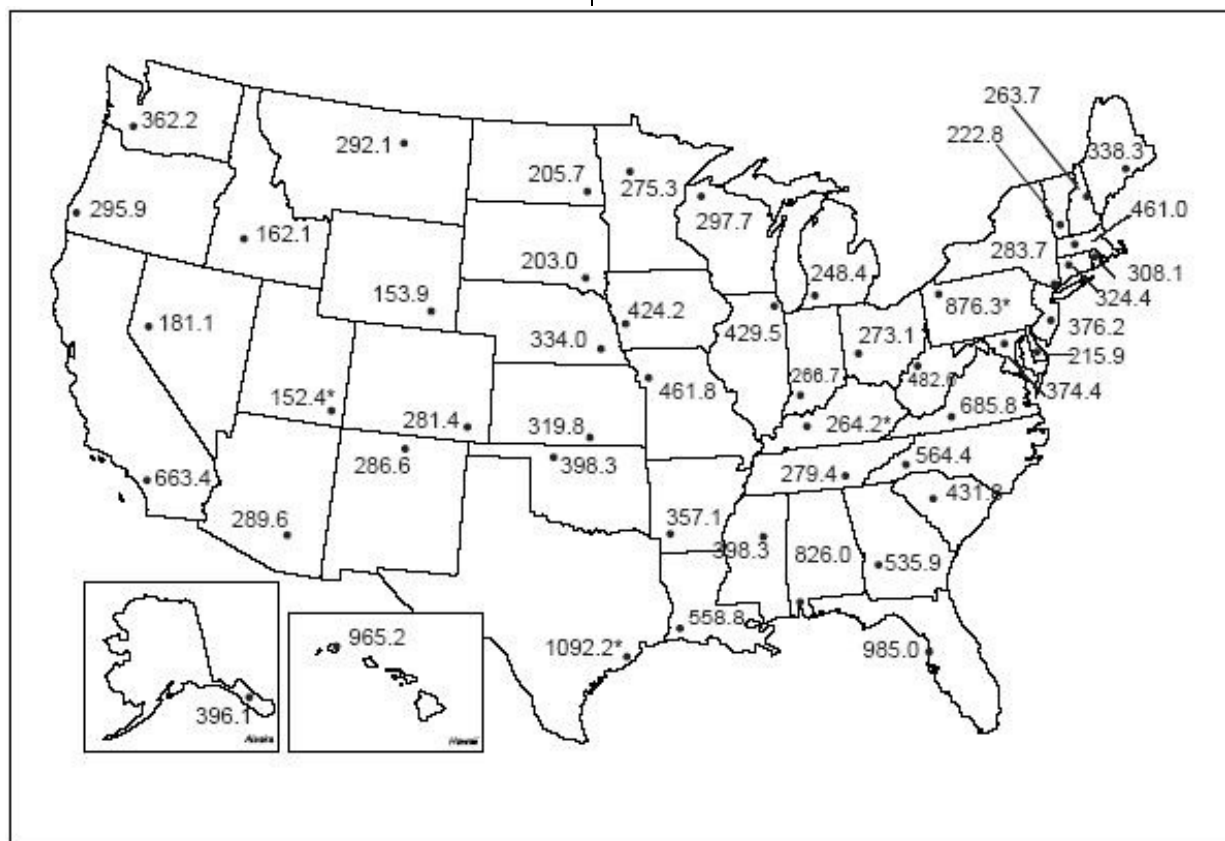


Table AT-PP-2

Continent	Highest Average (mm)	Place	Elevation (Meters)	Years of Record
South America	13299 *+	Lloro, Colombia	158.5#	29
Asia	11872 *	Mawsynram, India	1401.2	38
Oceania	11684 *	Mt. Waialeale, Kauai, Hawaii, USA	1569.1	30
Africa	10287	Debundscha, Cameroon	9.1	32
South America	8992 +	Quibdo, Colombia	36.6	16
Australia	8636	Bellenden Ker, Queensland	1555.1	9
North America	6502	Henderson Lake, British Columbia, Canada	3.7	14
Europe	4648	Crkvica, Bosnia-Hercegovina	1017.1	22

\* La valeur donnée est la plus élevée du continent et probablement la plus élevée du monde suivant les moyens et procédures de mesures et la période de variations record.

+ La moyenne annuelle officielle la plus élevée de précipitations pour l'Amérique du Sud est de 899.2 cm à Quibdo, Colombie. La moyenne de 1329.9 cm à Lloro, Colombie est une valeur estimée.

# Altitude approchée.

Un moyen de vérification possible de la logique des données d'une région est de comparer avec les données d'autres écoles GLOBE proches ou avec d'autres sources de données sur les précipitations. La figure AT-PP-5 fournit 18 mois de données pour deux écoles en Croatie assez proches l'une de l'autre. Bien que l'on s'attende à observer quelques variations dans les précipitations d'un jour à l'autre, les tendances et quantités de précipitations globales sont semblables au cours du temps.

Afin de déterminer si les données sur le pH des précipitations sont logiques, il peut s'avérer utile d'un peu mieux comprendre la variabilité naturelle du pH des précipitations normales. A cause du gaz carbonique, du dioxyde de soufre et des oxydes d'azote existant à l'état naturel dans l'atmosphère, les précipitations normales sont légèrement acides. Même dans les régions où il y a très peu d'activité humaine, la pluie normale présente un pH d'environ 5.6. Néanmoins, certaines activités humaines peuvent relâcher dans l'atmosphère des quantités de ces gaz – parmi d'autres – plus importantes que celles existant à l'état naturel. Une fois relâchés dans l'atmosphère, ces gaz peuvent réagir avec d'autres composés de l'air pour former des composés chimiques tels que l'acide nitrique et l'acide sulfurique qui se dissolvent facilement dans l'eau. Les gouttelettes d'eau résultantes auront alors un pH inférieur à 5.6. Ces gouttelettes peuvent être transportées sur de longues distances par les vents dominants et reviennent à la surface de la Terre sous forme de pluie, de neige ou de

brouillard acide. L'écume des mers, les particules de terre et d'autres substances peuvent être emportées dans l'air et incorporées aux gouttelettes d'eau. La plupart de ces substances modifient également le pH des précipitations.

La figure AT-PP-6 montre les variations du pH moyen des précipitations aux Etats-Unis en 1999. Cette carte nous indique que le pH moyen des précipitations aux USA varie entre environ 4.2 et 5.6. Le pH des précipitations individuelles peut se trouver bien en dehors de cette échelle mais elle donne une indication de la valeur approximative du pH moyen des précipitations pour cette partie du monde.

La figure AT-PP-7 est un graphique des mesures du pH des précipitations provenant d'une école GLOBE en Californie aux USA. Ces mesures s'étendent sur 5 mois et montrent que la majorité des mesures donnent un pH compris entre 6 et 7 mais qu'il y a un point de mesure avec un pH de 9. Si le pH a été mesuré à l'aide de papier à pH, la variation d'une unité de pH est égale à la précision de la méthode de mesure.

Il y a au moins deux explications possibles pour une mesure de pH inhabituellement haute ou basse. La première est qu'il y avait quelque chose de différent dans l'air qui a entraîné ce pH inhabituel – par exemple une tempête de poussière, un feu de forêt ou encore d'autres phénomènes. Une deuxième explication est que le pH-mètre n'était pas correctement calibré ou que le papier à pH n'était plus bon et donc que la mesure était mauvaise. Le saut à 9.0 est inhabituel et les commentaires donnés par l'école devraient être étudiés pour mieux comprendre ce qui s'est passé.



Figure AT-PP-5

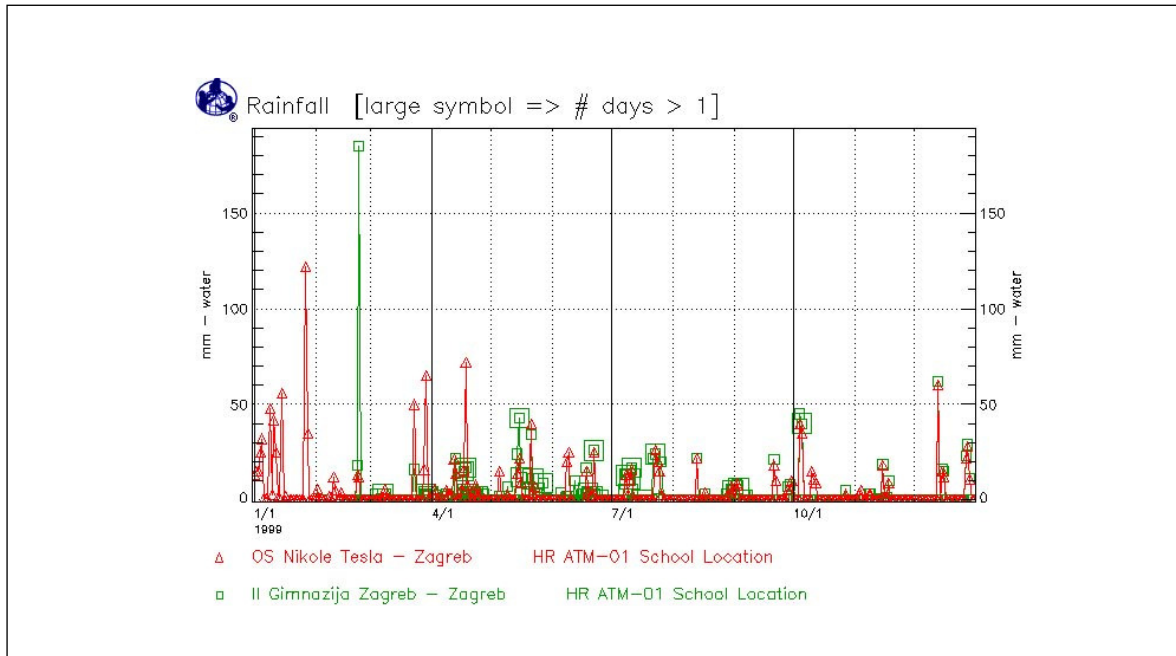


Figure AT-PP-6

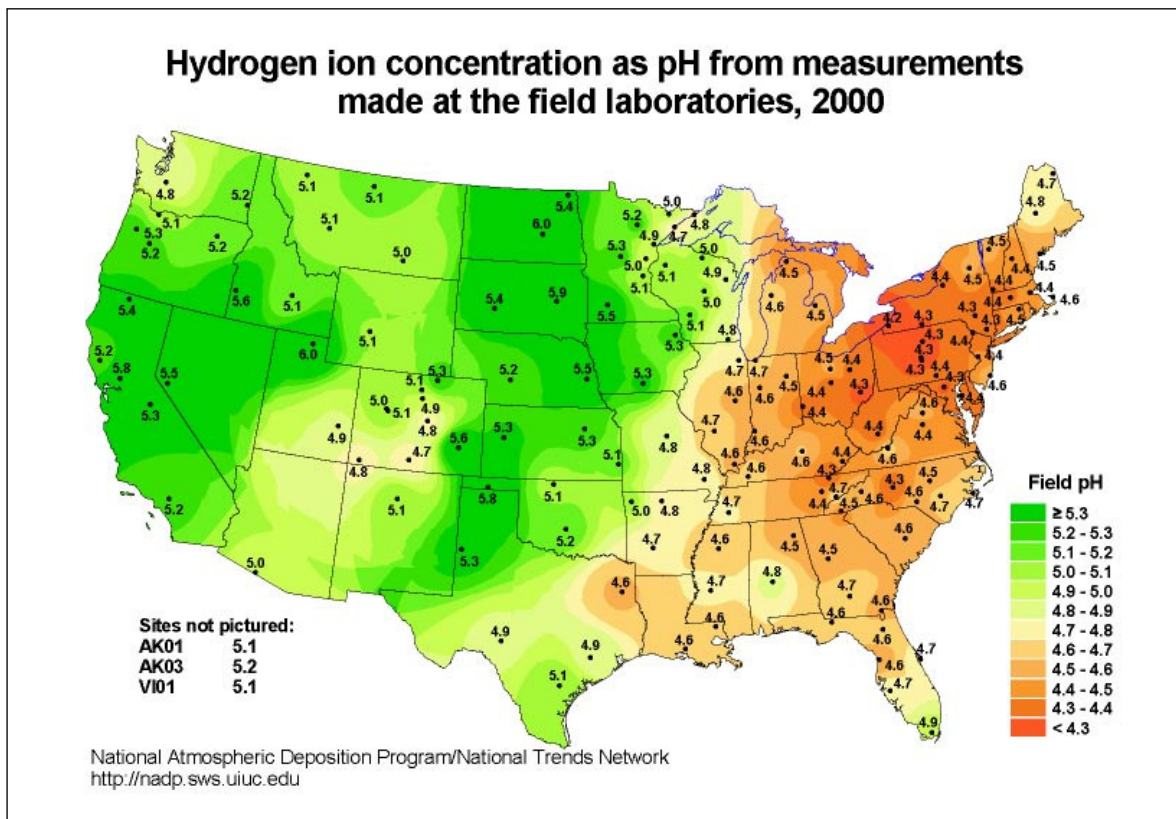


Figure AT-PP-7

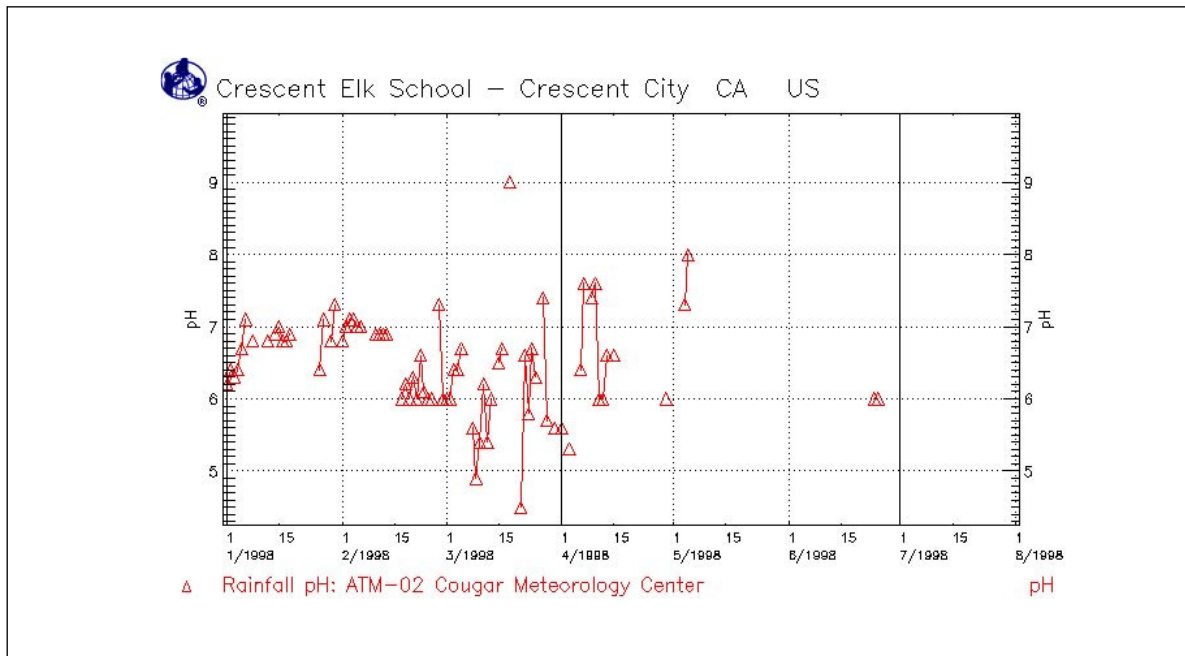
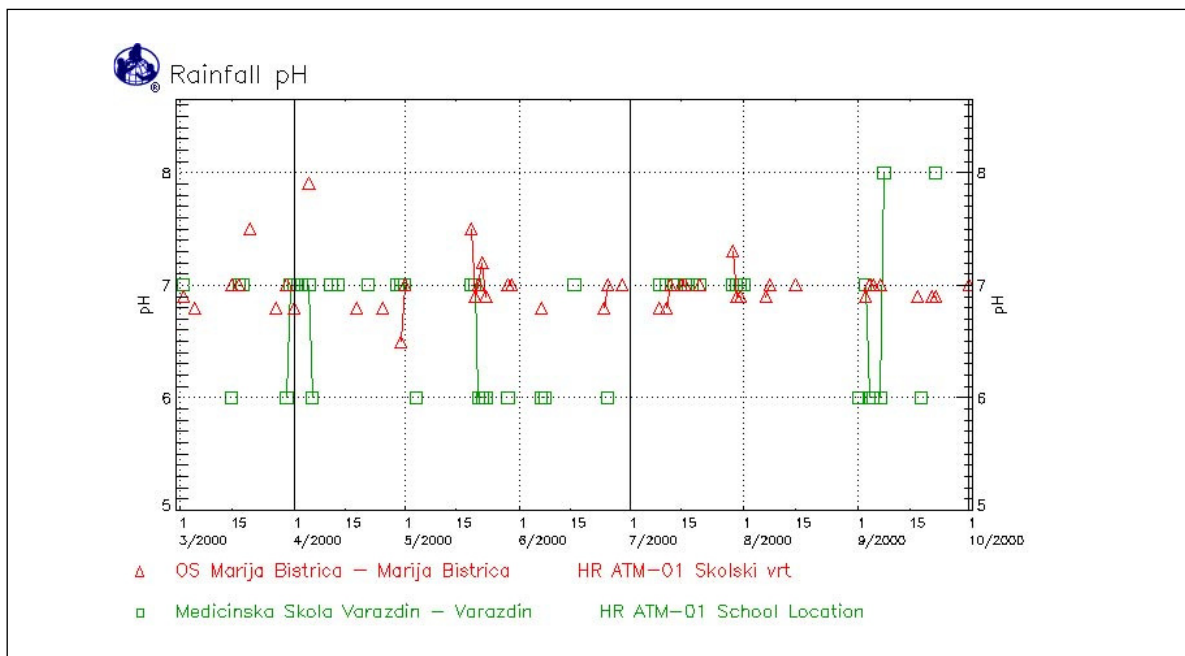


Figure AT-PP-8



La comparaison des données d'écoles qui sont suffisamment proches l'une de l'autre montre des variations d'approximativement 1 unité de pH entre ces deux écoles. Voir figure AT-PP-8. Etant donné que les données de Madecinska Skola valent toutes 6.0, 7.0 ou 8.0, elles ont probablement été prises à l'aide de papier à pH et donc ces différences sont logiques. Les deux écoles ont parfois des mesures de pH plus élevées qui peuvent provenir d'événements particuliers et localisés ayant affectés les chutes de pluie. Voir figures AT-PP-7 et AT-PP-8.

### ***Que recherche les scientifiques dans ces données ?***

Les scientifiques utilisent les données de précipitations pour leurs recherches sur le temps, le climat et la composition atmosphérique. En étudiant le temps et le climat, les scientifiques peuvent se focaliser sur des chutes de pluie particulières, les tendances et les précipitations totales moyennes sur l'année. Ceux qui s'intéressent à la composition atmosphérique vont regarder combien de fois il y a eu suffisamment de pluie ou de neige pour emporter des gaz et des aérosols bien particuliers de l'air. Les données sur les précipitations sont également utiles pour des applications pratiques liées à l'irrigation et la gestion de l'eau.

Lorsqu'ils étudient la météo, les scientifiques peuvent par exemple regarder la quantité de pluie tombée lors d'une tempête tropicale ou d'un ouragan. Ils peuvent aussi regarder la quantité de pluie associée à un niveau particulier d'inondation. Cette étude pourrait facilement utiliser des données provenant de nombreuses écoles GLOBE d'une même région en combinaison avec des données sur les précipitations issues de stations météo officielles.

Les scientifiques qui essaient d'améliorer les techniques de mesure des chutes de pluie moyennes sur de larges zones compareraient les données concernant des jours bien spécifiques avec les valeurs calculées à partir de données météorologiques radar ou satellites. Chaque technique – pluviomètre, senseur satellite et radar – mesure quelque chose de différent concernant la pluie et a ses propres limitations. C'est pourquoi la comparaison des différents

types de données peut aider à améliorer les techniques ou à fournir une image plus précise de la quantité exacte de précipitation dans une certaine zone.

Les climatologues sont à la recherche de schémas différents dans les données. Quelles régions sont les plus humides ? A quel point ne pleut-il pas dans les déserts ? Quelles sont les tendances des chutes de pluie durant l'année ? Les climatologues sont particulièrement intéressés par la manière dont les quantités et tendances globales des précipitations changent d'une année à l'autre. Il y a-t-il de plus en plus de pluie ? Les tempêtes amènent-elles en moyenne plus de précipitations ? Les périodes de pluie durant l'année varient-elles ?

En tant qu'élève, vous pouvez également étudier votre climat en examinant les données GLOBE sur les précipitations. Par exemple, un élève au lycée Kingsburg en Californie aux Etats-Unis pourrait supposer que la saison des pluies dans la Californie du Nord a lieu à des moments de l'année différents que la saison des pluies au Bénin en Afrique de l'Ouest. Afin de vérifier cette hypothèse, cet élève pourrait chercher la base de données GLOBE pour y trouver des écoles au Bénin et ensuite comparer les tendances des chutes de pluie obtenues à partir de mesures prises à son école en Californie avec les mesures prises à une ou plusieurs écoles au Bénin. La figure AT-PP-9 donne un exemple de comparaison entre deux archives de deux écoles sur les chutes de pluie.

Un premier coup d'œil à ce graphe indique que les saisons de pluie en Californie et au Bénin ont effectivement lieu à des moments différents de l'année. Pour la période de temps concernée par ces données, la majorité de la pluie du Bénin est tombée entre avril et novembre alors qu'elle est tombée entre janvier et avril à Kingsburg en Californie. Afin d'avoir plus de confiance en cette conclusion, il nous faudrait disposer de nombreuses données supplémentaires s'étendant sur plusieurs années.

Un autre exemple : les élèves de Juan Lukio/Poikolan Koulu en Finlande pourraient conclure que les précipitations de leur école tombent surtout sous la forme de neige en regardant un graphe donnant les chutes de pluie et l'équivalent en eau des chutes de neige. Voir figure AT-PP-10.

Des calculs assez simples peuvent être faits en utilisant les données sur les précipitations. Une des valeurs les plus utiles que les scientifiques utilisent

en observant les tendances des précipitations est la quantité totale de précipitation tombée à un endroit donné en un temps donné (une semaine, un mois, une saison). Pour calculer cette valeur totale, les élèves additionnent simplement sur une période de temps donnée les données sur les précipitations d'un site.

La figure AT-PP-11 fournit une comparaison des chutes de pluie pendant 11 jours du mois de mars 1999 entre Ecopolis Center Junior Eco Club à Tokyo au Japon et Konigliches Athenaum Eupen à Eupen en Belgique.

Nous pouvons obtenir les données numériques pour cette période de temps et pour ces deux endroits à partir de l'archive GLOBE :

GLOBE Data from Ecopolis Center Junior Eco Club, Tokyo, Japan from 03/05/1999 - 03/15/1999

Precipitation Rain

YYYYMMDD	LATITUDE	LONGITUDE	ELEVATN	SCHOOL	SITEID	RAINAMT	PH_RA M
19990315	35.4100	139.4000	10.0	RHG2H7U	ATM-01	0.0	-99.0 0
19990314	35.4100	139.4000	10.0	RHG2H7U	ATM-01	0.0	-99.0 0
19990313	35.4100	139.4000	10.0	RHG2H7U	ATM-01	0.0	-99.0 0
19990312	35.4100	139.4000	10.0	RHG2H7U	ATM-01	3.0	4.73
19990311	35.4100	139.4000	10.0	RHG2H7U	ATM-01	0.0	-99.0 0
19990310	35.4100	139.4000	10.0	RHG2H7U	ATM-01	7.7	4.13
19990309	35.4100	139.4000	10.0	RHG2H7U	ATM-01	0.2	-99.0 0
19990308	35.4100	139.4000	10.0	RHG2H7U	ATM-01	12.0	5.13
19990307	35.4100	139.4000	10.0	RHG2H7U	ATM-01	0.0	-99.0 0
19990306	35.4100	139.4000	10.0	RHG2H7U	ATM-01	0.0	-99.0 0
19990305	35.4100	139.4000	10.0	RHG2H7U	ATM-01	0.8	6.13

GLOBE Data from Konigliches Athenaum Eupen, Eupen, Belgium from 03/05/1999 - 03/15/1999

Precipitation Rain

YYYYMMDD	LATITUDE	LONGITUDE	ELEVATN	SCHOOL	SITEID	RAINAMT	PH_RA M
19990315	50.6292	6.0262	290.0	Tec1tGH	ATM-01	0.0	-99.0 0
19990314	50.6292	6.0262	290.0	Tec1tGH	ATM-01	0.0	-99.0 0
19990313	50.6292	6.0262	290.0	Tec1tGH	ATM-01	0.0	-99.0 0
19990312	50.6292	6.0262	290.0	Tec1tGH	ATM-01	0.0	-99.0 0
19990311	50.6292	6.0262	290.0	Tec1tGH	ATM-01	0.2	-99.0 0
19990310	50.6292	6.0262	290.0	Tec1tGH	ATM-01	0.0	-99.0 0
19990309	50.6292	6.0262	290.0	Tec1tGH	ATM-01	1.2	-99.0 0
19990308	50.6292	6.0262	290.0	Tec1tGH	ATM-01	1.6	-99.0 0
19990307	50.6292	6.0262	290.0	Tec1tGH	ATM-01	0.4	-99.0 0
19990306	50.6292	6.0262	290.0	Tec1tGH	ATM-01	4.2	-99.0 0
19990305	50.6292	6.0262	290.0	Tec1tGH	ATM-01	0.4	-99.0 0

Nous pouvons calculer la pluviométrie de chaque endroit entre le 5 mars et le 15 mars en additionnant les chutes de pluie journalières (y compris les jours où il n'y avait pas de pluie)

Pour Ecopolis Center Junior Eco Club, Tokyo, Japon  
 $0 + 0 + 0 + 3.0 + 0 + 7.7 + 0.2 + 12.0 + 0 + 0 + 0.8 = 23.7$  mm

Pour Konigliches Athenaum Eupen, Eupen, Belgique  
 $0 + 0 + 0 + 0 + 0.2 + 0 + 1.2 + 1.6 + 0.4 = 3.4$  mm

Nous avons maintenant confirmé par calcul ce que nous avons supposé en regardant le graphe, c'est-à-dire que l'école au Japon a eu plus de pluie durant cette période de temps que l'école en Belgique. Cette grande différence entre les quantités de pluie de l'école au Japon et de l'école en Belgique nous amène à de nombreuses questions, notamment : Quelle est la hauteur annuelle de pluie à ces deux endroits ? Quels types de plantes poussent à ces deux endroits ? Quel temps fait-il au printemps à ces endroits ?

Les élèves chercheurs devraient penser à comparer les totaux, les moyennes et les extrêmes des précipitations entre différentes écoles ou endroits. Vous pouvez comparer les précipitations totales mensuelles d'une année à l'autre et regarder la tendance de ces totaux sur l'année.

Les données sur les précipitations sont importantes pour comprendre les cycles de croissance de plantes et le cycle de l'eau dans l'environnement. Voir *Protocole de mesure de verdissement, Etudier les Données*.

A certains endroits, il est important de connaître la quantité de précipitations pour gérer les ressources d'eau peu abondantes. Par exemple, les contrôleurs de barrages peuvent lâcher plus ou moins d'eau à travers leur barrage suivant la pluviosité ou la fonte des neiges.

La connaissance de la quantité réelle d'eau introduite dans le sol et les cours d'eaux (ruisseaux, rivières, lacs, etc.) est importante et est utilisée dans les études de croissance des plantes et de ressources aquifères. Avec la pluie, cette connaissance est immédiate mais avec la neige, la connaissance de la quantité d'eau obtenue lorsque la neige fond est plus cruciale que la quantité de neige tombée. Si une zone reçoit suffisamment de neige pour créer une couche de neige, une série de mesures GLOBE de l'équivalent en eau de la nouvelle neige et de la couche de neige peut être prise afin de contribuer à ces études.

Par exemple, une école a recueilli les données montrées dans la table AT-PP-3.

A partir de ces données, les élèves peuvent calculer la quantité d'eau introduite dans l'environnement.

Table AT-PP-3

Date	Jours d'accumulation	Nouvelle neige (mm)	Equivalent en pluie (mm) RNEW	Couche de neige (mm)	Equivalent en pluie (mm) RPACK
12/10/99	1	0	0.0	0	0.0
12/12/99	1	0	0.0	0	0.0
12/13/99	1	0	0.0	0	0.0
12/14/99	1	10	1.5	10	1.5
12/15/99	1	110	5.5	120	7.0
12/16/99	1	5	1.0	110	7.5
12/17/99	1	0	0.0	110	7.5
12/18/99	1	75	8.7	180	16.0
12/19/99	1	30	M	200	M
12/20/99	1	30	3.0	200	18.0
12/21/99	1	0	M	185	M
12/22/99	1	0	M	185	M
12/23/99	1	0	0.0	180	17.0
12/24/99	1	—	M	180	M
12/25/99	1	—	M	190	M
12/26/99	1	—	M	200	M
12/27/99	1	178	22.4	335	39.5
12/28/99	1	—	M	320	39.0
12/29/99	1	8	0.5	320	39.0
12/30/99	1	33	M	350	M
12/31/99	1	28	5.5	360	48.0

Le calcul est :

*Quantité introduite (mm) =*

$$R_{NEW}(\text{aujourd'hui}) + R_{PACK}(\text{hier}) - R_{PACK}(\text{aujourd'hui})$$

Donc pour le 18 décembre, la quantité introduite, exprimée sous forme de hauteur équivalente de pluie, était de :

$$8.7 + 7.5 - 16.0 = 0.2 \text{ mm}$$

S'il ne neige pas entre deux dates, la quantité introduite est tout simplement la différence de l'équivalent en pluie de la couche de neige entre ces deux dates.

Certains scientifiques étudiant le climat examinent l'interaction de la lumière du soleil avec la surface de la Terre. Pour ces recherches, la présence ou l'absence de neige au sol est importante. Dans leurs analyses, ces scientifiques examinent où et quand il y a de la neige à la surface de la Terre et relient souvent cette information aux données satellites. Les élèves peuvent se demander combien de jours par an il y a de la neige au sol ? Quels sont le premier et le dernier jour de l'année pendant lesquels il y a de la neige au sol ?

Les précipitations constituent la manière principale par laquelle les gaz et les aérosols marqueurs sont retirés de l'air. La majeure partie de ce processus a lieu au début d'une tempête ; les premiers millimètres de pluie ou centimètres de neige nettoient ainsi l'air. Les scientifiques qui étudient la composition atmosphérique sont intéressés par la fréquence avec laquelle ont lieu des précipitations suffisamment importantes pour éliminer ces gaz et aérosols. Les scientifiques sont aussi intéressés par la proportion d'une région ayant eu de la pluie ou de la neige car un orage localisé n'affecte qu'une petite zone en laissant la composition de l'air environnant essentiellement inchangée. Pour cela, ils peuvent avoir recours aux données sur les nuages (précipitations issues de nimbostratus ou de cumulonimbus) ou aux données d'écoles GLOBES des environs.

Lors de l'étude des données sur le pH des précipitations, le pH moyen des précipitations à court-terme et la tendance de ce pH au cours du temps retiennent la majorité de leur intérêt. Une occurrence unique d'un pH assez haut ou assez bas n'est pas préoccupante mais si le pH continue à rester très haut ou très bas sur une

plus longue période de temps, les scientifiques commencent à s'inquiéter des conséquences sur les écosystèmes locaux.

Les effets des précipitations à pH élevé sur les écosystèmes n'ont pas été autant étudiés que les effets des précipitations à pH faible (la « pluie acide »). Certaines plantes et animaux peuvent tolérer des niveaux d'acidité relativement élevés alors que d'autres peuvent être très sensibles à la moindre diminution du pH. Les effets des précipitations acides sont les plus visibles dans les cours d'eaux tels que les ruisseaux et les lacs ou dans des régions marécageuses. Les terres autour de ces zones ont également un effet sur le pH de l'eau s'écoulant à travers ces habitats. Lorsque de l'eau à pH faible se déplace dans le sol, celui-ci libère de l'aluminium et ceci peut causer un stress additionnel à l'environnement. C'est pourquoi les scientifiques recherchent des valeurs plutôt faibles du pH sur de plus longues périodes de temps lorsqu'ils étudient les données sur le pH des précipitations. Les scientifiques qui étudient les lignes de partage des eaux vont regarder à la fois le pH des précipitations et le pH du sol ainsi que les types prévalents de végétation et de sol afin de comprendre ce qui gouverne ou influence le pH des points d'eaux.

La figure AT-PP-12 donne le pH des précipitations pour deux écoles de la République Tchèque de janvier 1998 à juillet 2001. La première chose remarquable sur ce graphe est qu'aucune des deux écoles n'a observé de précipitations assez acides. Le pH le plus bas rapporté par une quelconque des deux écoles est d'environ 4 et cette valeur n'est pas habituelle. La seconde chose remarquable est qu'il ne semble pas y avoir de tendance générale au cours du temps pour le pH des précipitations à l'une ou l'autre école. C'est-à-dire qu'il ne semble pas y avoir eu d'augmentation ou de diminution continue du pH des précipitations à l'un de ces deux endroits de début 1998 jusqu'à mi-2001. Après avoir regardé les données de ces deux écoles, le point suivant que les scientifiques essaieraient d'étudier est le pourquoi des différences de pH entre ces deux endroits. Pourquoi est-ce que le pH au Gymnazium Dr. A. Hrdlicky est systématiquement plus élevé qu'à Zalkadni et qu'est-ce que cela signifie pour les écosystèmes de ces deux zones ?

## **Deux Exemples de Recherches Scientifiques menées par des Etudiants – Exemple 1 : Pluviométrie**

### *Former une hypothèse*

Un élève de CEG Adjohoun School à Adjohoun au Bénin a comparé des mesures de températures GLOBE prises à son école avec celles d'autres écoles du Bénin. Il s'est rendu compte qu'entre mai et juin 2001, la température moyenne mesurée à son école est généralement plus élevée que celle à une autre école GLOBE à Avrankou au Bénin. Voir figure AT-PP-13.

En regardant ce graphe, cet élève se demande si ce type de tendance est également vrai pour d'autres mesures GLOBE. Pour commencer ses recherches, l'élève suppose que :

La pluviosité moyenne à Adjohoun est plus élevée qu'à Avrankou entre mai et juin 2001.

### *Recueillir et Analyser des Données*

Les données concernant la pluviométrie ont déjà été recueillies à ces deux écoles et donc la première chose que l'élève fait est de les porter en graphique. Voir figure AT-PP-14.

Après avoir regardé ce graphe, l'élève décide qu'il a vraiment besoin de créer une table de données avec les valeurs de ce graphe afin de déterminer si la pluviosité moyenne à Adjohoun est effectivement plus importante que celle à Avrankou. Il peut facilement récupérer les données à partir des archives GLOBE de chaque école et ensuite sauvegarder l'information de plusieurs manières différentes : en imprimant la table à partir de l'ordinateur, en copiant et en collant les données dans un tableur ou en recopiant à la main les données sur une feuille de papier.

Ensuite, l'élève doit choisir une échelle de temps pour étudier les données pluviométriques. Il sait que la pluviométrie journalière varie fortement et que dans certains cas il n'a même pas les valeurs journalières des chutes de pluie mais par contre, il a les valeurs des quantités de pluie accumulées. Il décide initialement de calculer la pluviométrie totale des deux sites sur une période de deux mois. A cette fin, il additionne toutes les hauteurs de précipitations pour chaque site.

Il crée une table à partir de ces données :

Mois	Pluviométrie à Adjohoun (mm)	Pluviométrie à Avrankou (mm)
Avril	124.4	162.0
Mai	118.2	282.7
Juin	161.3	193.8

L'élève se rend compte que la pluviométrie d'Adjohoun était de 279.5 mm de mai à juin 2001. Ses calculs indiquent que pendant la même période de temps, Avrankou a reçu 476.5 mm de pluie. En se basant sur ces deux sommes, l'élève conclue que du tout moins pour ces deux mois, Adjohoun a reçu moins de pluie qu'Avrankou et donc que son hypothèse de base n'est pas appuyée par ces données.

### *Communiquer les Résultats*

L'élève présente ensuite oralement un rapport à son enseignant et à sa classe sur ses recherches. Il leur explique son hypothèse de base ainsi que la manière dont il a conduit son étude. Il leur montre les données qu'il a utilisées et les calculs qu'il a fait. En plus, il discute avec sa classe des points supplémentaires qui pourraient être étudiés comme par exemple étudier des données se rapportant à une plus longue période de temps (peut-être plusieurs années).

## **Exemple 2 : PH des Précipitations**

### *Former une hypothèse*

Les élèves de Zakladni Skola – Ekolog, Praktikum à Jicin en République Tchèque réalisent des mesures de précipitations et de leur pH depuis plusieurs années. Plusieurs élèves décident d'analyser ces deux séries de données pour voir s'il y a un lien entre la pluviométrie et le pH des précipitations.

La première tâche des élèves est de choisir une échelle de temps pour leur étude et d'ensuite porter en graphique les données. Les graphiques pour la pluviométrie et le pH des précipitations durant deux années et demie sont montrés à la figure AT-PP-15. En se basant sur leurs observations de ce graphe, les élèves formulent l'hypothèse suivante : lorsque la pluviométrie augmente, le pH des précipitations diminue.

### *Recueillir et Analyser les Données*

La première étape pour vérifier cette hypothèse consiste à rassembler les données à partir des archives GLOBE. Les données peuvent être obtenues en imprimant la table à partir de l'ordinateur, en copiant et collant la table dans un tableur ou en recopiant

manuellement les valeurs. Les élèves ont uniquement besoin des données des jours pour lesquels la pluviométrie comme le pH ont été indiqués.

Les élèves doivent ensuite décider comment analyser ces données. Ici, ils décident de regrouper les données pluviométriques et de calculer le pH moyen pour chaque groupe. Ils placent les données de pluviosité dans plusieurs groupes : de 0.1 à 4.9 mm de pluie, de 5.0 à 9.9 mm, de 10.0 à 14.9 mm et ainsi de suite. Ensuite, ils calculent le pH moyen pour chacun de ces groupes et ils essaient de trouver une tendance au niveau des valeurs de pH lorsque les quantités de pluie augmentent. La table suivante donne leurs résultats :

Pluviométrie (mm)	Nombre de valeurs	pH moyen
0.1 – 4.9	202	4.59
5.0 – 9.9	56	4.53
10.0 – 14.9	29	4.44
15.0 – 19.9	3	4.50
20.0 – 24.5	6	4.55
25.0 – 29.9	4	4.40
30.0 – 34.9	1	4.00
40.0 – 44.9	2	4.65
95.0 – 99.9	1	4.30

Notez que les élèves commencent à 0.1 mm de chute de pluie au lieu de 0.0. Ceci provient du fait que s'il n'a pas plu, il ne peut y avoir de valeur de pH pour la pluie. Notez aussi que la division en groupes pour la pluviométrie n'est pas continue (il manque certains groupes) car il n'y avait pas de valeurs dans les archives de données pour tous les groupes.

Les élèves prennent la décision qu'il n'y a pas assez de valeurs dans les catégories pluviométriques supérieures à 14.9 mm pour que ces calculs soient fiables. Ils se concentrent donc uniquement sur les 3 premières catégories de leur table.

Pluviométrie (mm)	Nombre de valeurs	pH moyen
0.1 – 4.9	202	4.59
5.0 – 9.9	56	4.53
10.0 – 14.9	29	4.44

A partir de ces 3 valeurs, il semble y avoir une tendance – le pH de la pluie semble être légèrement plus acide lorsqu'il pleut plus. C'est un résultat intéressant qui semble appuyer l'hypothèse des élèves.

### *Communiquer les Résultats*

Les élèves décident de soumettre leur étude à une Journée des Sciences. Ils créent une affiche contenant des informations sur leur hypothèse, sur les dispositions prises pour réaliser leurs recherches, sur leurs données, leurs calculs et leurs résultats. Ils notent également sur leur affiche qu'ils aimeraient faire des calculs supplémentaires avant de conclure formellement que le pH de la pluie diminue lorsque les chutes de pluie augmentent.

### *Recherches futures*

Les élèves aimeraient avoir de plus amples données de sorte à peut-être avoir plus de données pour les valeurs plus élevées de pluviométrie. Ils aimeraient aussi diviser les données en des groupes plus étroits, peut-être de 0.1 à 1mm, de 1.1 à 2 mm et ainsi de suite. S'ils trouvent que leur hypothèse est toujours encore confirmée, les élèves pourraient étudier d'autres variables, comme la direction du vent, la durée des précipitations ou d'autres paramètres qu'ils pensent être importants pour déterminer la raison pour laquelle le pH diminue lorsque la quantité de pluie augmente.

Les élèves se demandent également si le pH de la pluie change au cours d'une même chute de pluie. Ils proposent qu'une étude supplémentaire soit menée à l'aide d'une expérience utilisant les techniques apprises dans les protocoles GLOBE. Cette fois-ci, par contre, les élèves proposent que plutôt que de collecter la pluie pendant 24h avant d'en mesurer le pH, une expérience soit mise en place un jour d'école pluvieux. Les élèves recueilleraient alors des échantillons toutes les heures pendant la journée d'école et mesurerez le pH de la pluie toutes les heures. Ils porteraient ensuite en graphique leurs données pour voir si le pH de la pluie est modifié au fur et à mesure que l'orage se développe.



Figure AT-PP-9

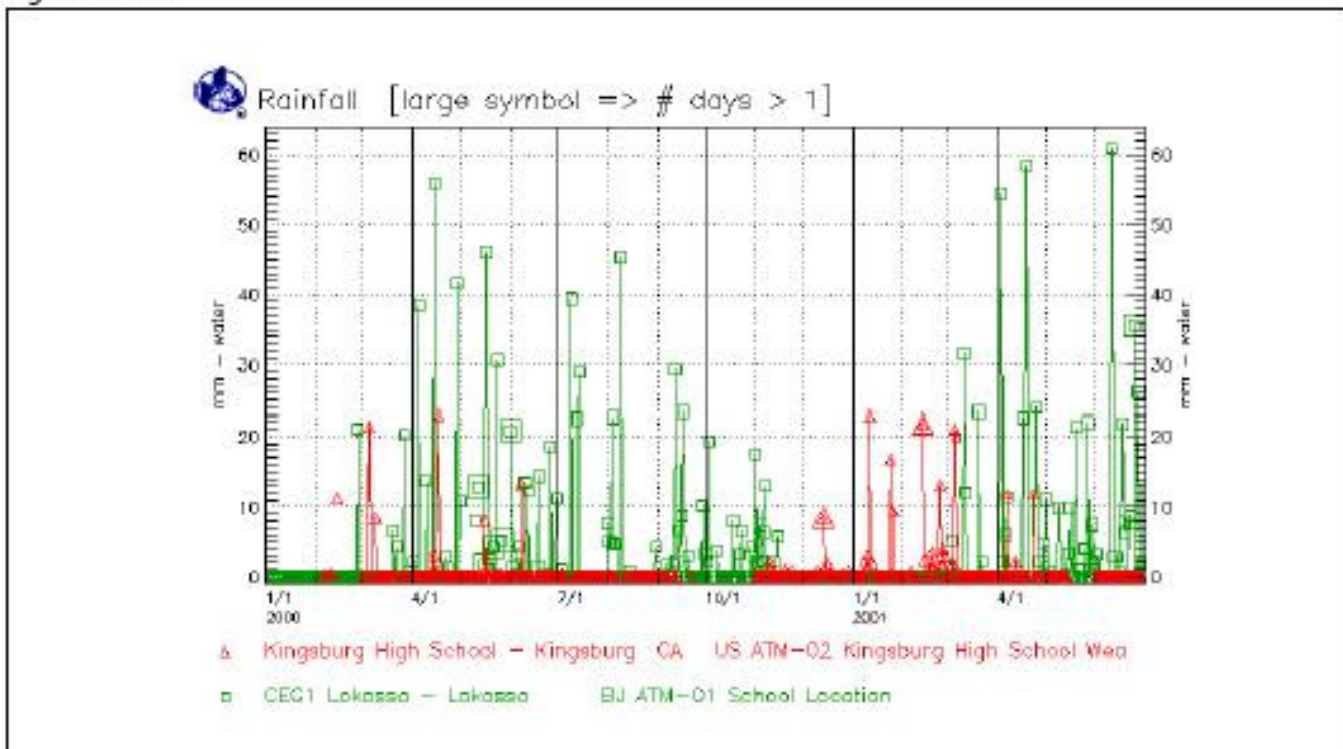


Figure AT-PP-10

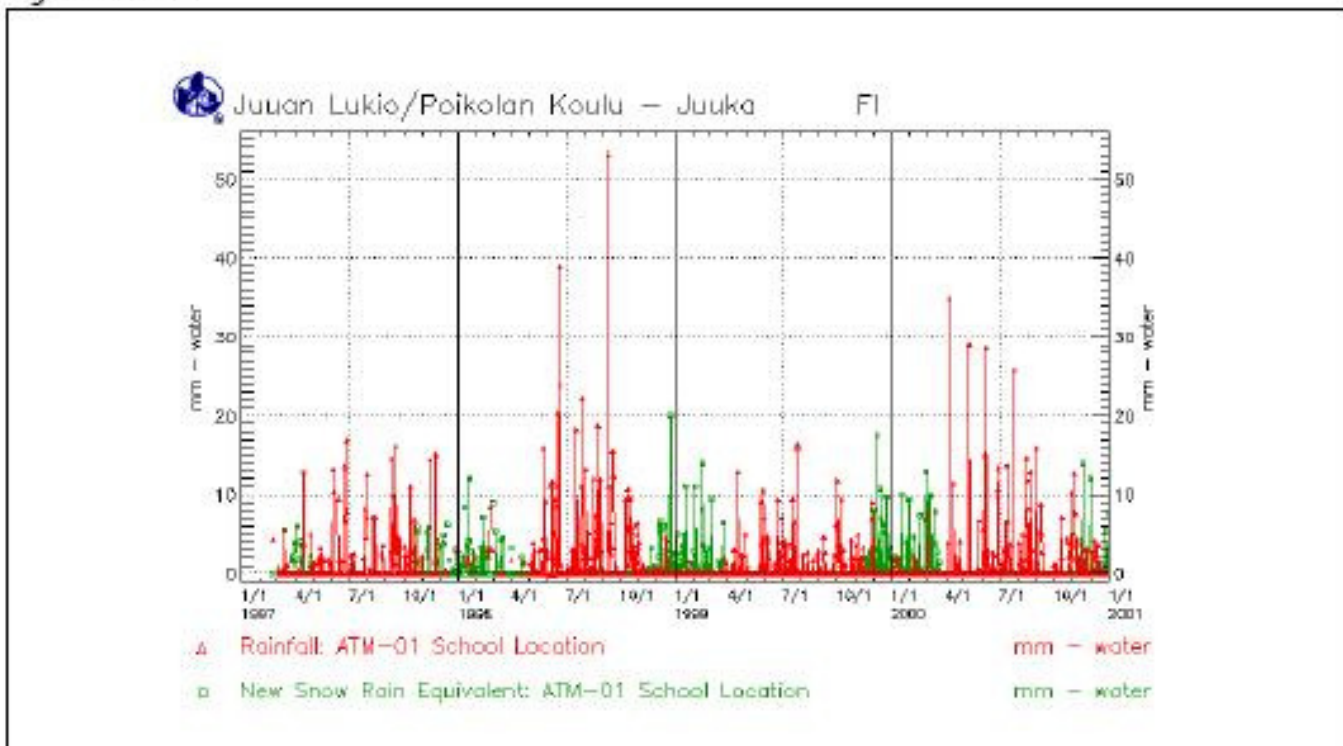


Figure AT-PP-11

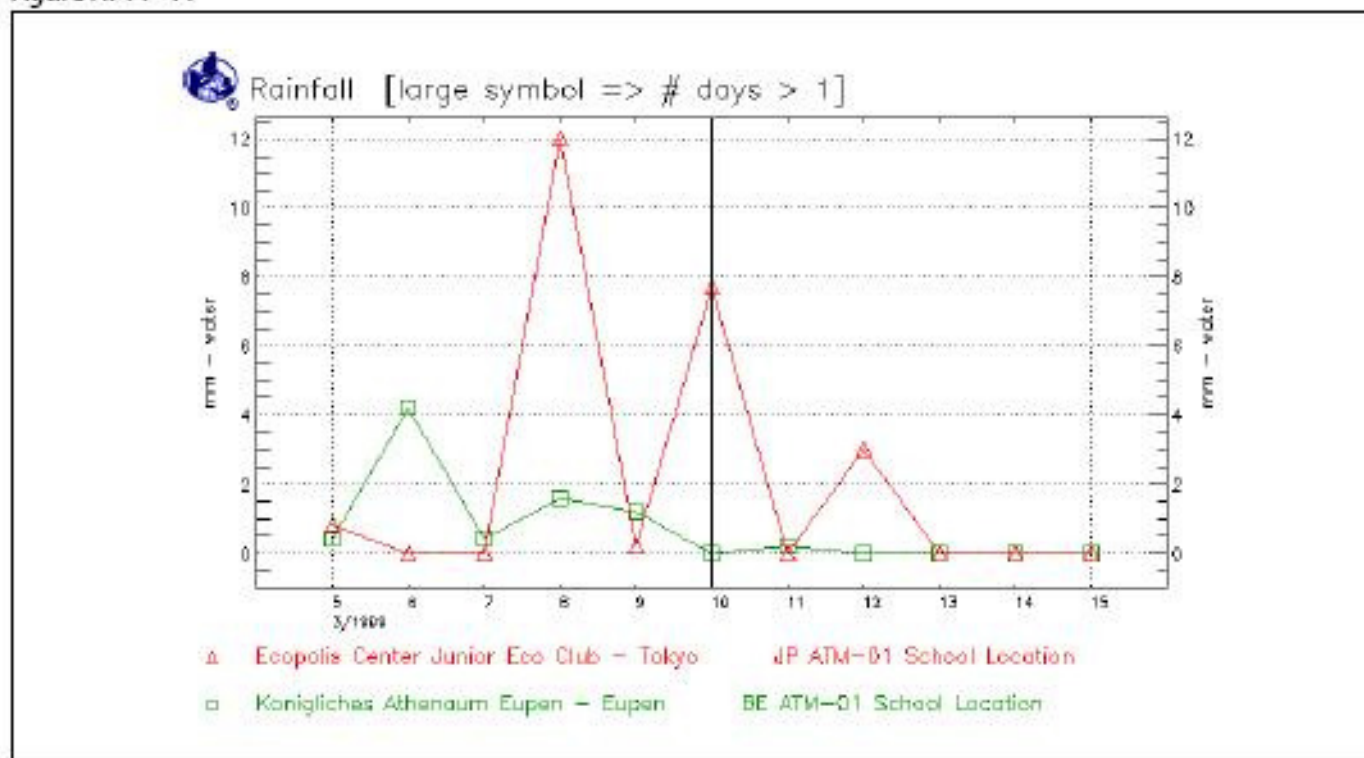


Figure AT-PP-12

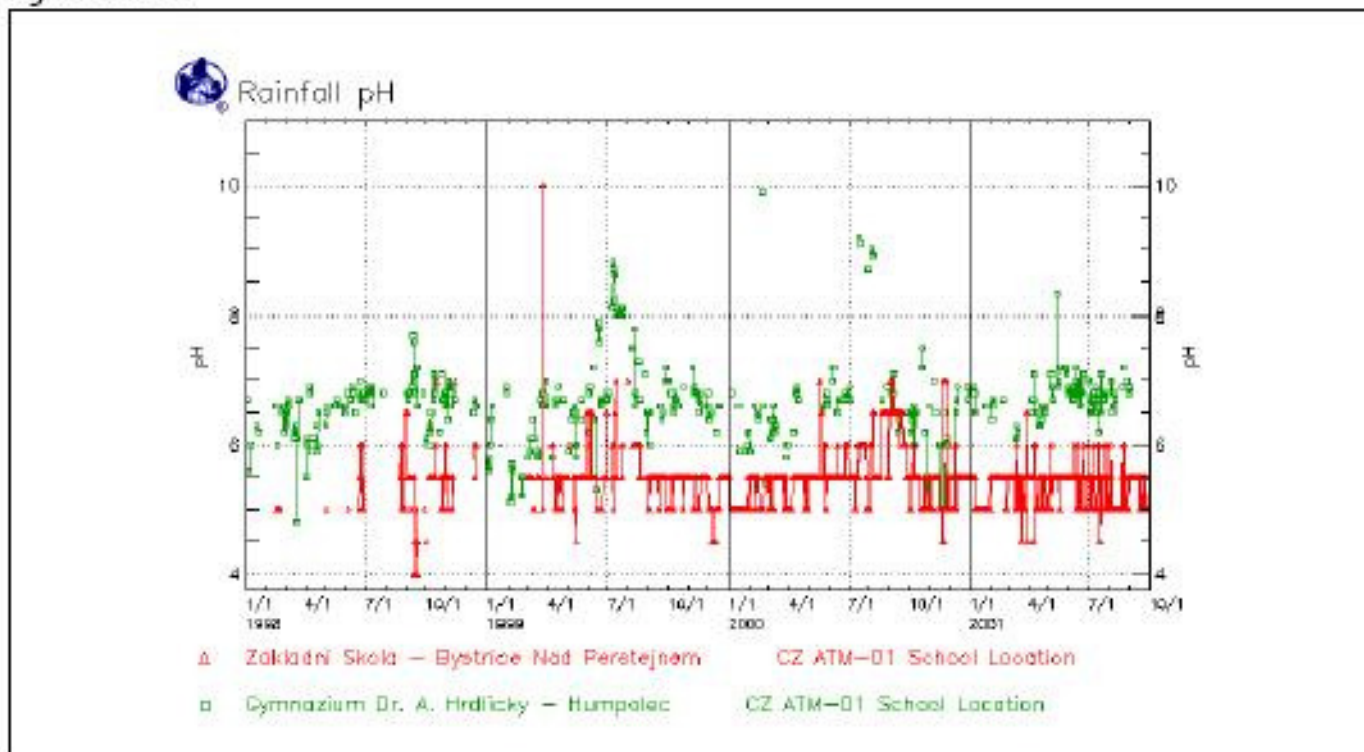


Figure AT-PP-13

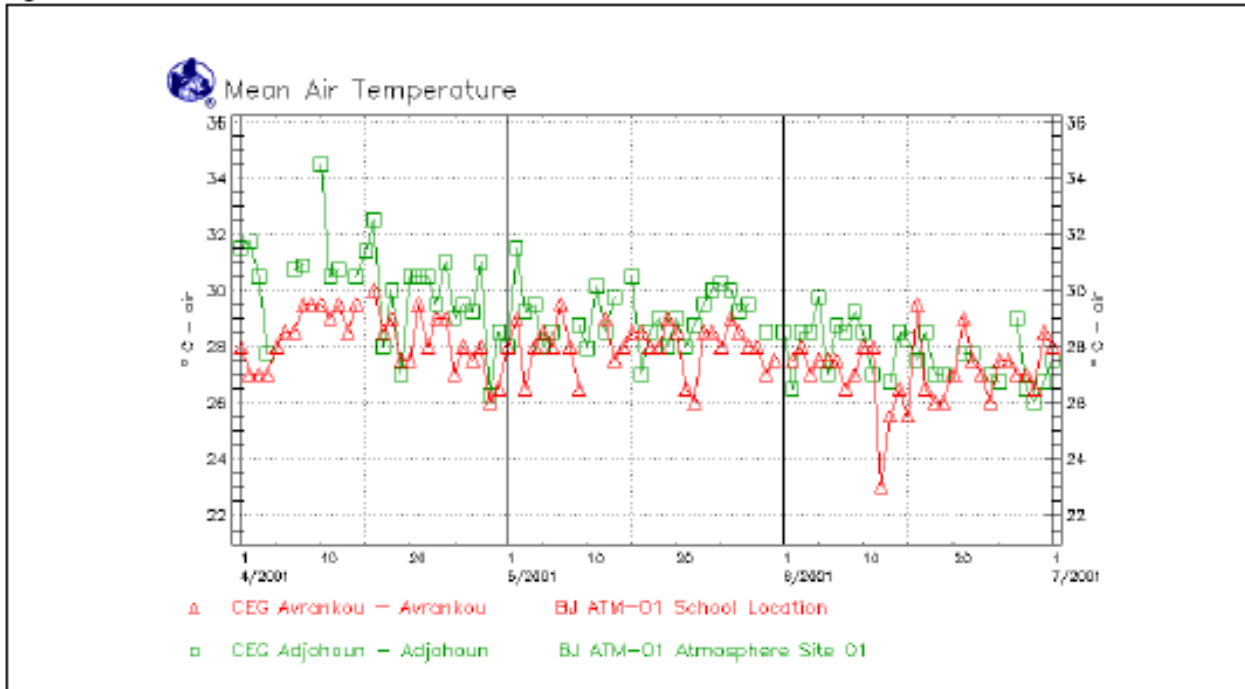


Figure AT-PP-14

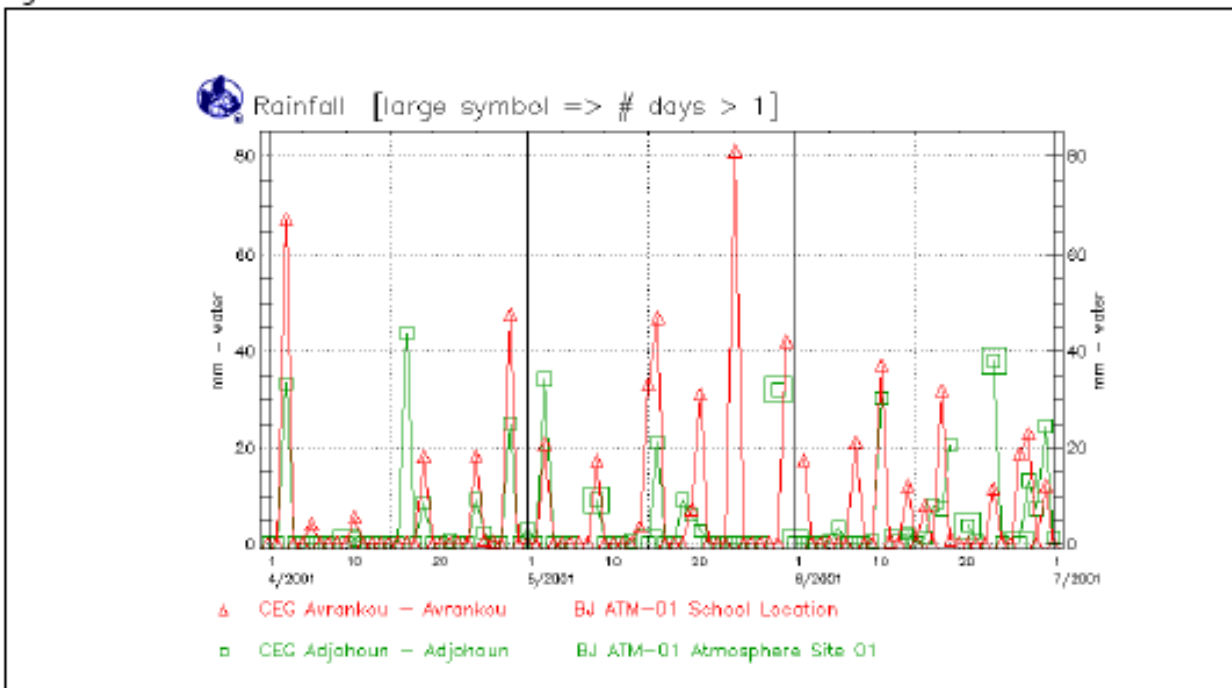
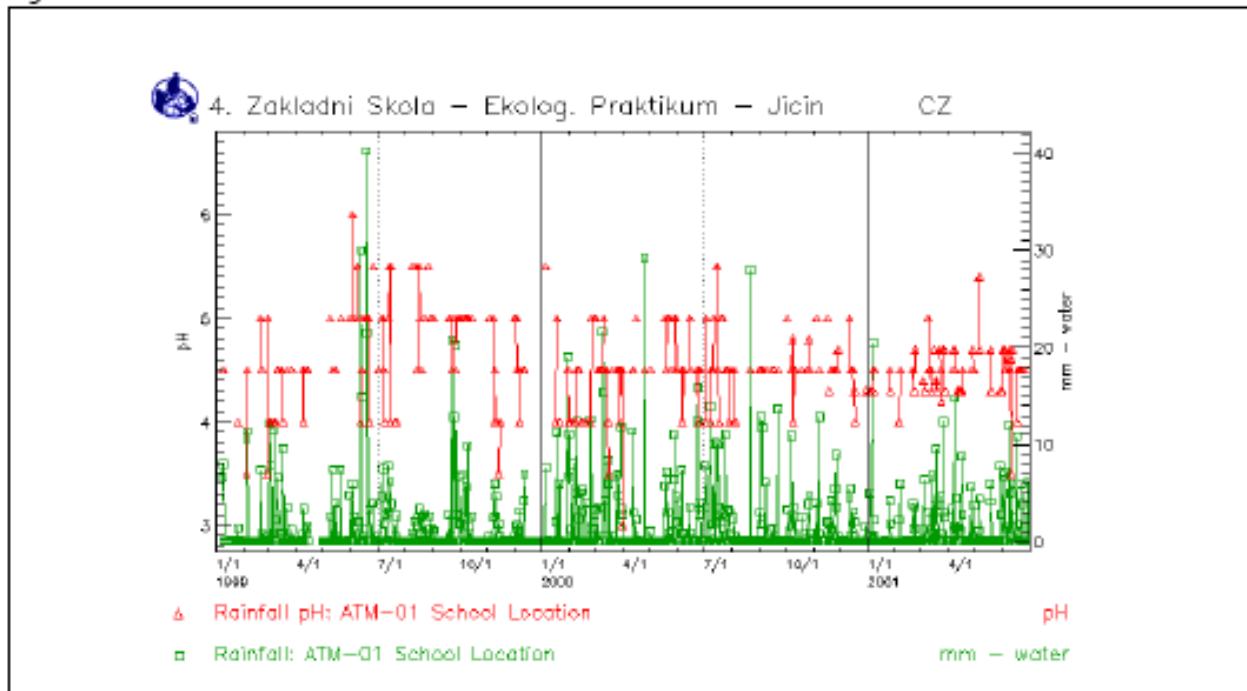


Figure AT-PP-15



# Protocole relatif à la température maximale, minimale et courante



## Objectif général

Mesurer la température de l'air (et éventuellement du sol) dans un délai d'une heure de midi (solaire), ainsi que les températures maximale et minimale de l'air atteintes au cours des 24 heures précédant l'expérience.

## Objectif spécifique

Les élèves relèvent les températures courante, maximale et minimale avec un thermomètre, et réinitialisent alors les indicateurs de maximum et minimum pour commencer une nouvelle période de mesure de 24 heures.

## Compétences

Les élèves apprennent à relever les températures minimale, maximale, et courante en utilisant un thermomètre en U. Ils acquièrent une meilleure compréhension des variations de température diurne et annuelle, et apprennent également à reconnaître les facteurs qui influencent les températures atmosphériques.

## Concepts scientifiques

### *Science de la Terre et de l'Espace*

Le temps peut être décrit par des mesures quantitatives.

Le temps varie d'un jour à l'autre et selon la saison.

Le temps varie sur des échelles spatiales locales, régionales et mondiales.

### *Géographie*

Les variations locales de température affectent la caractérisation de la géographie physique de la terre.

## Compétences scientifiques

Utiliser un thermomètre pour mesurer la température.

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Conception et conduite d'investigations scientifiques.

Utiliser l'outil mathématique pour analyser les données.

Développer les descriptions et les prédictions, à partir de preuves.

Identification et analyse des différentes hypothèses.

Communiquer les résultats et les explications.

## Durée

5 minutes

## Niveau

Tout niveau

## Fréquence

Une fois par jour, dans un délai d'une heure de midi (solaire).

## Matériel et instruments

Abri à instruments météo

Thermomètre à maximum/minimum installé

Thermomètre de calibration

*Fiche de Relevé de Données Atmosphériques*

## Préparation

Mettre en place l'abri d'instruments météo.

Calibrer et installer le thermomètre maximum/minimum.

Revoir comment lire thermomètre maximum/minimum.

## Pré requis

Aucun

# Protocole relatif à la température courante, maximum et minimum – Introduction

## **Température et météo**

Avez-vous remarqué que les prévisions météorologiques quotidiennes ne sont pas toujours correctes ? C'est en partie parce que les scientifiques essaient toujours d'en apprendre plus sur la façon dont notre atmosphère fonctionne. Les mesures de température de l'air, et en particulier la manière dont la température de l'air varie lors du passage d'un orage, sont importantes pour aider les scientifiques à mieux comprendre notre atmosphère de jour en jour. Cette compréhension permettra aux météorologistes de prévoir exactement la météo du lendemain, ou même de la semaine suivante.

Les mesures de la température de l'air sont également importantes pour comprendre les précipitations. La forme sous laquelle tombe les précipitations – pluie, grêle, neige, ou pluies verglaçantes – dépend de la température de l'air. La température de l'air affecte aussi la quantité d'humidité qui s'évaporerait, ainsi que l'humidité relative de l'atmosphère. L'humidité évaporée de corps terrestres et aquatiques vers l'atmosphère alimente les orages et affecte considérablement la météo.

## **Température et climat**

Est-ce que cette année est une année exceptionnellement chaude? La terre se réchauffe-t-elle comme certains scientifiques l'ont prédit? La température moyenne de votre école change-t-elle en raison de changements locaux de la couverture du sol ? Pour répondre à ces questions et à d'autres concernant le climat terrestre, des mesures des températures maximale et minimale de l'air, ainsi que du sol, sont nécessaires, mois par mois, année après année.

Généralement, les villes sont plus chaudes que les campagnes les entourant. Les villes grandissant, les températures peuvent augmenter davantage du fait de l'expansion des secteurs goudronnés et des bâtiments en béton. La compréhension des variations locales du réchauffement et refroidissement aide les scientifiques à déterminer s'il y a un changement global de la température moyenne de l'air en surface. Les données des observations effectuées dans divers environnements, de la campagne au centre urbain, sont nécessaires pour étudier ces changements dans le climat de la Terre.

Les scientifiques qui étudient le climat terrestre recherchent des modèles de variation de température à différentes latitudes et longitudes. En d'autres termes, est-ce que tous les endroits sur Terre se refroidissent ou se réchauffent à la même vitesse? Les modèles sur ordinateur prévoient que si le climat de la Terre change à cause de l'effet de serre, les régions polaires se réchaufferont plus que les régions tropicales (bien que les régions polaires demeureront plus froides que les régions tropicales). Les modèles prévoient également que les températures moyennes nocturnes augmenteront plus que la température moyenne diurne, et qu'une augmentation des températures sera plus marquée en hiver qu'en été.

Evaluer des prévisions par modèle du changement climatique de la Terre exige une quantité énorme de données relevées à beaucoup d'endroits différents de la Terre, et ce sur de longues périodes. Les mesures des températures quotidiennes maximale et minimale de l'atmosphère effectuées par les écoles GLOBE partout dans le monde peuvent tous nous aider à mieux comprendre le climat.

## **Température et composition atmosphérique**

Beaucoup des réactions chimiques qui ont lieu entre gaz raréfiés dans l'atmosphère (gaz présents dans l'atmosphère en quantité inférieure à 0,1 %) dépendent de la température. Dans certains cas, comme par exemple le cas de plusieurs des réactions impliquées dans la formation de l'ozone, la vitesse de réaction dépend de la température. La présence de vapeur d'eau, de gouttelettes d'eau, et de cristaux de glace joue également un rôle dans la chimie de l'atmosphère.

Pour comprendre la météo, le climat, et la composition atmosphérique, des mesures de températures en surface et de l'air sont nécessaires. Les mesures de GLOBE de la température de l'air à proximité du sol sont particulièrement utiles parce que ces données sont difficiles à obtenir, sauf en relevant les valeurs données par des thermomètres soigneusement placés.

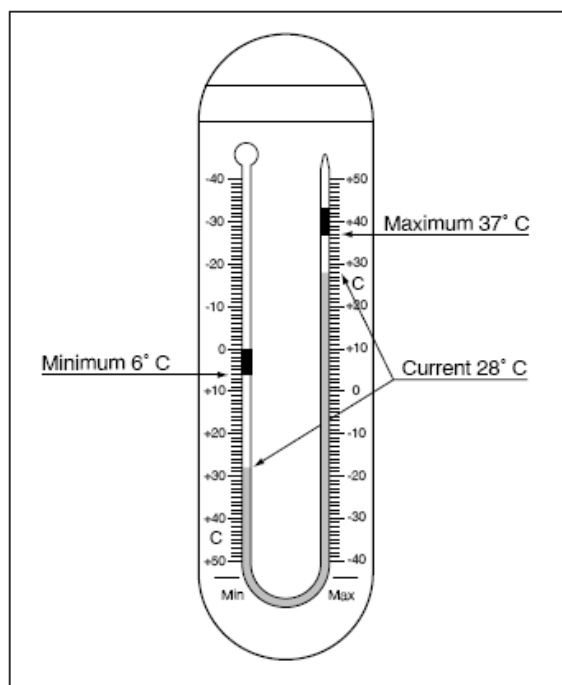
## Support pour l'enseignant

### Thermomètre à maxima/minima

Il y a deux instruments disponibles pour prendre des mesures quotidiennes de la température maximale et minimale. L'un est un thermomètre rempli de liquide, l'autre un thermomètre numérique. Le thermomètre numérique est également disponible avec une sonde sol qui peut être enterrée de manière à mesurer les températures de sol. L'utilisation de ces instruments est décrite dans ce protocole. Il y a également un autre type de thermomètre à max/min, appelé thermomètre numérique (ou numérique) plusieurs-jours à max/min, qui relève et garde les températures pour six jours. Ce thermomètre est décrit dans le *Protocole relatif aux températures max/min/courante de l'air et du sol, relevés par thermomètre numérique plusieurs jours*.

Le thermomètre à maxima/minima rempli de liquide est un tube en U avec deux indicateurs qui montrent les températures maximale et minimale atteintes depuis la dernière initialisation (cf. figure AT-MM-1). Du côté correspondant au maximum, l'échelle de température est telle que la température augmente du bas vers le haut (comme pour un thermomètre classique). Mais du côté correspondant au minimum, l'échelle de température diminue du bas vers le haut.

Figure AT-MM 1: Thermomètre à maxima/minima



La majeure partie du liquide dans le thermomètre est dans l'ampoule qui se situe dans la partie supérieure du côté minimum. Lorsque la température augmente, la dilatation du liquide dans l'ampoule pousse le mercure vers le bas du côté minimum et vers le haut du côté maximum. L'indicateur se trouvant au-dessus de la colonne de mercure du côté maximum est poussé vers le haut. Quand la température chute, la colonne de mercure se déplace dans la direction opposée, mais l'indicateur du côté maximum reste figé, indiquant ainsi la température maximale atteinte. Alors que la température diminue, la colonne de mercure monte du côté minimum du thermomètre jusqu'à atteindre la goupille de l'indicateur du côté minimum. Puis, si la température continue à diminuer, cet indicateur est poussé vers le haut. Quand la température augmente à nouveau, l'indicateur du côté minimum reste figé et indique ainsi la température minimale atteinte.

Le thermomètre à max/min rempli de liquide est différent du thermomètre classique connu de la plupart des élèves. L'expérience de lectures de ce type de thermomètre avant d'aller relever des données sur le terrain sera donc bénéfique pour la plupart des élèves. Cet entraînement peut être accompli de plusieurs manières. Vous pouvez accrocher le thermomètre à max/min dans la salle de classe pendant une certaine période et demander aux élèves d'effectuer une lecture chaque jour, lorsqu'ils arrivent. Ou encore, vous pouvez copier le schéma du thermomètre à max/min donné en *Annexe*, y dessiner une colonne de mercure et ses deux indicateurs (qui devraient être d'une longueur égale à environ 8° C) et demander aux élèves de relever les températures courante, maximale et minimale indiquées sur chaque schéma. De même, vous pourriez demander aux élèves de faire leurs propres schémas correspondant à des températures courante, maximale et minimale spécifiées.

Le thermomètre numérique enregistre et indique les températures par incrément de 0,1° C. Le capteur pour la lecture de la température de l'air est situé à l'intérieur du boîtier de l'instrument. Le thermomètre est également disponible avec un second capteur facultatif, fixé à l'extrémité d'un fil de trois mètres. Ce second capteur peut être enterré pour mesurer la température de sol. Si vous désirez relever simultanément des mesures d'air et de sol, il est important que vous distinguiez les sections de l'écran de visualisation qui s'appliquent à chaque capteur. Ceci peut être fait en collant deux morceaux d'adhésif, marqués « AIR » et « SOL », sur l'enveloppe plastique du thermomètre, à droite de l'écran.

## **Entretien de l'instrument**

L'abri à instruments météo doit être maintenu propre à l'intérieur ainsi qu'à l'extérieur. Poussières, saletés, et toiles d'araignée devraient être enlevées de l'intérieur de l'abri avec un tissu propre et sec. L'extérieur de l'abri peut être lavé légèrement avec de l'eau pour enlever les saletés, mais évitez d'envoyer trop d'eau à l'intérieur de l'abri. Si l'extérieur de l'abri est très sale, il devrait être repeint en blanc.

## **Calibration du thermomètre**

Si vous utilisez le thermomètre à max/min rempli de liquide, alors vous devriez en vérifier la calibration à l'aide de votre thermomètre de calibration approximativement tous les trois mois. Si les deux thermomètres ne correspondent pas, recalibrez le thermomètre à max/min. Environ une fois par semaine, vérifiez que les deux côtés du thermomètre à max/min indiquent la même température. Si ce n'est pas le cas, recalibrez le thermomètre.

Si vous utilisez un thermomètre numérique, il est important que vous le calibriez à l'aide d'un thermomètre de calibration. Cette calibration est réalisée en comparant diverses lectures des deux thermomètres et en calculant les écarts correspondant à la différence entre la valeur donnée par le thermomètre numérique et la température vraie. Lors de la première installation de l'instrument, les capteurs air et sol doivent être calibrés selon le *Guide de terrain relatif à la calibration des capteurs du thermomètre numérique pour une journée à max/min*. Ensuite un contrôle doit être effectué tous les six mois pour voir si le capteur sol fonctionne de manière satisfaisante, en comparant les températures qu'il renvoie aux températures mesurées avec un thermomètre à sonde de sol, selon le *Guide de terrain relatif au contrôle d'erreur du capteur sol du thermomètre numérique pour une journée à max/min*. Si la différence entre les lectures du capteur sol numérique et les lectures du thermomètre à sonde de sol est supérieure à 2° C (en valeur absolue), alors il faut déterrer le capteur sol numérique et recalibrer ce capteur ainsi que celui relatif à la température de l'air. Si la différence est de 2° C ou plus, la sonde de sol peut être laissée enterrée et il faudra juste recalibrer le capteur air.

## **Conseils utiles**

Rappelez aux élèves que le mercure pousse le *fond* des indicateurs jusqu'à ce que les températures maximale et minimale soient atteintes. Par conséquent, les températures maximale et minimale correspondront au *dessus* des indicateurs (extrémité la plus proche de la colonne de mercure). Pour aider des élèves à se souvenir de ceci, rappelez-leur qu'ils relèvent le point le plus haut que le mercure ait atteint depuis la dernière remise à zéro.

Si votre thermomètre a une échelle Fahrenheit, couvrez-la de sorte que les élèves ne la lisent pas par erreur. Une des erreurs les plus répandues dans les données de température dans la base de données de GLOBE est le relevé de températures en degrés Fahrenheit alors qu'ils étaient censés être en degrés Celsius. Avant d'utiliser le thermomètre à max/min, assurez-vous que la colonne de mercure est continue. Les secousses lors de transports peuvent parfois causer une segmentation du mercure. S'il y a des trous dans la colonne de mercure, suivez les instructions données dans la section *Questions fréquentes*.

## **Questions pour aller plus loin**

Quand est-ce que la température varie le plus jours après jours ?

Quelles sont les latitudes et les altitudes d'autres écoles de GLOBE avec des données de température atmosphérique semblables aux vôtres?

Comment la végétation de votre région réagit-elle aux changements de température ?

Votre environnement local est-il plus affecté par la température moyenne ou par les températures extrêmes?



# Calibration du thermomètre

Guide de laboratoire

## But

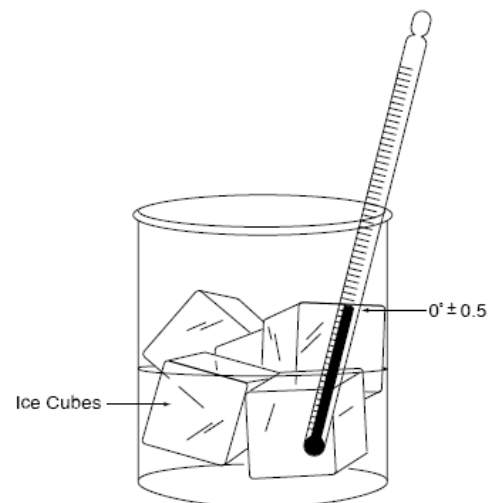
Vérifier la calibration du thermomètre de calibration.

## Ce dont vous avez besoin

- Un thermomètre de calibration
- Un récipient propre de 250 ml ou plus
- De la glace pilée
- De l'eau (distillée de préférence, mais l'essentiel est que l'eau ne soit pas salée)

## Dans la classe

1. Préparez un mélange d'eau fraîche et de glace pilée, avec plus de glace que d'eau dans votre récipient.
2. Plongez le thermomètre de calibration dans le bain d'eau glacée. L'ampoule du thermomètre doit être entièrement dans l'eau.
3. Laissez reposer pendant 10 à 15 minutes.
4. Tournez délicatement le thermomètre dans le mélange eau-glace de manière à ce qu'il soit refroidi uniformément.
5. Lisez la valeur indiquée par le thermomètre. Si cette valeur est comprise entre  $-0,5^{\circ}\text{C}$  et  $+0,5^{\circ}\text{C}$ , le thermomètre est bien calibré.
6. Si le thermomètre indique plus que  $+0,5^{\circ}\text{C}$ , vérifiez qu'il y a plus de glace que d'eau dans votre récipient.
7. Si le thermomètre indique moins que  $-0,5^{\circ}\text{C}$ , vérifiez qu'il n'y a pas de sel dans votre bain d'eau glacée.
8. Si votre thermomètre n'indique toujours pas une valeur comprise entre  $-0,5^{\circ}\text{C}$  et  $+0,5^{\circ}\text{C}$ , remplacez ce thermomètre. Si vous avez utilisé ce thermomètre pour des mesures, signalez-le à GLOBE.



# Calibration du thermomètre à maxima/minima

Guide de terrain

## **But**

Vérifier la calibration du thermomètre à maxima/minima.

Ajuster le thermomètre à maxima/minima si nécessaire.

## **Ce dont vous avez besoin**

- Un thermomètre de calibration qui a été contrôlé suivant le *Guide de laboratoire de calibration du thermomètre*
- Fiche de Relevé de Données Atmosphériques*

## **Sur le terrain**

### **Jour 1**

Accrochez le thermomètre de calibration dans l'abri à instruments météo de manière à ce que l'ampoule ne touche aucune surface.

### **Jour 2**

1. Après avoir relevé les températures courante, maximale et minimale du thermomètre à max/min, relevez la température indiquée par le thermomètre de calibration arrondi au 0,5° C le plus proche.
2. Comparez cette température avec les températures courantes indiquées des côtés maximum et minimum du thermomètre à max/min.
3. Si ces valeurs sont à +/- 0,5° C de la température courante lue sur le thermomètre calibreur, notez dans votre fiche de méta-données que la calibration du thermomètre à max/min est correcte. Complétez ensuite le *Protocole relatif à la température maximale, minimale et courante*.
4. Si la température courante d'un des deux côtés du thermomètre à max/min n'est pas dans la fourchette +/- 0,5° C par rapport au thermomètre de calibration, procédez comme suit :
5. Notez les températures courantes indiquées par les deux côtés du thermomètre à max/min et la température du thermomètre de calibration en tant que commentaires du jour sur la *Fiche de Relevé de Données Atmosphériques* (notez les trois températures).
6. Laissez le thermomètre de calibration dans l'abri à instruments.
7. Enlevez le thermomètre à max/min de l'abri à instruments. Ne touchez pas l'ampoule du thermomètre. N'exposez pas le thermomètre directement au soleil.
8. Desserrez les vis pour que les échelles du thermomètre puissent coulisser.
9. Bougez les échelles jusqu'à ce que la température courante corresponde à la valeur du thermomètre de calibration.
10. Serrez les vis pour fixer les échelles.
11. Replacez le thermomètre à max/min dans l'abri à instruments météo et réinitialisez les indicateurs pour qu'ils correspondent au dessus du mercure (des deux côtés du thermomètre).
12. Notez et reportez uniquement la température courante du jour à partir du thermomètre de calibration.
13. Notez dans votre fiche de méta-données qu'aujourd'hui une recalibration du thermomètre était nécessaire.

# Protocole relatif à la température maximale, minimale, et courante

Guide de terrain

## **But**

Mesurer les températures courante, maximale, et minimale de l'air.

Réinitialiser les indicateurs maximum et minimum pour commencer les mesures des prochaines 24 heures.

## **Ce dont vous avez besoin**

- Un abri à instruments météo bien situé
- Un thermomètre à max/min correctement calibré et installé
- Fiche de Relevé de Données Atmosphériques*
- Un stylo ou un crayon

## **Sur le terrain**

1. Notez l'heure et la date sur la *Fiche de Relevé de Données Atmosphériques*.
2. Ouvrez l'abri météo en faisant attention à ne pas toucher ou souffler sur le thermomètre.
3. Placez-vous de manière à avoir les yeux bien en face du niveau de mercure du thermomètre.
4. Relevez le niveau de mercure du côté maximum du thermomètre, en arrondissant au 0,5° C le plus proche.
5. Notez cette température comme température courante.
6. Relevez la température correspondant à la partie inférieure de l'indicateur du côté maximum, en arrondissant au 0,5° C le plus proche.
7. Notez cette température comme température maximale.
8. Relevez la température correspondant à la partie inférieure de l'indicateur du côté minimum, en arrondissant au 0,5° C le plus proche.
9. Notez cette température comme température minimale.
10. Utilisez l'aimant pour délicatement descendre les indicateurs de minimum et maximum jusqu'à ce qu'ils touchent le mercure.
11. Refermez l'abri météo.

# Calibration des capteurs du thermomètre à max/min numérique pour une journée

Guide de terrain

## **But**

Calculer les écarts de correction des capteurs air et sol afin de pouvoir tenir compte des erreurs d'imprécision des instruments.

## **Ce dont vous avez besoin**

- Un thermomètre de calibration qui a été contrôlé suivant les instructions du *Guide de laboratoire de calibration du thermomètre*
- Fiche de données de calibration du thermomètre numérique à max/min*

**Remarque :** si vous envisagez n'effectuer que des mesures de température de l'air, ou si vous ne faites que recalibrer le capteur air, ne tenez pas compte des points de ce guide qui concernent le capteur sol.

## **Sur le terrain**

1. Ouvrez l'abri à instruments météo et accrochez le thermomètre de calibration, le thermomètre numérique, et le capteur sol dans l'abri à instruments de sorte que l'air puisse circuler librement entre ceux-ci et qu'ils ne soient pas en contact avec les parois de l'abri.
2. Refermez l'abri à instruments météo.
3. Attendez au moins une heure, puis ouvrez l'abri à instruments météo. Soyez sûr que votre thermomètre numérique affiche la température courante (ni « MAX » ni « MIN » doivent apparaître sur l'écran de visualisation. Si c'est le cas, appuyez sur le bouton *MAX/MIN* jusqu'à ce que ces symboles disparaissent).
4. Relevez les températures renvoyées par les capteurs air et sol du thermomètre numérique, et notez-les dans votre *Fiche de données de calibration et réinitialisation du thermomètre numérique à max/min*.
5. Refermez l'abri à instruments météo.
6. Répétez les étapes 2 à 4 encore quatre fois, attendant au moins une heure entre chaque série de mesures. Essayez d'étaler les cinq séries de mesures autant que possible sur la journée.
7. Rapportez vos données de calibration sur le site Web de GLOBE.

# Installation du thermomètre à max/min numérique

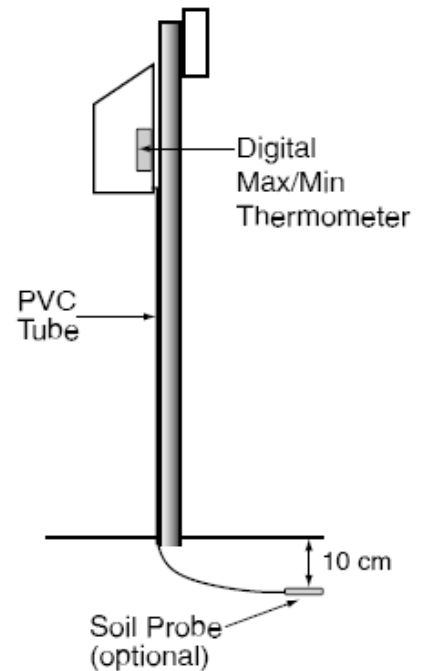
Guide de terrain

## But

Installer le thermomètre numérique sur votre Site d'Etude Atmosphérique.

## Ce dont vous avez besoin

- Un abri météo GLOBE (les spécificités sont données dans la *Liste d'instruments GLOBE* dans la section *Trousse à Outils*)
- Une foreuse avec un foret spatule 12 mm (si vous effectuez des mesures sol)
- De la corde ou du fils pour utiliser comme attaches
- Des tubes en PVC de 120 cm X 2,5 cm (facultatif)
- Des outils pour creuser (si vous effectuez des mesures sol)



## Sur le terrain

1. Montez le logement du thermomètre numérique contre le mur arrière de votre abri météo. Ce logement doit de préférence être placé de manière à ce que la lecture des données affichées à l'écran soit aisée.
2. Si vous ne désirez pas effectuer des mesures de la température sol, posez le capteur sol et son câble dans un coin de votre abri, et ne tenez pas compte des points suivants de ce guide. Dans le cas contraire, continuez au point 3.
3. Si nécessaire, forez un trou de 12 mm, avec le foret spatule, en bas de l'abri à instruments météo, vers l'arrière de l'abri. Passez la sonde du capteur sol par ce trou, en laissant autant de câble que possible à l'intérieur de l'abri. Vous pouvez, si vous le désirez, passer le capteur et son fil par un tube en PVC qui servira de protection au fil.
4. Choisissez un endroit à proximité où placer la sonde de température sol, du côté équatorial (le côté ensoleillé) de l'abri à instruments météo. Il est préférable de relever des données d'un sol qui n'est pas à l'ombre. Les commentaires sur votre définition du site devraient inclure le taux d'ombre que la surface au-dessus de la sonde rencontre durant l'année.
5. Creusez un trou d'une profondeur d'un peu plus de 10 cm à l'endroit choisi.
6. Enfoncez la sonde horizontalement dans la terre (dans un des côtés du trou que vous venez de creuser) à une profondeur de 10 cm. Si nécessaire, utilisez une aiguille ou une tige métallique de diamètre légèrement inférieur à celui de la sonde, pour créer une ouverture facilitant l'enfoncement de la sonde dans la terre.
7. Remplissez le trou avec la terre enlevée lorsque vous l'avez creusé.
8. Fixez tout excédent de câble du capteur sol à l'aide d'attaches de fils ou de corde. Laissez autant que possible du câble à l'intérieur de l'abri.

# Protocole relatif à la température maximum et minimum relevée par instrument numérique pour une journée

Guide de terrain

## **But**

Mesurer les températures courante, maximale, et minimale de l'air à l'aide du thermomètre numérique pour un jour.

Mesurer les températures courante, maximale, et minimale du sol à l'aide du thermomètre numérique pour un jour (facultatif).

Réinitialiser le thermomètre numérique pour entamer les mesures des prochaines 24 heures.

## **Ce dont vous avez besoin**

- Un abri à instruments météo bien situé
- Un thermomètre à max/min numérique pour une journée correctement calibré et installé
- Une montre précise ou un autre appareil mesurant le temps
- Une *Fiche de Données* appropriée
- Un stylo ou un crayon

**Remarque :** assurez-vous que le thermomètre numérique affiche les températures en degrés Celsius. Si ce n'est pas le cas, pressez le bouton °C/°F pour passer en degrés Celsius.

## **Sur le terrain**

1. Dans l'heure du midi solaire, ouvrez l'abri à instruments météo en faisant attention à ne pas souffler sur le thermomètre.
2. Notez l'heure et la date sur votre *Fiche de Données* en heure locale et en heure universelle (UT).  
**Remarque :** l'heure rapportée sur le site Web de GLOBE devrait être l'heure UT.
3. Assurez-vous que le thermomètre affiche la température courante (ni « MAX » ni « MIN » ne devraient être affichés à l'écran. Si c'est le cas, pressez le bouton *MAX/MIN* jusqu'à ce que ces symboles disparaissent).
4. Notez la température courante de l'air sur votre *Fiche de Données*. Si vous relevez des données de température sol, notez également la température courante du sol.
5. Appuyez sur le bouton *MAX/MIN* une fois.
6. Les températures maximales sont maintenant affichées et un symbole « MAX » devrait apparaître à l'écran.
7. Notez la température maximale de l'air sur votre *Fiche de Données*. Si vous relevez des données de température sol, notez également la température maximale du sol.
8. Appuyez sur le bouton *MAX/MIN* encore une fois.
9. Les températures minimales sont maintenant affichées et un symbole « MIN » devrait apparaître à l'écran.
10. Notez la température minimale de l'air sur votre *Fiche de Données*. Si vous relevez des données de température sol, notez également la température minimale du sol.
11. Maintenez appuyé le bouton *MAX/MIN* pendant une seconde. Ceci réinitialisera le thermomètre.
12. Refermez l'abri à instruments météo.

# Contrôle d'erreur du capteur sol du thermomètre à max/min numérique pour une journée

Guide de terrain

## **But**

Contrôler la précision du capteur sol pour savoir si il est nécessaire ou non de le déterrer pour le recalibrer.

## **Ce dont vous avez besoin**

- Un thermomètre à sonde de sol du *Protocole relatif à la température de sol*
- Fiche de données de calibration du thermomètre numérique à max/min*

## **Sur le terrain**

1. Calibrez le thermomètre à sonde de sol en suivant le *Guide de laboratoire relatif à la calibration du thermomètre sol* du *Protocole relatif à la température de sol*.
2. Ouvrez l'abri à instruments météo.
3. Choisissez un endroit à environ 15 cm du l'endroit où est enterré la sonde de mesure de la température sol.
4. Mesurer la température sol à une profondeur de 10 cm à cet endroit en suivant le *Protocole relatif à la température de sol*.
5. Notez cette température dans la section « Contrôle d'erreur du capteur sol » de votre *Fiche de données de calibration et de réinitialisation du thermomètre à max/min numérique*.
6. Assurez-vous que le thermomètre affiche la température courante (ni « MAX » ni « MIN » ne devraient être affichés à l'écran. Si c'est le cas, pressez le bouton *MAX/MIN* jusqu'à ce que ces symboles disparaissent).
7. Relevez la température fournie par le capteur sol du thermomètre numérique et notez la sur votre *Fiche de Données*.
8. Fermez l'abri à instruments météo.
9. Répétez les étapes 2 à 8 encore quatre fois, en attendant une heure entre chaque série de mesures.
10. Calculez la moyenne des mesures du thermomètre à sonde de sol.
11. Calculez la moyenne des mesures du capteur sol du thermomètre numérique.
12. Calculez l'erreur du capteur sol en soustrayant la moyenne des cinq mesures du thermomètre à sonde de sol (étape 10) de la moyenne des cinq mesures du capteur sol du thermomètre numérique (étape 11).
13. Si la valeur absolue de l'erreur du capteur sol est supérieure ou égale à 2° C, alors il faut déterrer le capteur et recalibrer les capteurs sol et air en suivant le guide relatif à la *Calibration des capteurs du thermomètre numérique simple journée à max/min*. Dans le cas contraire, laissez le capteur sol numérique enterré et ne recalibrez que le capteur air.

## Questions fréquentes

**1. Si nous oublions de lire les valeurs du thermomètre à max/min pendant un jour ou plus (un week-end, des vacances, des jours fériés...), peut-on encore relever la température aujourd'hui ?**

Vous pouvez et devriez relever la température courante. Vous ne pouvez pas rapporter les températures maximale et minimale car celles-ci sont les températures maximale et minimale pour plus d'un jour. Réinitialisez les indicateurs et demain vous pourrez relever les températures maximale, minimale et courante.

**2. Que devrions-nous faire si notre thermomètre à max/min n'est pas conforme au thermomètre de calibration, et que nous ne pouvons pas ajuster les échelles de manière à ce qu'ils conviennent ?**

Cela arrive rarement, mais il y a quelques thermomètres à max/min qui ne peuvent pas être calibrées de manière satisfaisante. Dans ce cas, contactez le fournisseur ou le fabricant, expliquez que la calibration du thermomètre est hors usage, et demandez un nouveau thermomètre.

**3. Que faire s'il y a des bulles d'air dans notre thermomètre ?**

Pour que votre thermomètre fonctionne correctement, il ne peut y avoir de bulle d'air dans la colonne de liquide du thermomètre, et dans le thermomètre à max/min il ne devrait y avoir aucun trou dans la colonne du mercure. Il y a beaucoup de techniques pour réunir les colonnes de liquide des thermomètres. Une technique est de taper le boîtier du thermomètre tenu verticalement, contre votre main. N'appuyez pas sur la tige du thermomètre car cela pourrait la rompre. Délicatement secouer ou taper le boîtier du thermomètre est beaucoup plus efficace pour se débarrasser des bulles dans le mercure, que d'essayer en chauffant ou refroidissant le thermomètre.

Une autre technique consiste à attacher solidement une corde au-dessus du thermomètre. Tenez-vous dans un espace ouvert, et balancez le thermomètre en cercles de sorte que la force centrifuge pousse le liquide et le force à se réunir. Dans le cas du thermomètre à max/min qui contient du mercure, cette opération devrait être faite par le professeur, et non par les élèves.

Si ces essais répétés ne suffisent pas à réunir la colonne de liquide, demandez un thermomètre de rechange au fabricant ou au fournisseur.

**4. Pouvons-nous relever les températures maximale et minimale sans utiliser un thermomètre contenant du mercure ?**

Le principe de fonctionnement du thermomètre à max/min en U repose sur l'utilisation de deux liquides différents, dont un doit être le mercure. Pour relever ces données sans utiliser un thermomètre à mercure, vous devez utiliser un capteur de température électronique qui garde en mémoire les températures maximale et minimale, ou qui stocke ses lectures au travers d'un enregistreur de données. Reportez-vous aux *Protocoles* donnés dans la version en ligne de ce *Guide au professeur*.

**5. La température maximale lue aujourd'hui est inférieure à la température courante relevée hier. Est-ce problématique ?**

Oui, c'est un problème si la différence est supérieure à 0,5° C. Parfois l'indicateur du maximum glisse. Rapportez quand même vos lectures de manière à ce que GLOBE puisse dépister ces erreurs. Si ce problème se produit souvent (plus d'un jour sur 20 ou encore, 5% du temps), vérifiez que votre abri à instruments météo est monté fermement et solidement, et qu'il n'y a aucune source de vibrations secouant l'abri. Si votre abri est solidement monté et qu'il n'y a aucune source de vibrations, contactez le fournisseur et remplacez votre thermomètre à max/min. Informez également GLOBE de ce problème.

Si la différence n'est que de 0,5° C, ce n'est pas un problème, mais soyez certain de toujours lire le thermomètre avec vos yeux au même niveau que le mercure. Une différence entre observateurs de 0,5° C est acceptable.

**6. La température minimale lue aujourd'hui est supérieure à la température courante relevée hier. Est-ce problématique ?**

Cf. la réponse à la question 5.



## Température courante, maximum et minimum de l'air – Analyse des données

### Les données sont-elles raisonnables?

La température de l'air change tout au long d'une période de 24 heures. A certains endroits, il peut y avoir de grandes variations de température au cours de la journée, alors qu'ailleurs cette variation peut être faible. La figure AT-MM-2 montre un graphique de la température d'air sur une journée, les mesures étant prises toutes les 15 minutes. Vous pouvez voir sur ce graphique la température courante ( $T_{\text{current}}$ ), maximum ( $T_{\text{max}}$ ), et minimum ( $T_{\text{min}}$ ) pour ce jour. Vous utiliserez votre thermomètre en U pour relever et noter les températures maximale et minimale de manière à ne devoir lire le thermomètre qu'une fois par jour, dans l'heure du midi (solaire) local.

Par définition,  $T_{\text{max}}$  est la plus haute température pour cette période de temps et  $T_{\text{min}}$  est la plus basse.

Donc,

$$T_{\text{max}} \geq T_{\text{current}} \quad \text{and} \quad T_{\text{min}} \leq T_{\text{current}}$$

pour  $T_{\text{current}}$  au début et à la fin de la période de 24 heures. Si ces inégalités ne sont pas vérifiées, c'est qu'il y a un problème avec la  $T_{\text{max}}$  ou la  $T_{\text{min}}$  de ce jour.

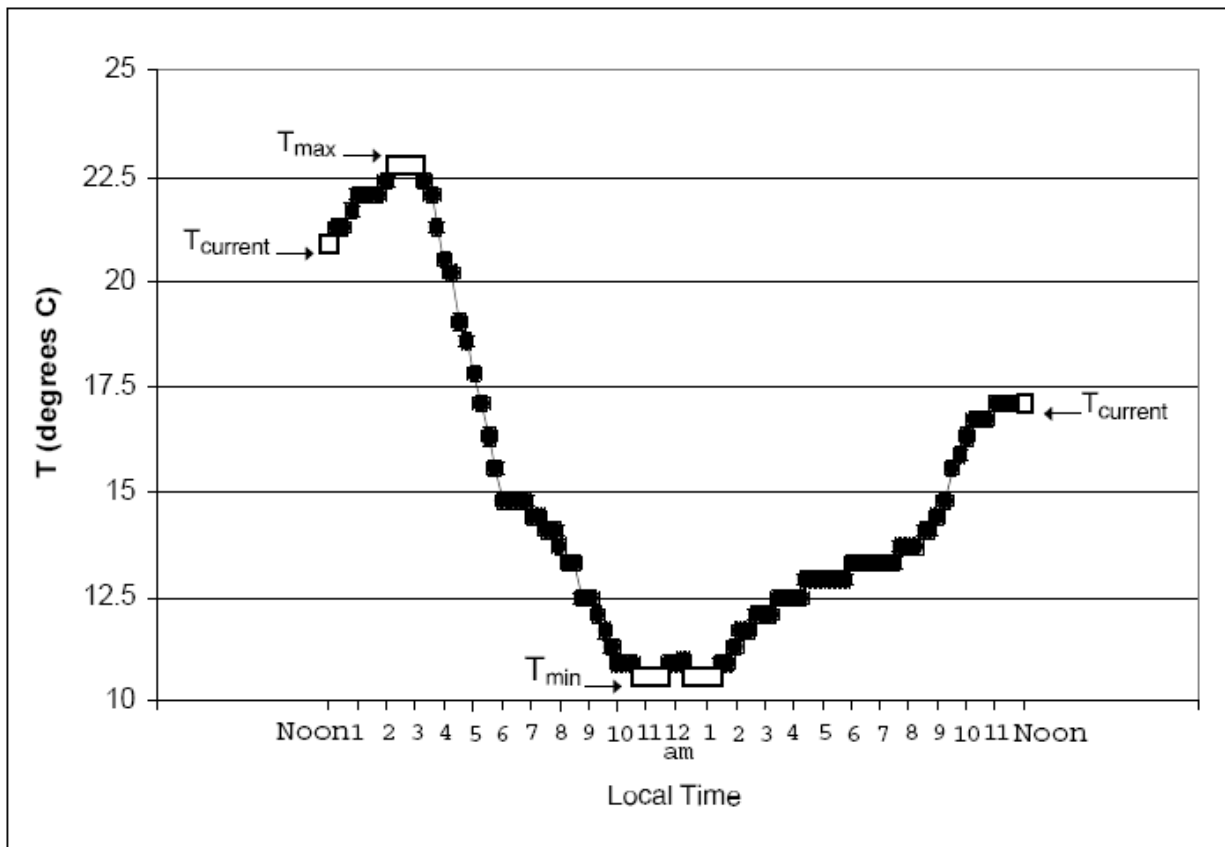


Figure AT-MM 2: variation de température sur une période de 24 heures

figure AT-MM-3, facilite l'examen visuel de celles-ci.

Un autre contrôle du caractère raisonnable des données relatives à une journée est la comparaison entre celles-ci et les données d'écoles GLOBE voisines, ou encore avec d'autres sources de données de température. La figure AT-MM-4 montre les données d'une journée pour 12 écoles qui sont proches l'une de l'autre. Le tableau AT-MM-1 reprend les données de température d'air pour les écoles représentées sur la figure AT-MM-4. Toutes ces écoles sont raisonnablement en accord sur les données.

### **Que recherchent les gens dans ces données?**

Dans les études de climat, les scientifiques s'intéressent aux températures moyennes sur diverses périodes de temps, ainsi qu'aux valeurs extrêmes. La plupart des jours, la température de l'air varie avec le cycle (quotidien) diurne du soleil, et cette variation est souvent plus grande que la variation d'un jour à l'autre.

Dans beaucoup de lieux, la température de l'air varie de manière significative quand les systèmes météorologiques traversent la région comme une succession de fronts froids et de fronts chauds.

météorologiques variant d'une année à l'autre, comparer les températures d'un même jour pour différentes années n'est donc pas une bonne indication du changement climatique.

Pour pouvoir vraiment comparer les changements d'année en année, vous devez faire la moyenne sur plusieurs systèmes météorologiques. Un mois est assez long pour moyenniser les effets d'orages isolés, mais pas assez longtemps pour que les variations saisonnières soient moyennées.

La température moyenne pour un jour peut être estimée en faisant la moyenne des températures maximale et minimale pour ce jour. La recherche a montré que cette estimation conduit généralement à une erreur de 0,1° C ou moins par rapport à la valeur moyenne réelle. Pour l'école que nous considérons, nous trouvons pour le 15 avril 1998:

$$T_{\max} = 10.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\min} = 2.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{moyenne}} = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} = \frac{10.0^{\circ}\text{C} + 2.0^{\circ}\text{C}}{2} = 6.0^{\circ}\text{C}$$

Table AT-MM 1: données relatives aux écoles représentées à la figure AT-MM-4 pour le 15 avril 1998

MxTmp	MnTmp	CrTmp	Hour	Lat	Lon	Elev	Location of School
14.0	0.0	12.0	11	50.0477	14.4393	272	Praha 4, CZ
13.0	-1.0	12.0	12	49.7667	16.9167	273	Mohelnice, CZ
12.0	-1.0	8.0	10	50.1328	14.4035	322	Praha 8, CZ
12.0	3.0	12.0	11	50.0630	14.4340	272	Praha 4, CZ
11.2	0.9	11.0	9	50.4387	15.3523	868	Jicin, CZ
11.0	-4.0	10.0	11	48.9737	14.5027	395	Ceske Budejovice, CZ
11.0	2.0	9.0	10	49.9078	16.4218	460	Ceska Trebova, CZ
10.5	-1.2	10.2	11	49.9042	16.4432	350	Ceska Trebova, CZ
10.0	2.0	9.0	11	49.5420	15.3537	518	Humpolec, CZ
10.0	5.0	8.0	12	49.2080	16.6833	265	BRNO, CZ
10.0	0.0	8.0	11	49.5190	16.2600	570	Bystrice Nad Perstejnem, CZ
9.0	-2.0	9.0	11	49.3167	16.3417	485	Deblin, CZ

Figure AT-MM 3 : données de température d'air sur un mois pour une école GLOBE

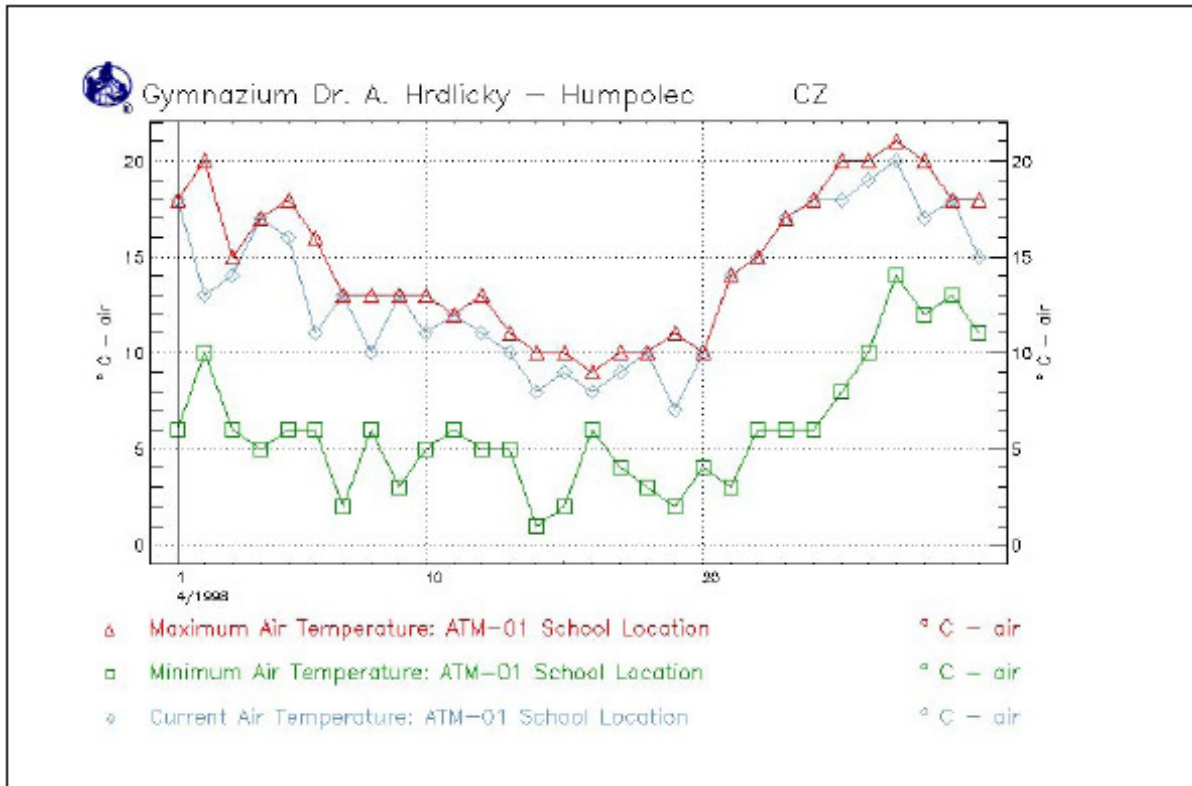
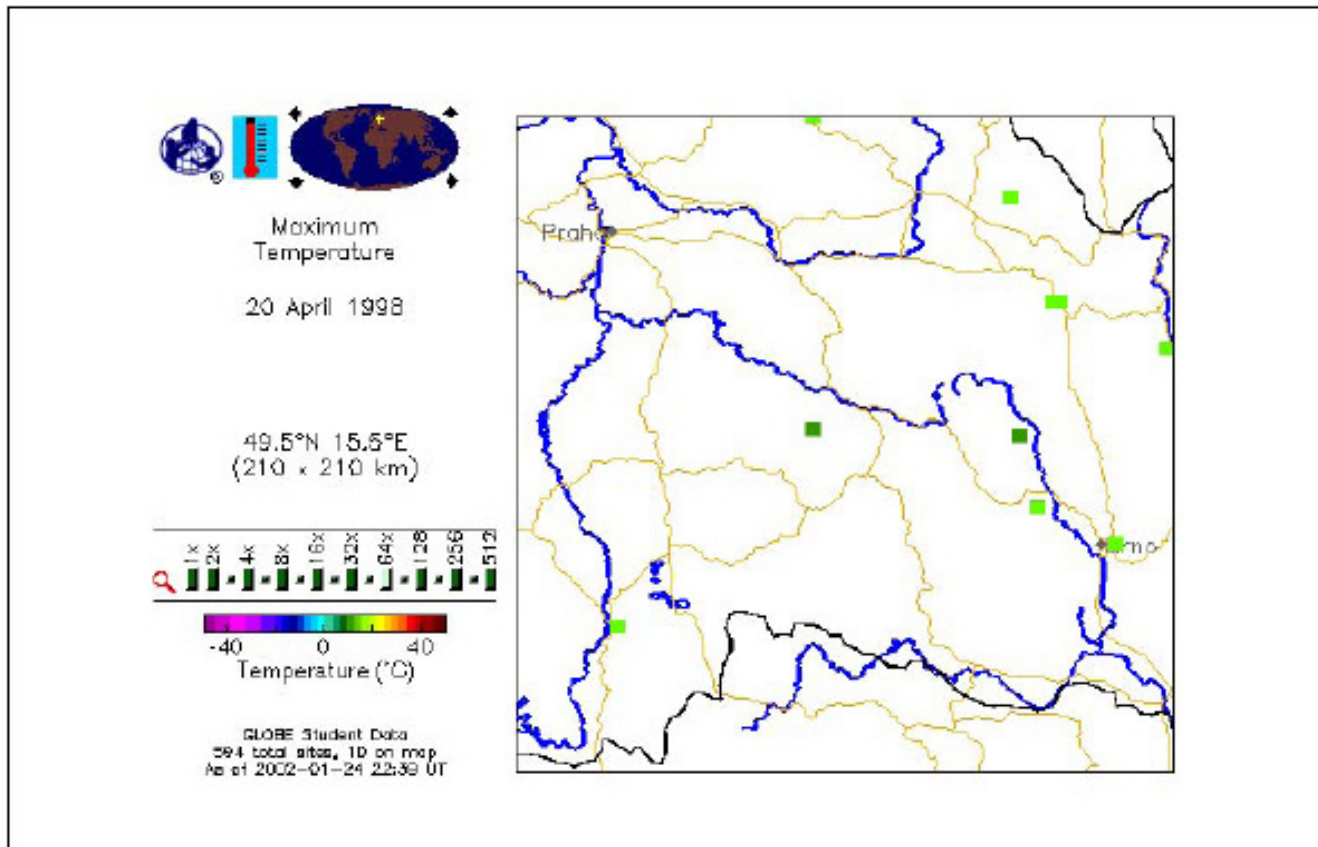


Figure AT-MM 4: données d'écoles GLOBE relatives à la température maximum pour une journée



La température moyenne mensuelle peut aussi être calculée en faisant la moyenne des températures maximale et minimale pour chaque jour du mois. A partir des valeurs du tableau AT-MM-2, pour l'école Gymnazium Dr. A. Hrdlicky, la température mensuelle moyenne de l'air pour avril 1998 est:

$$T_{\text{moyenne}} (\text{avril 1998}) = 10.4^{\circ} \text{C}.$$

La plupart des créatures vivantes sont sensibles aux températures extrêmes. C'est particulièrement vrai lorsque les températures descendent sous la température de solidification de l'eau ( $0.0^{\circ} \text{C}$ ). En regardant la courbe de température minimum dans la figure AT-MM-3, il est facile de voir que la température n'est jamais descendue sous le zéro pour ce mois. La plus basse température mesurée était  $1^{\circ} \text{C}$ . La température maximale pour le mois était de  $21^{\circ} \text{C}$ .

En tant qu'élèves-chercheurs, vous devriez penser à comparer les températures, températures moyennes, et températures extrêmes entre différentes écoles ou différents endroits. Vous pouvez comparer les températures moyennes mensuelles d'une année à l'autre et regarder la tendance des températures moyennes mensuelles au cours de l'année. Il est également intéressant de rechercher les premiers et derniers jours de la saison froide pour lesquels la température minimale est sous le zéro. D'autres sections de ce guide décrivent des corrélations utiles entre la température de l'air et d'autres phénomènes.

Lorsque vous comparez les écoles, rappelez-vous que l'atmosphère se refroidit au fur et à mesure que l'on monte en altitude. De plus, la plupart des grandes villes sont plus chaudes que la campagne environnante. Ceci s'appelle l'effet d'îlot de chaleur urbain. Praha (Prague) est une grande ville. A partir des données du tableau AT-MM-1, il est clair que les écoles de Praha sont à une altitude inférieure tout en étant située dans une ville, et pour ce jour, elles affichent les températures maximales les plus chaudes.

### **Un exemple d'étude de recherche menée par un élève**

#### *Poser une hypothèse*

Une élève d'une école de Humpolec (République Tchèque) observe les visualisations de température maximale de plusieurs jours en avril 1998. Elle remarque que les valeurs des écoles à Praha sont plus élevées que celles de son école, durant un certain

Table AT-MM 2: données de température pour avril 1998

Date (yyyymmdd)	Températures		
	Current	Maximum	Minimum
19980430	15.0	18.0	11.0
19980429	18.0	18.0	13.0
19980428	17.0	20.0	12.0
19980427	20.0	21.0	14.0
19980426	19.0	20.0	10.0
19980425	18.0	20.0	8.0
19980424	18.0	18.0	6.0
19980423	17.0	17.0	6.0
19980422	15.0	15.0	6.0
19980421	14.0	14.0	3.0
19980420	10.0	10.0	4.0
19980419	7.0	11.0	2.0
19980418	10.0	10.0	3.0
19980417	9.0	10.0	4.0
19980416	8.0	9.0	6.0
19980415	9.0	10.0	2.0
19980414	8.0	10.0	1.0
19980413	10.0	11.0	5.0
19980412	11.0	13.0	5.0
19980411	12.0	12.0	6.0
19980410	11.0	13.0	5.0
19980409	13.0	13.0	3.0
19980408	10.0	13.0	6.0
19980407	13.0	13.0	2.0
19980406	11.0	16.0	6.0
19980405	16.0	18.0	6.0
19980404	17.0	17.0	5.0
19980403	14.0	15.0	6.0
19980402	13.0	20.0	10.0
19980401	18.0	18.0	6.0
Total		443.0	182.0

nombre de jours. Elle se demande si ceci peut être vrai pour la moyenne. Comme un point de départ simple pour sa recherche, elle pose l'hypothèse suivante :

*les températures moyennes mensuelles à Praha sont plus élevées qu'à Humpolec.*

#### *Rassembler des données*

Des données ayant été rassemblées par des écoles GLOBE à Praha pour avril 1998, l'élève décide de tester son hypothèse en utilisant ce mois comme échantillon. Elle commence par identifier les écoles GLOBE à Praha qui ont rapporté des données pour cette période.

Elle trouve cinq écoles. Puis elle représente graphiquement les températures maximale, minimale et courante de chaque école, et regarde les graphiques pour être sûre que les données sont de bonne qualité. Elle décide qu'elles sont suffisamment bonnes pour son projet, car elle combinera les données des cinq écoles.

### *Analyser les données*

Comme première étape après avoir obtenu les données de ces écoles, elle trace une courbe des données de température maximale d'avril 1998 de son école et des écoles de Praha. Elle crée alors une table de données avec toutes valeurs de ce graphique. Elle sauvegarde cette information soit en imprimant la table de l'ordinateur, en coupant et copiant la table dans une fiche de bilan, soit copiant les valeurs à la main. Elle fait la même chose pour les températures minimales. Maintenant elle calcule la moyenne de toutes les températures maximales et minimales rapportées par les écoles de Praha pour ce mois. Elle obtient une valeur de 12,6° C. Puisque cette valeur est plus grande que celle de son école, qui est de 10.4° C, son hypothèse est vérifiée.

Elle se demande alors si le fait de prendre la moyenne de toutes les températures est correct, puisque pour certains jours, toutes les cinq écoles de Praha ont fourni des données, alors que pour d'autres jours, seulement une école en a rapporté. Elle décide de calculer la moyenne mensuelle pour chaque école individuellement, et puis de faire la moyenne de ces cinq valeurs. Ses résultats pour les cinq écoles sont 11.6° C, 12.1° C, 12.5° C, 13.0° C, et 14.4° C, et la moyenne de ces valeurs est 12.7° C, ce qui est en bon accord avec la moyenne initiale calculée pour Praha, qui était de 12.6° C.

Elle met alors par écrit son hypothèse, sa procédure de calcul, et ses conclusions, et inclut les calculs qu'elle a faits ainsi que les graphiques qu'elle a utilisés ou tracés. En remarque finale, elle discute des essais additionnels de son hypothèse qu'elle voudrait effectuer dans le futur, y compris la comparaison pour le mois d'avril d'une autre année ou même la comparaison de tous les mois de l'année 1998.

### *Analyse supplémentaire de données*

Si l'élève réalisant ce projet a appris les racines carrées et la statistique élémentaire, elle pourrait aller un peu plus loin et examiner les erreurs statistiques de ses calculs de températures moyennes mensuelles.

Toutes les écoles impliquées dans cet exemple ont rapporté la température au degré Celsius le plus proche, au lieu du 0.5° C le plus proche. Comment peut-elle affirmer ceci ? D'abord elle remarque que toutes les valeurs rapportées ont 0 comme valeur de dixièmes. Si les lectures avaient été arrondies au demi degré le plus proche, il devrait y avoir quelques valeurs de dixièmes égales à 5. Ainsi, étant donné la précision des instruments GLOBE et des lectures par les élèves, l'erreur des différentes mesures est de  $\pm 1.0^\circ \text{C}$ . L'erreur sur la moyenne dépend du nombre de mesures indépendantes incluses. Ainsi pour chaque école, l'erreur statistique sur la moyenne est:

si N = nombre de mesures

$$\text{Erreur} = \pm 1^\circ \text{C} \times \frac{\sqrt{N}}{N}$$

$$\text{Erreur} = \pm 1^\circ \text{C} \times \frac{1}{\sqrt{N}}$$

Pour les écoles avec des données pour 22 jours ou moins (et donc  $2 \times 22 = 44$  mesures ou moins), l'erreur est approximativement de  $\pm 0.2^\circ \text{C}$ , alors que pour les écoles avec plus de mesures, l'erreur est environ de  $\pm 0.1^\circ \text{C}$ . Etant donné ces erreurs statistiques, l'élève conclut que les différences entre les moyennes mensuelles des écoles sont plus grandes que les erreurs, et donc statistiquement significatives. Ceci reste vrai même entre les écoles de Praha. Ceci renforce sa conviction que l'hypothèse est soutenue par les données, car la température moyenne mensuelle à Humpolec en avril 1998 est inférieure que celle de n'importe quelle école de Praha prise individuellement, en plus d'être inférieure à la moyenne de toutes les données de Praha.

### *Analyse avancée des données*

Une élève de niveau plus avancé ne calculerait pas l'erreur statistique en utilisant toutes les mesures des cinq écoles prises ensemble car ces données ne sont pas indépendantes. En un jour donné à Praha, les données des cinq écoles devraient être corrélées puisque ces écoles sont exposées approximativement à la même météo. En remarquant ceci, l'élève de niveau avancé décidera de faire deux vérifications supplémentaires sur sa conclusion.

D'abord, elle calcule la température moyenne pour chaque jour en avril à Praha. Pour chaque jour, elle additionne les températures maximales et minimales de toutes les écoles qui ont des données pour ce jour, et divise ce résultat par le nombre de mesures rapportées. Ces résultats sont donnés dans la colonne droite du tableau AT-MM-3.

Table AT-MM 3: données de température maximale et minimale pour cinq écoles de Praha, avril 1998

School:	Zakladni Skola, n.Inter.		Masarykova stredni skola chemicka		Zakladni Skola		Zakladni Skola Horackova		Gymnazium		Daily
Date	T <sub>max</sub> °C	T <sub>min</sub> °C	T <sub>max</sub> °C	T <sub>min</sub> °C	T <sub>max</sub> °C	T <sub>min</sub> °C	T <sub>max</sub> °C	T <sub>min</sub> °C	T <sub>max</sub> °C	T <sub>min</sub> °C	T <sub>avg</sub> °C
4/1/1998	21	5	22	8	20	12	—	—	—	—	14.7
4/2/1998	17	12	20	11	19	9	—	—	—	—	14.7
4/3/1998	17	9	20	10	18	9	—	—	—	—	13.8
4/4/1998	19	11	—	—	18	7	—	—	—	—	13.8
4/5/1998	14	5	—	—	15	8	—	—	—	—	10.5
4/6/1998	14	4	—	—	18	8	—	—	—	—	11.0
4/7/1998	15	3	18	8	19	8	—	—	26	5	12.8
4/8/1998	14	4	—	—	17	9	—	—	—	—	11.0
4/9/1998	16	-1	—	—	16	8	—	—	—	—	9.8
4/10/1998	14	2	—	—	10	8	—	—	—	—	8.5
4/11/1998	14	2	—	—	14	7	—	—	—	—	9.3
4/12/1998	14	2	—	—	15	1	—	—	—	—	8.0
4/13/1998	—	—	—	—	15	4	—	—	—	—	9.5
4/14/1998	—	—	—	—	15	-8	—	—	—	—	3.5
4/15/1998	—	—	—	—	12	-1	14	0	12	3	6.7
4/16/1998	—	—	15	4	13	5	14	3	14	5	9.1
4/17/1998	—	—	15	5	17	7	13	1	14	2	9.3
4/18/1998	—	—	—	—	—	—	15	4	—	—	9.5
4/19/1998	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4/20/1998	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4/21/1998	17	8	21	5	—	—	16	4	16	2	11.1
4/22/1998	16	4	16	6	—	—	16	5	17	3	10.4
4/23/1998	17	4	21	9	—	—	20	5	21	3	12.5
4/24/1998	18	8	23	9	—	—	—	—	25	4	14.5
4/25/1998	20	7	—	—	19	8	—	—	—	—	13.5
4/26/1998	24	10	—	—	24	11	—	—	—	—	17.3
4/27/1998	24	10	—	—	25	12	—	—	26	10	17.8
4/28/1998	24	10	24	12	25	13	23	12	25	13	18.1
4/29/1998	25	9	22	15	20	13	22	12	21	12	17.1
4/30/1998	22	8	22	13	23	10	20	12	23	9	16.2
Total	396	136	259	115	407	168	173	58	240	71	333.7
Number of days	22	22	13	13	23	23	10	10	12	12	28
Average Max or Min	18.0	6.2	19.9	8.8	17.7	7.3	17.3	5.8	20.0	5.9	
Monthly T <sub>avg</sub> °C	12.1		14.4		12.5		11.6		13.0		11.9
Statistical error (°C)	0.2		0.3		0.2		0.3		0.3		0.2

Ce processus lui donne les températures moyennes pour 28 jours d'avril. Elle en fait alors la moyenne pour obtenir la température moyenne mensuelle à Praha. Le résultat est de 11.9° C avec une erreur statistique de  $\pm 0.1^\circ$  C. Cette valeur est sensiblement inférieure aux autres résultats. Cependant, cette moyenne mensuelle est toujours sensiblement plus grande que celle de Humpolec, et l'hypothèse reste donc vérifiée.

Ensuite, elle remarque que pour deux jours, les 19 et 20 avril, il n'y a aucune donnée des écoles de Praha. Ces jours étaient-ils exceptionnellement froids ou chauds, ce qui pourrait biaiser la moyenne mensuelle? De manière générale, Humpolec est suffisamment proche de Praha pour qu'ils éprouvent des périodes similaires de temps froid ou chaud, lorsque les systèmes météorologiques traversent la République Tchèque. L'élève observe les données de son école pour ces deux jours pour savoir si ces jours étaient des jours peu communs comparativement à la moyenne mensuelle d'avril. Les températures moyennes pour ces deux jours étaient respectivement de 7.0° C et 6.5° C. Tous les deux étaient sensiblement plus froids que la moyenne mensuelle. Les données absentes pour ces deux jours pourraient donc biaiser la moyenne mensuelle de Praha, mais de combien? Pour estimer ceci, l'élève décide de calculer la moyenne mensuelle de Humpolec en omettant ces deux jours. La moyenne mensuelle qu'on obtiendrait si les données pour ces deux jours manquaient est de 10.7° C, soit 0.3° C plus élevé que la moyenne réelle calculée. Ceci est significatif, mais pas suffisant pour changer la conclusion que la température mensuelle moyenne à Praha est plus élevée qu'à Humpolec pour le mois d'avril 1998.

### *Explications et commentaires sur les résultats*

Le fait de savoir que les températures moyennes à Praha sont plus élevées qu'à Humpolec n'explique pas pourquoi. Répondre à cette question est plus difficile, mais devrait aussi être plus gratifiant. Deux effets courants pourraient expliquer les différences de température systématiques observées – les effets d'îlot de chaleur urbain et les différences d'altitude. Un élève pourrait poser l'hypothèse que les conditions plus chaudes à Praha qu'à Humpolec sont dues à la différence d'altitude. Pour tester cette hypothèse, l'élève devrait rassembler des données d'écoles tchèques situées à différentes altitudes. Par exemple, Mohelnice et Jicin sont tous les deux des villes relativement petites. Mohelnice et Praha sont à peu près à la même altitude, et Jicin est située à une altitude de 350 mètres de plus que Humpolec. Cf. le tableau AT-MM-2. Si les températures moyennes à Mohelnice sont plus ou moins pareilles à celles de Praha, et que la variation des températures moyennes entre Mohelnice, Humpolec, et Jicin est proportionnelle à l'altitude, alors l'hypothèse est soutenue. Les différences de latitude affectent également la température moyenne. Une augmentation de 2° à 2.5° de latitude étant approximativement équivalente à une augmentation en altitude de 150 mètres, les effets de latitude devraient être sensiblement plus faibles que les effets d'altitude pour ces villes. Répondre à des questions telles que celle-ci est plus facile là où il y a beaucoup d'écoles GLOBE rapportant des données de manière continue.



# Température courante

## Objectif général

Mesurer la température courante de l'air quand un abri à instruments n'est pas disponible.

## Objectif spécifique

La température courante de l'air est mesurée en utilisant un thermomètre mis à l'air libre, mais à l'ombre, pendant au moins 3 minutes.

## Compétences

### Concepts scientifiques

*Sciences de la Terre et de l'Espace*

Le temps peut être décrit par des mesures quantitatives.

Le temps varie d'un jour à l'autre et selon la saison.

Le temps varie sur des échelles spatiales locales, régionales et mondiales.

*Les sciences physiques*

Les propriétés sont mesurables à l'aide d'outils.

*Géographie*

La variation de température affecte les caractéristiques du système géographique de la Terre.

### Compétences scientifiques

Utiliser un thermomètre pour mesurer la température.

## Durée

5 minutes

## Niveau

Tout niveau

## Fréquence

Comme jugé nécessaire pour soutenir d'autres mesures GLOBE.

Calibration tous les trois mois.

## Matériel et instruments

Thermomètre rempli d'alcool (thermomètre de calibration ou psychromètre de fronde).

Une horloge ou montre.

Une bande élastique et un morceau de corde (si vous utilisez un thermomètre de calibration).

*Fiche de Données.*

## Préparations

Trouvez un endroit à l'ombre pour votre mesure de la température de l'air.

## Pré requis

Aucun

## Support pour l'enseignant

Cette méthode devrait être utilisée uniquement quand un abri à instruments météo n'est pas disponible et qu'une mesure de la température courante est exigée à l'appui d'une autre mesure de GLOBE. N'oubliez pas de définir le site approprié pour vos mesures (c'est-à-dire, si d'autres mesures de l'atmosphère sont prises, ce serait un Site d'Etude de l'Atmosphère, si des mesures de la température de sol sont prises, ce serait un Site d'Etude de la Température de Sol...).

## Calibration et contrôle de qualité

Cette mesure ne prend que quelques minutes à réaliser. Le souci principal est d'accorder suffisamment de temps au thermomètre pour s'équilibrer à la température d'air, peut-être trois à cinq minutes. En outre, l'endroit ombragé que vous utilisez ne doit pas

être situé à côté d'un bâtiment ou autre grand corps, tel qu'un arbre.

Essayez de maintenir une distance d'au moins 4 mètres par rapport à un tel objet, et prenez votre mesure au-dessus d'une surface naturelle, telle que de la végétation, plutôt qu'au-dessus de trottoirs pavés ou en béton.

Votre thermomètre rempli de liquide organique devrait être calibré au moins tous les trois mois, ainsi qu'avant sa première utilisation. Calibrez-le en suivant les instructions du *Protocole relatif à la température maximale, minimale et courante*. Les thermomètres sur votre psychromètre à fronde devraient également être calibrés au moins une fois tous les trois mois, et avant la première utilisation, en suivant les instructions du *Protocole d'humidité relative*.



# Protocole relatif à la température courante

Guide de terrain

## **But**

Mesurer la température courante de l'air en soutien d'autres mesures GLOBE.

## **Ce dont vous avez besoin**

- De la corde et une bande élastique et un thermomètre de calibration OU un psychromètre à fronde.
- Fiche de Données*
- Une horloge ou une montre
- Un stylo ou un crayon

## **Sur le terrain**

1. Nouez solidement une extrémité d'un morceau de corde au bout du thermomètre de calibration, et l'autre extrémité à une bande élastique.
2. Passez votre main dans la bande élastique de manière à ce que le thermomètre ne casse pas s'il est accidentellement lâché.

OU

Utilisez le thermomètre sec de votre psychromètre à fronde.

3. Tenez le thermomètre à hauteur de votre poitrine, dans l'ombre, et pas trop près de votre corps, pendant trois minutes.
4. Au bout de trois minutes, relevez la température et notez-la dans votre cahier de sciences.
5. Tenez le thermomètre de la même manière pendant encore une minute.
6. Au bout d'une minute, notez la température indiquée. Si cette température correspond à la précédente à 0,5° C près, alors notez cette valeur sur votre *Fiche de Données*.
7. Si les deux températures diffèrent de plus de 0,5° C, répétez les étapes 5 et 6.
8. Si deux températures successives ne se correspondent pas à 0,5° C près au bout de 7 minutes, notez la dernière mesure sur votre *Fiche de Données*. Notez également les quatre autres mesures dans la section commentaires, accompagnés d'une note indiquant que la température n'était pas stabilisée au bout de 7 minutes.

# Protocole pour la mesure numérique sur plusieurs jours de la température courante de l'air et du sol ainsi que de ses maxima et minima



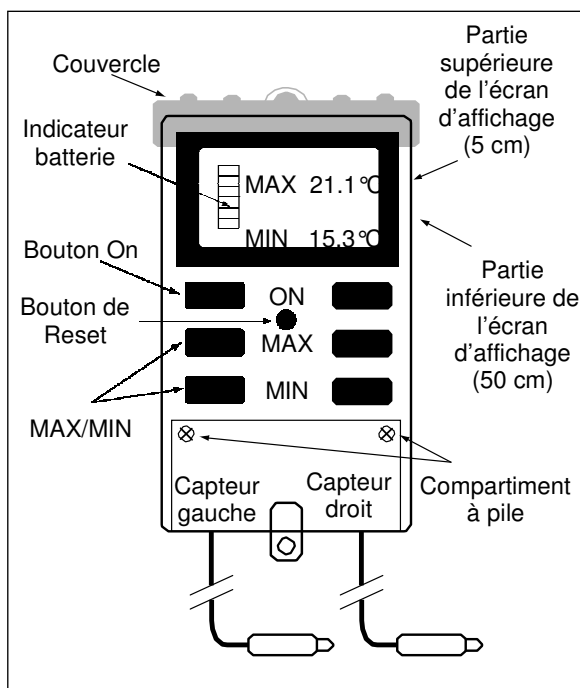
<p><b>Objectif général</b> Mesurer et enregistrer chaque jour, sur un même site, la température de l'air et du sol à un moment donné, ainsi que ses maximum et minimum.</p> <p><b>Objectif spécifique</b> Une sonde de température est installée dans l'abri tandis qu'une autre est placée à 10cm de profondeur dans le sol. Un thermomètre numérique est utilisé pour mesurer la température courante, ainsi que les extrema journaliers. Ces extrema sont stockés par l'instrument pour 6 jours et doivent donc être lus et notés dans cet intervalle de temps.</p> <p><b>Compétences</b> Les élèves accèdent à la compréhension des relations entre température de l'air et du sol, et apprennent à utiliser un thermomètre numérique</p> <p><b>Concepts scientifiques</b> <i>Sciences de la Terre et de l'Espace</i> Le temps peut être décrit par des mesures quantitatives. Le temps varie d'un jour à l'autre et selon la saison. Le temps varie sur des échelles spatiales locales, régionales et mondiales.</p> <p><i>Géographie</i> Les variations locales de température affectent la caractérisation de la géographie physique de la terre.</p> <p><i>Enrichissement / aller plus loin</i> La température du sol varie avec celle de l'air, dans une moindre mesure</p>	<p><b>Compétences scientifiques</b> Utilisation d'un thermomètre numérique enregistrant les minima et maxima. Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse. Conception et conduite d'investigations scientifiques. Utiliser l'outil mathématique pour analyser les données. Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves. Identification et analyse des différentes hypothèses. Communiquer les résultats et les explications.</p> <p><b>Durée</b> 10 minutes par série de mesure</p> <p><b>Niveau</b> Tout niveau</p> <p><b>Fréquence</b> Au moins une fois tous les 6 jours</p> <p><b>Matériel et instruments</b> Un thermomètre numérique pouvant stocker les extrema sur plusieurs jours Un abri à instruments météo sur un poteau Outils pour creuser (pour la préparation du site seulement) Un thermomètre de référence Une sonde de température pour le sol</p> <p><b>Préparation</b> Installer l'abri à instruments météo. Étalonner et installer le thermomètre numérique. Le mettre à zéro Voir le protocole « Mesure de la température du sol »</p> <p><b>Pré-requis</b> Aucun</p>
--	---

## Présentation du thermomètre numérique à mémoire

Ce thermomètre est un instrument électronique conçu pour mesurer la température courante et pour enregistrer les maximum et minimum atteints sur plusieurs périodes de 24h. Il est constitué de 2 sondes identiques ; l'une mesure la température de l'air, l'autre celle du sol.

L'appareil mesure et enregistre les plus hautes et plus basses températures atteintes lors de 6 périodes de 24 heures successives. Le début et la fin de ces périodes sont fixés par le moment où l'appareil a été réinitialisé par l'utilisateur (*moment de réinitialisation*). L'appareil doit être réinitialisé lorsqu'il est mis en place la première fois, et à chaque fois que la batterie est changée. Pour l'utilisation dans le cadre de GLOBE, le *moment de réinitialisation* doit être aussi proche que possible de midi, heure solaire locale, afin que chaque période de 24h se déroule approximativement d'un midi, heure solaire locale, à un autre. Tant que le thermomètre est lu avant le *moment de réinitialisation*, il affiche les extrema du jour et des 5 jours précédents. Après ce moment, le thermomètre affiche les extrema des 6 derniers jours.

Figure AT-MU-1 : Thermomètre numérique max/min plusieurs jours



Le thermomètre numérique est capable de mesurer des températures descendant jusqu'à  $-20^{\circ}\text{C}$  lorsqu'il est utilisé avec une pile alcaline AA standard. L'utilisation de piles AA au lithium peut permettre des mesures à des températures plus basses. Néanmoins, à de faibles températures, l'affichage digital peut devenir trop faible pour être lu, même si l'appareil continue à fonctionner.

### Sondes de températures

L'appareil est équipé de 2 sondes. Normalement une sonde sert à mesurer la température de l'air tandis que l'autre mesure celle du sol. Afin de pouvoir comparer les mesures, les sondes doivent être installées comme suit :

Sonde de gauche : température de l'air

Sonde de droite : placée à 10cm de profondeur

Les zones d'affichages respectives des 2 capteurs sont indiquées sur le côté droit de l'écran. La partie supérieure de l'écran (dédiée au capteur de gauche) est notée 'LF', tandis que la partie basse (dédiée au capteur de droite) est notée 'RT'

**Astuce :** pour éviter toute confusion, étiquetez les zones d'affichages 'air' et 'sol'. Ceci peut être fait avec un morceau de scotch fixé à gauche de l'écran.

### Entretien du matériel

L'abri pour l'instrumentation doit être maintenu propre à l'intérieur comme à l'extérieur. La poussière, les débris et autres toiles d'araignées doivent être enlevés de l'intérieur de l'abri à l'aide d'un tissu propre et sec. L'extérieur de l'abri peut être nettoyé délicatement avec de l'eau afin d'enlever d'éventuels débris, mais il faut éviter de mouiller l'intérieur de l'abri. Si l'abri devient vraiment sale, il devra être repeint en blanc.

Quand la batterie du thermomètre devient faible, un indicateur de décharge s'allume. Il se trouve sur le côté gauche de l'écran, et a la forme d'une pile.

Quand il devient visible, il est temps de remplacer la batterie, en suivant les indications de la section « *Remplacer la pile* » du guide d'utilisation du thermomètre numérique.

## **Support pour l'enseignant**

Les instructions fournies dans ce protocole sont spécifiques à une marque de thermomètre numérique. Elles peuvent être adaptées pour l'utilisation de matériel avec des caractéristiques similaires. Si vous avez des questions ou nécessitez de l'aide dans l'adaptation de ce protocole à d'autres instruments, contactez l'aide de GLOBE. Les points essentiels de ce protocole, qui ne doivent pas changer quelque soit le matériel utilisé, sont la position, la précision à +/- 0,5° C et l'exactitude des sondes de température.

Des instructions quant à l'utilisation d'autres types de thermomètre max/min sont fournis dans le *Protocole de mesures pour une journée de la température courante, maximale et minimale*. Les thermomètres utilisés dans ce protocole n'enregistrent pas les données, ils doivent donc être relevés et réinitialiser chaque jour. Si votre abri à instruments météo rend difficile la mesure de la température du sol, ou si vous êtes seulement intéressés par des relevés de température de l'air, il est possible de n'effectuer que des mesures de la température de l'air. Pour ce faire, il vous suffit de passer les sections de chaque guide se référant à la sonde enfouie.

### ***Logistique des mesures***

1. Revoir la théorie des chapitres *Atmosphère et Sol*
2. Vérifier le thermomètre de référence comme indiqué dans le *guide d'étalonnage d'un thermomètre*
3. Calculer les corrections dues aux éventuels décalages grâce au *guide d'étalonnage d'un capteur du thermomètre numérique à mémoire*
4. Installer le thermomètre numérique comme indiqué dans le *guide d'installation d'un thermomètre numérique à mémoire*
5. Mettre en place le moment de réinitialisation en réinitialisant le thermomètre dans un intervalle d'une heure autour du midi solaire local, grâce à *Réinitialisation d'un thermomètre numérique à mémoire*
6. Relever les extrema de température au moins une fois tous les 6 jours, en suivant

les instructions du *guide d'utilisation du thermomètre numérique à mémoire pour relever les extrema*

7. Relever la température courante comme indiqué dans le *guide d'utilisation du thermomètre numérique à mémoire pour relever la température courante*
8. Envoyer les données à GLOBE
9. Tous les 6 mois, ou lorsque la pile doit être remplacée, vérifier l'exactitude de la sonde enfouie grâce au *guide de vérification de l'erreur du capteur sol du thermomètre numérique*  
Si l'amplitude de l'erreur est de 2°C ou plus, déterrer la sonde et ré-étalonner les 2 sondes (sol et air) comme indiqué dans *Étalonnage d'un capteur du thermomètre numérique à mémoire*. Si l'amplitude calculée est inférieure à 2°C, ré-étalonner la sonde aérienne uniquement.
10. Impliquer les élèves dans l'analyse des données.

### **Étalonnage**

Le thermomètre numérique doit être étalonné avant son premier usage. Tous les 6 mois après sa mise en place, et à chaque changement de pile, la sonde aérienne doit être ré-étalonnée, et les mesures du capteur enfoui doivent être analysées afin de déterminer si il doit être déterrer et ré-étalonner. Ces ré-étalonnages se font par comparaison des températures mesurées par les sondes avec un thermomètre de référence et le capteur enfoui. Voir le protocole *Température du sol*.

### **Conseils utiles**

Le but de ces étalonnages est d'obtenir les corrections à appliquer aux capteurs aérien et enfoui afin de prendre en compte les différences entre la température mesurée et la température réelle. Lorsque vous envoyez vos données de calibration à la base de données de GLOBE,

celle-ci calcule automatiquement les corrections et vous les envoie. Après avoir effectué l'étalonnage, lorsque vous entrez vos données de température dans GLOBE, la base de donnée prend automatiquement en compte les corrections au fur et à mesure que vous entrez les données. De cette manière, toutes les données de la base GLOBE sont correctement étalonnées. Par contre, faites attention à prendre en compte les corrections lorsque vous utilisez des données qui ne sont pas issues de la base GLOBE (incluant vos propres données).

**N'APPLIQUEZ PAS LES CORRECTIONS AUX DONNEES QUE VOUS ENVOYEZ A GLOBE.**

### **Questions pour aller plus loin**

Quelle saison présente la plus large plage de température ? Pourquoi ?

Comparer les plages de variation de température du sol et de l'air

Quelles sont les latitudes et altitudes des autres écoles du réseau GLOBE avec des températures (air et sol) semblables aux vôtres ?

Quelle température du sol indique le début d'une nouvelle saison de pousse dans votre secteur, indiquée par le renouveau de l'herbe, la pousse et germination des mauvaises herbes ou l'éclosion des bourgeons ? Votre environnement local est-il affecté par la température moyenne ou par les extrema ? Comment la nature du sol influence-t-elle sa température ?

# Étalonnage d'un thermomètre

## Guide de laboratoire

### **But**

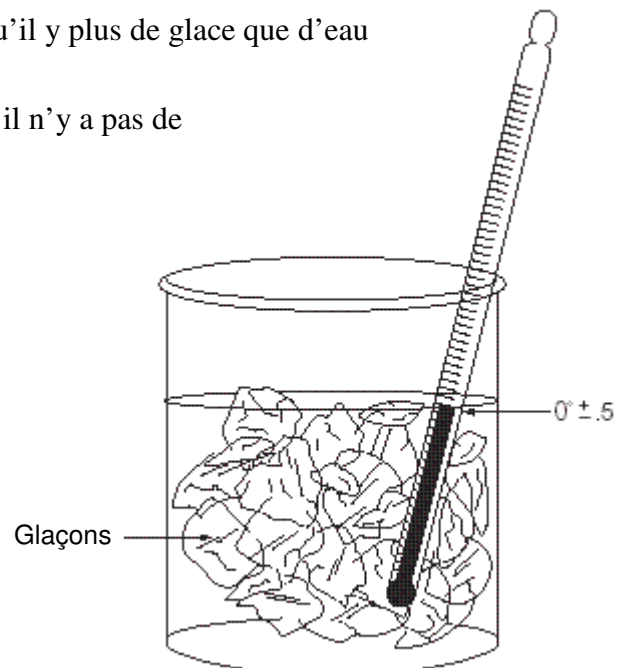
Vérifier l'étalonnage du thermomètre de référence

### **Ce dont vous avez besoin**

- Un thermomètre de référence
- Des glaçons
- Un bocal propre d'une contenance d'au moins 250ml
- De l'eau (idéalement de l'eau distillée, mais l'essentiel est qu'elle ne soit pas salée)

### **Au laboratoire**

1. Préparer dans le bocal un mélange d'eau fraîche et de glaçons, avec deux fois plus de glaçons que d'eau.
2. Placer le thermomètre de référence dans le bain de glace. Le réservoir du thermomètre doit être immergé.
3. Laisser l'ensemble reposer entre 10 et 15min
4. Agiter doucement le thermomètre dans le bain de glace afin qu'il soit parfaitement refroidi.
5. Relever la température ; si elle est comprise entre  $-0,5$  et  $+0,5^{\circ}\text{C}$ , le thermomètre est précis.
6. Si la température est supérieure à  $+0,5^{\circ}\text{C}$ , vérifier qu'il y a plus de glace que d'eau dans votre bocal.
7. Si la température est inférieure à  $-0,5^{\circ}\text{C}$ , vérifier qu'il n'y a pas de sel dans votre bocal.
8. Si la température n'est toujours pas comprise entre  $-0,5$  et  $+0,5^{\circ}\text{C}$ , changer de thermomètre. Si vous avez utilisé ce thermomètre pour les mesures, avertissez GLOBE



# Etalonnage d'un capteur du thermomètre numérique à mémoire

## Guide de terrain

### **But**

Calculer les corrections à apporter aux mesures de températures aérienne et enfouie, afin de prendre en compte les erreurs d'exactitudes des instruments

### **Ce dont vous avez besoin**

- Un thermomètre de référence vérifié comme indiqué dans le guide Etalonnage d'un thermomètre.
- Une feuille de donnée Etalonnage et Réinitialisation d'un thermomètre numérique.

Remarque : si vous ne ré-étalonner que le capteur air, passez les sections de ce guide se référant au capteur sol.

### **Sur le terrain**

1. Ouvrir la porte de l'abri à instruments météo, et placer le thermomètre de référence ainsi que les 2 sondes (Air et Sol) dans l'abri de façon à ce que l'air circule autour et qu'ils ne touchent pas les parois. Fermer la porte de l'abri.
2. Attendre au moins une heure, puis ouvrir la porte de l'abri. Relever la température du thermomètre de référence et l'enregistrer au demi degré le plus proche sur la feuille de donnée.
3. Allumer l'affichage de la température de l'air en appuyant sur le bouton ON du capteur air (situé en haut à gauche sur le pavé de contrôle). Noter la température.
4. Allumer l'affichage de la température du sol en appuyant sur le bouton ON du capteur sol (situé en haut à droite sur le pavé de contrôle). Noter la température.
5. Refermer le couvercle du thermomètre numérique et la porte de l'abri.
6. Répéter les étapes 2 à 5 quatre autres fois, avec au moins une heure entre chaque mesure. Essayer de répartir au mieux les 5 relevés sur une journée.
7. Envoyer les données d'étalonnage à GLOBE

# Installation d'un thermomètre numérique à mémoire

## Guide de terrain

### But

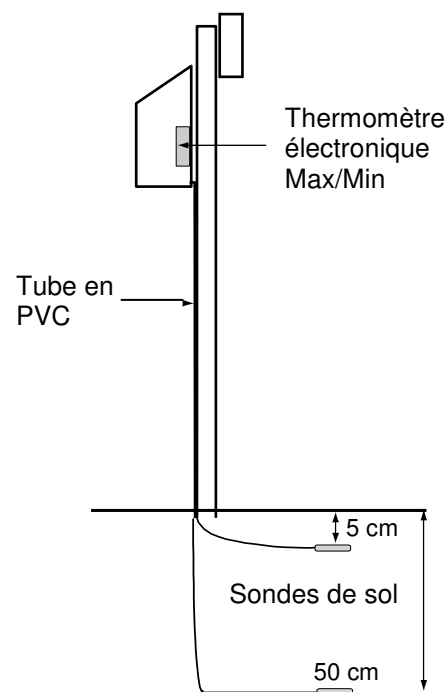
Mettre en place le thermomètre sur votre site d'étude atmosphérique

### Ce dont vous avez besoin

- Une foreuse avec une mèche de 12mm (si vous faites des mesures dans le sol)
- Des outils pour creuser (si vous faites des mesures dans le sol)
- Des attaches de ficelles ou de fils
- Un abri d'instrumentation GLOBE (les caractéristiques sont données dans la section Boîte à Outils de la Liste de Matériel GLOBE)
- Un tuyau en PVC de 120\*2,5cm (facultatif)

### Sur le terrain

1. Fixer le boîtier du thermomètre numérique sur le mur du fond de l'abri. Le boîtier doit être placé de façon à faciliter la lecture de l'appareil.
2. Suspender la sonde nommée Left Sensor de façon qu'elle n'ait aucun contact avec les parois et que de l'air circule tout autour d'elle. Ceci peut être simplement réalisé en suspendant la sonde par son câble au plafond de l'abri.
3. Si vous ne réalisez pas de mesures dans le sol, ranger soigneusement l'autre sonde et son câble dans un coin de l'abri où ils ne gênent pas. Passer les étapes suivantes
4. Si nécessaire, forer un trou de 12mm dans le plancher de l'abri, près du fond arrière. Faire passer la sonde Right Sensor par l'orifice en laissant le plus de câble possible dans l'abri. Il est possible de faire passer la sonde et son câble dans un tuyau de PVC afin de protéger le câble.
5. Choisir un emplacement pour la sonde sol proche du côté ensoleillé de l'abri. Il est préférable d'effectuer les mesures dans un endroit jamais à l'ombre. Les commentaires concernant le choix du site doivent inclure la quantité d'ombre que le sol au dessus de la sonde va recevoir durant un an.
6. Creuser un trou d'un peu plus de 10cm de profondeur à l'emplacement choisi.
7. Au fond du trou, enfoncer la sonde à l'horizontal. Un clou ou un pointe métallique, d'un diamètre légèrement inférieur à celui de la sonde, peut servir à guider la sonde.
8. Reboucher le trou avec la terre excavée.
9. Attacher soigneusement tout câble en trop avec des attaches en ficelle ou fil. Garder le plus de câble possible dans l'abri.





# Réinitialisation d'un thermomètre numérique à mémoire

## Guide de terrain

### But

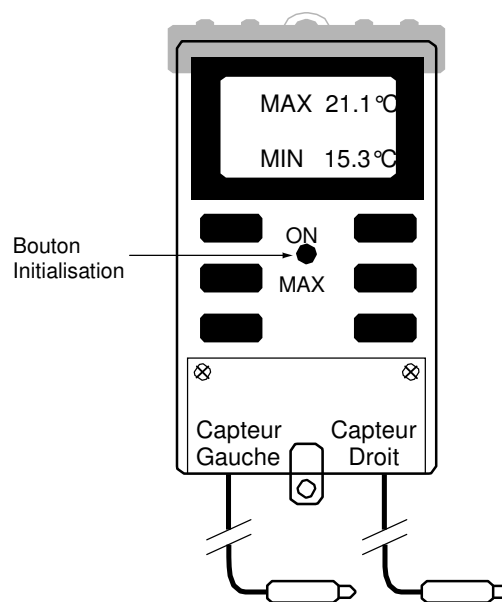
Réinitialiser le thermomètre numérique afin de définir le *moment de réinitialisation*, qui sert à déterminer le début et la fin des périodes de 24h sur lesquelles l'appareil enregistre les extrema.

### Ce dont vous avez besoin

- Un stylo ou un clou.
- Une feuille de donnée Etalonnage et Réinitialisation d'un thermomètre numérique.
- Une montre précise ou tout autre moyen de mesure du temps.

### Sur le terrain

1. Déterminer un *moment de réinitialisation* approprié qui corresponde à l'heure moyenne du midi solaire dans votre région. Il est important que ce *moment de réinitialisation* soit dans un intervalle d'une heure autour du midi solaire chaque jour de mesure. Si ce n'était pas le cas, il faudrait choisir un nouveau moment et réinitialiser l'appareil.
2. Aller à l'abri un peu avant le moment choisi, ouvrir l'abri et le couvercle du thermomètre.
3. Au moment choisi, utiliser un clou ou la pointe d'un stylo pour appuyer sur le bouton RESET, placé au milieu du pavé de touches.
4. L'affichage va s'éclairer brièvement puis il commence à afficher la température courante. L'appareil est désormais réinitialisé. Noter le moment exact dans la section Reset Time de la feuille de donnée.
5. Envoyer le *moment de réinitialisation* ainsi que la date à GLOBE, à la fois en temps local et GMT.



# Utilisation du thermomètre numérique à mémoire pour relever les extrema

## Guide de terrain

### **But**

Mesurer les extrema de température de l'air et du sol pour les 6 derniers jours

### **Ce dont vous avez besoin**

- Un abri météo correctement installé
- Un thermomètre numérique à mémoire correctement étalonné et mis en place
- Une feuille de donnée Thermomètre numérique à mémoire
- Un stylo ou crayon
- Une montre précise ou tout autre moyen de mesure du temps

### **Sur le terrain**

1. Les relevés des minimum et extremum de température doivent être effectués au moins 5min après le *moment de réinitialisation*.
2. Ouvrir la porte de l'abri et soulever le capot du thermomètre numérique en faisant attention de ne pas toucher ou de ne pas souffler sur la sonde de température.
3. Noter l'heure et la date sur la feuille de données à la fois en heure locale et universelle. Remarque : L'heure envoyée à GLOBE doit être en temps universel.
4. Allumer l'affichage en appuyant sur le bouton ON de l'affichage de la sonde aérienne (situé en haut à gauche). Remarque : la température affichée est la température courante.
5. Appuyer 2 fois sur le bouton MAX (situé au milieu à gauche). Remarque : la valeur affichée après la première pression sur le bouton MAX est la plus haute température mesurée depuis le dernier *moment de réinitialisation*, et non sur un intervalle de 24h. Elle ne doit pas être relevée.
6. Le symbole MAX doit s'afficher à gauche de la température, surmonté du symbole D.1. Noter la température sur la feuille de données.
7. Appuyer à nouveau sur MAX. Le symbole D.1 devient D.2. Noter la température. Recommencer cette étape pour relever la température jusqu'à 6 jours (D.1 –D.6).
8. Pour relever les minimums, recommencer les étapes 5 à 7 en appuyant sur MIN (en bas à gauche) au lieu de MAX.
9. Pour les températures du sol, effectuer toutes les étapes précédentes en utilisant les boutons de la partie droite du pavé, et en lisant la partie inférieure de l'affichage.
10. Une fois tous les relevés effectués, refermer le couvercle de l'appareil. Ce dernier va s'éteindre automatiquement avec un certain délai.

# Utilisation du thermomètre numérique à mémoire pour relever la température courante

## Guide de terrain

### **But**

Mesurer la température courante de l'air et du sol.

### **Ce dont vous avez besoin**

- Un abri météo correctement installé
- Un thermomètre numérique à mémoire correctement étalonné et mis en place
- Une montre précise ou tout autre moyen de mesure du temps
- Un stylo ou crayon
- Une feuille de donnée : Thermomètre numérique, Intégration sur 1 jour, Intégration sur 7 jours, Aérosols, Ozone ou Vapeur d'eau

### **Sur le terrain**

1. Ouvrir la porte de l'abri et soulever le capot du thermomètre numérique en faisant attention de ne pas toucher ou de ne pas souffler sur la sonde de température.
2. Noter l'heure et la date sur la feuille de données.
3. Allumer l'affichage en appuyant sur le bouton ON de l'affichage de la sonde aérienne (situé en haut à gauche).
4. Relever la température de l'air, affichée dans la partie supérieure de l'écran et la noter sur la feuille de données.
5. Si des mesures de la température du sol sont à effectuer, allumer l'affichage de la sonde enfouie (en haut à droite).
6. Relever la température du sol, affichée dans la partie inférieure de l'écran et la noter sur la feuille de données.
7. Une fois tous les relevés effectués, refermer le couvercle de l'appareil. Ce dernier va s'éteindre automatiquement avec un certain délai.

# Vérification de l'erreur du capteur sol du thermomètre numérique

## Guide de terrain et de laboratoire

### **But**

Vérifier l'exactitude du capteur sol afin de déterminer si il doit être déterré et ré-étalonné

### **Ce dont vous avez besoin**

- La sonde sol du thermomètre numérique
- Une feuille de donnée Etalonnage et Réinitialisation d'un thermomètre numérique

### **Sur le terrain et en laboratoire**

1. Etalonner la sonde de température de sol suivant les instructions du guide de terrain Etalonnage de la sonde sol.
2. Ouvrir la porte de l'abri.
3. Choisir un emplacement intact à environ 15cm de la sonde enfouie.
4. Mesurer la température à une profondeur de 10cm, selon le guide de terrain '*Mesure de la température du sol*'.
5. Noter cette valeur dans la section Vérification de l'erreur du capteur enfoui de la feuille de données.
6. Allumer l'affichage en appuyant sur le bouton ON de l'affichage de la sonde so (situé en haut à droite).
7. Relever la température du thermomètre numérique et l'inscrire sur la feuille de données.
8. Refermer le couvercle du thermomètre numérique et la porte de l'abri.
9. Répéter les étapes 2 à 8 quatre fois, à au moins 1 heure d'intervalle.
10. Calculer la valeur moyenne de la température du sol.
11. Calculer la valeur moyenne des relevés du thermomètre numérique.
12. Calculer l'erreur en soustrayant à la valeur moyenne de l'étape 11 la valeur calculée à l'étape 10.
13. Si la valeur absolue de l'erreur est supérieure à 2°C, déterrer la sonde et ré-étalonner les 2 sondes (air et sol) grâce au guide de terrain 'Etalonnage des capteurs du thermomètre numérique'. Sinon, laisser la sonde enfouie et ré-étalonner uniquement la sonde air.

# Remplacer la pile du thermomètre numérique

## Guide de terrain

### But

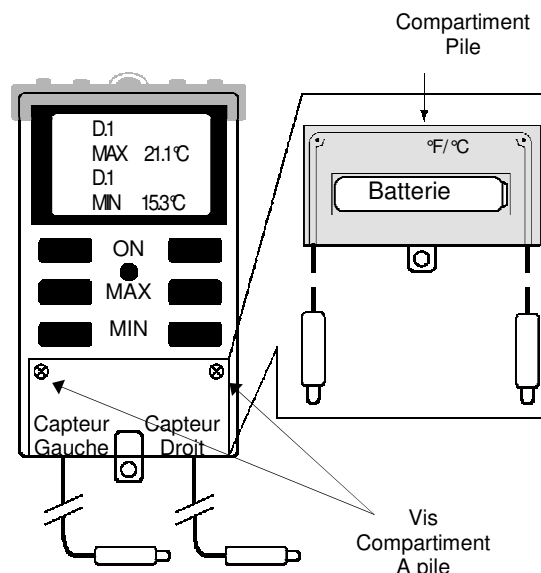
Remplacer la pile du thermomètre numérique.

### Ce dont vous avez besoin

- Une pile AA neuve
- Un tournevis à petite tête Phillips

### Sur le terrain

1. La pile se trouve dans la partie inférieure du thermomètre, sous le pavé de boutons.
2. Dévisser les 2 petites vis dans les coins supérieurs du compartiment et soulever le couvercle.
3. Changer la pile, en prenant garde à la polarité (le pôle négatif doit être en contact avec le ressort).
4. Refermer le couvercle et le revisser. Une fois la pile changée, ré-étalonner l'appareil.
5. Ré-étalonner les sondes en suivant le guide de terrain 'Étalonnage d'un capteur du thermomètre numérique à mémoire'.
6. Réinitialiser le thermomètre suivant le guide 'Réinitialisation d'un thermomètre numérique à mémoire'.

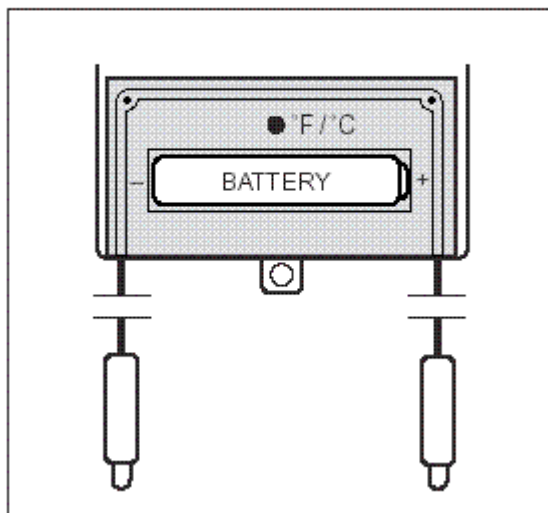


## Questions fréquentes

### 1. Que dois-je faire si le thermomètre numérique affiche les températures en degrés Fahrenheit au lieu de Celsius?

Vous pouvez changer les unités en appuyant sur un petit bouton situé dans le compartiment à pile. Ouvrez le compartiment comme indiqué dans le guide Remplacer la pile du thermomètre numérique. Vous devriez voir un petit bouton rond étiqueté °F/°C (voir le dessin ci-dessous). Allumer au moins une des 2 sondes puis appuyez sur ce bouton. L'affichage change de degrés Fahrenheit à Celsius. Refermer le compartiment. Tous les relevés pour GLOBE doivent être effectués en degrés Celsius.

Figure AT-MU-2: Multi-Day Digital Max/Min Thermometer Battery Compartment with cover removed.



### 2. Que faire si le midi, heure solaire locale, qui change au cours de l'année, n'est plus dans un intervalle d'une heure autour de mon moment de réinitialisation?

Pour que vos mesures d'extrema de température soient valides, il est nécessaire que votre *moment de réinitialisation* soit dans un intervalle d'une heure autour du midi, heure solaire locale. Réinitialiser votre appareil suivant le guide Réinitialisation d'un thermomètre numérique à mémoire afin d'être dans les 15 minutes autour du midi solaire.

### 3. Si j'oublie de relever les extrema de température, est-ce que je peux les récupérer le jour suivant ?

Les extrema stockés par l'appareil sont mis à jour toutes les 24 heures au *moment de réinitialisation*. Ainsi ces valeurs peuvent être récupérées entre approximativement 5 minutes après le *moment de réinitialisation* et 5 minutes avant celui du jour suivant. Si vous attendez jusqu'à après le *moment de réinitialisation* du 7<sup>ème</sup> jour, une journée de données sera donc perdue. Cependant, il faut faire attention à bien faire correspondre la température mesurée et le jour de cette mesure. Les valeurs affichées avec le symbole D.1 correspondent ainsi au jour en cours si le relevé est fait après le *moment de réinitialisation* (comme recommandé), et au jour précédent si le relevé est fait avant. Les tableaux ci-dessous fournissent des éclaircissements.

#### Relevé après le moment de réinitialisation

Affichage digital			
Symbole	D.1	D.2	D.3
La valeur correspond à	Aujourd'hui	Hier	2 jours auparavant

#### Relevé avant le moment de réinitialisation

Affichage digital			
Symbole	D.1	D.2	D.3
La valeur correspond à	Hier	2 jours auparavant	3 jours auparavant

### 4. Puis-je lire le thermomètre le matin avant le moment de réinitialisation ?

Si le thermomètre est lu le matin, au moins 5 minutes avant le *moment de réinitialisation*, il donne les valeurs pour les 6 jours précédents, mais pas pour le jour qui commence.

**5. Quand je presse une fois un bouton MIN ou MAX, l'appareil affiche une valeur que je ne suis pas supposé relever; à quoi correspond elle?**

La valeur affichée est le maximum ou le minimum de température pour le jour en cours. Comme la période de 24 heures n'est pas finie, ce n'est pas forcément l'extremum de la journée. Même si ce n'est pas une mesure valide pour GLOBE, vous pouvez vous en servir pour vos propres études.

**6. Comment fonctionne le thermomètre numérique ?**

Le thermomètre mesure la variation de courant passant dans un circuit à tension constante dans lequel le capteur sert de résistance.

Quand la température du capteur change, sa résistance varie. La variation de courant dans le circuit est inversement proportionnel à la variation de courant dans le capteur, comme le stipule la loi d'Ohm : le courant est égal à la tension divisée par la résistance. Alors, la mesure du courant dans le circuit et la connaissance de la tension, donnent accès à la résistance. Ces calculs sont effectués par l'appareil, qui affiche au final la température correspondant à la valeur de la résistance.

# Protocole de mesure automatisé de température du sol et de l'air



## **Objectif**

Continuellement mesurer la température du sol et de l'air sur un même emplacement.

## **Vue d'ensemble**

Les étudiants installent quatre sondes de température ; trois sont placées dans le sol à trois profondeurs différentes et la dernière est placée dans un instrument de protection. Ils utilisent un enregistreur de données pour mémoriser les observations provenant des sondes toutes les 15 minutes. Ils transfèrent les données à leurs ordinateurs scolaires pour analyse et pour les soumettre à la base de données Globe.

## **Bénéfices pour les étudiants**

Les étudiants seront autorisés à utiliser un équipement de surveillance automatisé pour mesurer les températures du sol et de l'air. Ils pourront manipuler un modem avec des données étendues.

Ils auront le droit de créer des bilans et des graphiques de temps en séries et les utiliser pour des analyses de données.

## **Concepts scientifiques**

*Sciences de la Terre et de l'Espace*

Le temps peut être décrit par des mesures quantitatives.

Il change au jour le jour et de saison en saison.

Il varie sur les échelles spatiales locales, régionales et globales.

La température du sol change selon la profondeur, l'humidité et la température de l'air.

La température du sol varie moins que la température de l'air.

## **Géographie**

La variabilité de la température d'un endroit affecte les caractéristiques du système géographique physique de la Terre.

## **Sciences physiques**

Utiliser un enregistreur de données pour mesurer la température.

Identifier les questions intéressantes.

Création et conduite de recherches scientifiques.

Utiliser les outils mathématiques appropriés pour analyser les données.

Développer des descriptions et des explications en utilisant les évidences.

Reconnaître et analyser les différentes explications.

Communiquer les procédures et les explications.

## **Durée**

L'installation prend environ 4 heures mais peut être répartie sur plusieurs jours.

Transfert des données : 10 minutes

Analyse des données et soumission au Globe : de 30 minutes à 2 heures selon la quantité de données et la qualification des étudiants pour les calculs.

## **Niveau**

Moyen, secondaire

## **Fréquence**

Une fois établie

Les batteries ont besoin d'être changées tous les ans.

Transfert des données, analyse et soumission au Globe : de préférence tous les week-end, mais au moins une fois par mois.

## **Matériel et instrumentation**

Un enregistreur de données à 4 chaînes et un logiciel

1 sonde de température de l'air.

3 sondes de température du sol.

Câble d'interface d'enregistreur/ordinateur de données.

Boîte en plastique imperméable à l'eau (~0.5L de volume)

CaSO<sub>4</sub> ou autre déshydratant (100mL)

...

Instrument de protection installé sur un poteau

Des outils creusant

## **Préparation**

Passer en revue le maximum, le minimum, le protocole d'usage pour la température de l'air et celui du sol.

## **Pré requis**

Aucun



# Protocole automatisé de mesure de température du sol et de l'air

## -Introduction

Un enregistreur de données est un dispositif électronique qui rassemble automatiquement les données à un taux d'échantillonnage prédéterminé. Un enregistreur de données permet aux scientifiques et aux étudiants de collecter des mesures environnementales correctes à des sites éloignés. Ils rassemblent aussi des données continuellement pour permettre la collecte de données conformes et pour analyse.

Avec un enregistreur de données, les étudiants sont autorisés à collecter des données pendant les week-ends et les récréations. Les enregistreurs de données peuvent collecter des informations jusqu'à 84 jours sans lectures ni calibrages quotidiens du thermomètre.

Les étudiants qui utilisent les enregistreurs de données contribuent à apporter des informations importantes à l'ensemble des données mondiales sur les températures du sol et de l'air. Les connaissances des scientifiques sur le climat ont été déterminées par leur accès à un grand nombre de données sur la température de l'air, mais l'ensemble des données sur la température du sol n'est pas aussi étendu. Les étudiants qui utilisent les enregistreurs de données auront une contribution significative pour l'ensemble de ces données et pour notre connaissance des sciences de la terre.

## Support pour le professeur

### ***Gestion du matériel***

Les procédures décrites dans ce protocole sont spécifiques à une marque particulière d'enregistreurs de données et ses sondes de températures et son logiciel. Ils peuvent être adaptés à un autre équipement tant qu'ils répondent aux caractéristiques de l'enregistreur de données Globe. Si les enseignants et les étudiants pensent utiliser différents équipements, ils devront contacter le Bureau d'Aide du Globe pour savoir comment adapter ce protocole à leur équipement. Les éléments essentiels de ce protocole, qui doit sembler le même sans regarder le modèle d'équipement, sont le placement des sondes de température, leur précision à 0,5°C près et leur exactitude. Un ordinateur HOB0 4 chaînes externes enregistreur de données est utilisé pour enregistrer les températures de

l'air et du sol à un emplacement d'étude de l'atmosphère toutes les 15 minutes. L'initialisateur de type HA a une gamme de -40 à 100°C et une exactitude de 0,5°C. Ceci marche bien pour la plupart des surfaces et pour les applications proches de la surface. Cet enregistreur de données a 4 chaînes. Pour l'uniformité, l'enregistreur de données doit être connecté comme ceci :

Ch.1 – Température de l'air ;

Ch.2 – 5cm de profondeur ;

Ch.3 - 10cm de profondeur ;

Ch.4 – 50cm de profondeur.

La condensation peut endommager l'enregistreur de données donc il doit être gardé dans un récipient imperméable exempt d'humidité élevée. Une boîte en plastique avec un couvercle serré de cachetage contenant un déshydratant, comme le CaSO<sub>4</sub>, fonctionne bien pour absorber l'humidité et protéger l'enregistreur.

Les étudiants peuvent assembler leur propre boîte imperméable. S'ils choisissent de le faire, ils doivent acheter un ensemble de connecteurs passe fils (référence étape 2, dans démarrer l'enregistreur de données, guide de laboratoire). Les étudiants et les professeurs peuvent faire des demandes de ces connecteurs au Bureau d'Aide Globe (école américaine) ou avec leur coordonnateurs de pays (toutes les écoles hors des Etats Unis).

## **Choix du site**

Pour se protéger, la boîte imperméable de l'enregistreur de données doit être gardée hors de portée directe du soleil et de la pluie. Le meilleur emplacement pour installer l'enregistreur de données du sol est sous l'instrument de protection Globe. Les étudiants creusent ou forent un trou du côté de l'équateur (côté soleil) du poteau de support de l'instrument de protection et placent les sondes à une profondeur de 5cm, 10cm, et 50cm. Les données collectées sur le sol dans des endroits non ombragés sont préférées. Sur leur feuille de définition de l'emplacement les étudiants devront présenter leurs observations sur la quantité d'ombre que le sol reçoit pendant l'année.

## **Préparation**

Les étudiants devraient lire les sections suivantes dans le manuel d'utilisateurs BoxCar Pro v.3.5+ : installation, lancement enregistreur HOBO H8, lecture sortie des données, visualiser vos données, et exporter les données. Les étudiants devraient compléter l'instrument assemblé et le logiciel d'installation avant qu'ils commencent à collecter des données comme décrit dans le paragraphe Préparation de l'enregistreur de données, guide de laboratoire.

Ils devraient compléter le test de polarisation des sondes avant de commencer à collecter des données comme décrit dans le paragraphe Calibration et tests de laboratoire, guide de laboratoire. D'après le guide, ils devraient compléter le calibrage de la gamme complète et les reporter dans Globe. La calibration et les tests laboratoires permettent de vérifier que l'unité fonctionne normalement et fournit une opportunité pour les étudiants de pratiquer en utilisant l'enregistreur avant de l'installer sur l'ordinateur.

Les étudiants devraient également installer l'enregistreur de données et les sondes d'après les instructions du paragraphe installation des sondes, guide de terrain.

Le contenu de la science pour ce protocole est le même que pour le Maximum, le Minimum, et la température d'air et pour le protocole de température du sol. Les étudiants peuvent se référer à ces sections pour des informations plus poussées.

## **Transférer les données**

Les étudiants lancent ou initialisent les données collectées en suivant le paragraphe Lancement de l'enregistreur de données, guide de terrain ou de laboratoire.

Les étudiants placent l'enregistreur de données lancé dans l'instrument de protection et le connectent aux sondes de température en suivant la section sur l'Installation de l'enregistreur de données guide de terrain.

Ils téléchargent les données stockées dans l'enregistreur de données et les transfèrent à leur ordinateur en suivant le paragraphe sur Collecter des données guide de laboratoire.

Après avoir collecter les données, les étudiants relancent et installent l'enregistreur de données dans l'instrument de protection en suivant la section Lancement de l'enregistreur de données, guide de terrain ou de laboratoire et Installation de l'enregistreur de données, guide de terrain.

Ils préparent le transfert de leurs données et les soumettent à Globe en suivant la section Manipulation et soumission des données, guide de laboratoire.

Les données doivent être transférées de l'enregistreur de données et envoyer à la base de données de Globe tous les 1-2 semaines. Les étudiants devraient protéger et sauver leurs .dtf fichiers de l'enregistreur de données brutes.

L'enregistreur de données peut être débranché et apporté à l'intérieur pour télécharger les données, mais il est également possible de prendre un ordinateur portable ou un chariot portatif de données dans le champ et ainsi éviter de débrancher l'enregistreur de données.

## **Questions pour aller plus loin**

Comment varient les températures de l'air et du sol durant la journée ?

Comment sont liées les températures du sol et de l'air ?

Comment sont liées les températures du sol à des profondeurs différentes ?

Comment les changements de températures du sol et de l'air sont affectés par l'humidité ?

Comment la texture du sol affecte sa température ?

Pour influencer la synchronisation de l'ouverture des bourgeons et autres changements phénologiques, est ce que ce sont les températures moyennes ou les températures extrêmes qui ont de l'importance ?

# Préparation de l'enregistreur de données

## Guide de laboratoire

### But

Préparer et assembler l'enregistreur de données et les câbles. Lancer le logiciel de l'enregistreur de données.

### Matériel

Enregistreur de données/sondes assemblés

H08-006-04 HOBO H8 4 chaînes externes

TMC1-HA large gamme de sonde de température 0.3m (1 ft) câble (1)

TMC20-HA large gamme de sonde de température 6.1m (20 ft) câble (3)

Boîte imperméable comme une boîte carré à sandwich (~0.5L volume)

CaSO<sub>4</sub> ou un autre agent déshydratant (100mL)

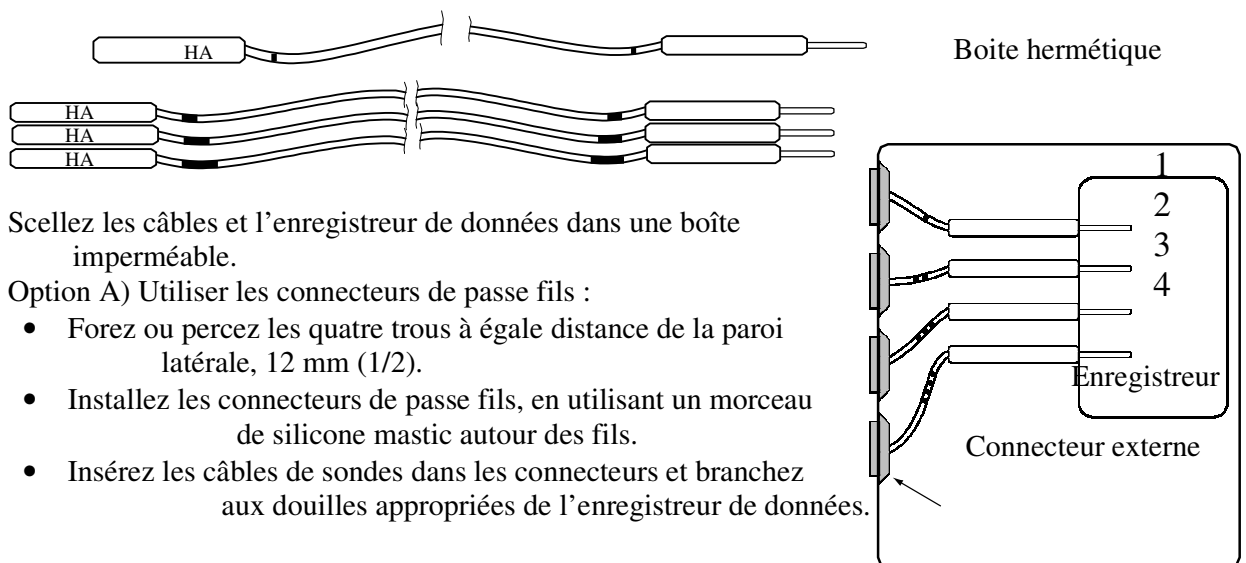
Connecteurs de passe fils (4)

Ordinateur interfaceBoxCar Pro logiciel v.3.5+ ou v.4.0

Ordinateur interface câble PC ou MAC

### Mode opératoire

1. Utilisez un marqueur permanent pour marquer les deux extrémités des câbles des quatre sondes TMC6-HA. Placez la marque à 1 cm du bout renforcé des prises. Utilisez 1, 2, 3 ou 4 lignes tracées complètement autour de chaque câble. Etiqueter le petit câble numéro 1.



2. Scellez les câbles et l'enregistreur de données dans une boîte imperméable.  
Option A) Utiliser les connecteurs de passe fils :
  - Forez ou percez les quatre trous à égale distance de la paroi latérale, 12 mm (1/2).
  - Installez les connecteurs de passe fils, en utilisant un morceau de silicone mastic autour des fils.
  - Insérez les câbles de sondes dans les connecteurs et branchez aux douilles appropriées de l'enregistreur de données.

**Note :** un ensemble de connecteurs passe fils peuvent être obtenus en envoyant votre adresse e-mail à : Bureau d'Aide Globe (école américaine) ou à votre coordinateur (toutes les autres écoles).

OU Option B) Utiliser les chaînes de fils et le silicone mastic :

- Forez les quatre trous à égale distance de la paroi latérale, 5 mm (1/4).
- Insérez les câbles des sondes dans la paroi latérale et branchez-les dans les douilles de l'enregistreur de données appropriées.
- Attachez les chaînes de fils convenablement contre le mur intérieur.
- Attachez les chaînes de fils convenablement contre le mur extérieur.
- Appliquez le silicone mastic autour des fils et entre les chaînes de fils et bouchez la paroi latérale.
- Laissez sécher/ traiter pendant 24heures.

3. Lancer le logiciel BoxCar Pro de votre ordinateur. Si vous utilisez un MAC, vous devez télécharger le logiciel sur : [www.onsetcomp.com/support/2543\\_MacBCP.html](http://www.onsetcomp.com/support/2543_MacBCP.html)
  - Suivez les instructions d'installation du logiciel en page 1 du manuel d'utilisateurs de BoxCar.
  - Connectez les câbles en série au PC (9-pin, D-type) port COM ou à MAC (8-pin, O-type) port modem.
  - Vérifiez que la date et l'heure de votre ordinateur sont correctes.
  - Lancez c:\Bxcrpro3\Bxcrpro.exe (endroit par défaut) ou double cliquez sur l'icône BoxCar Pro.

Note : les nouveaux ordinateurs iMAC/G3 et G4 Apple avec clé USB nécessite des adaptateurs de câbles supplémentaires.

# Calibration et tests de laboratoire

## Guide de laboratoire

### But

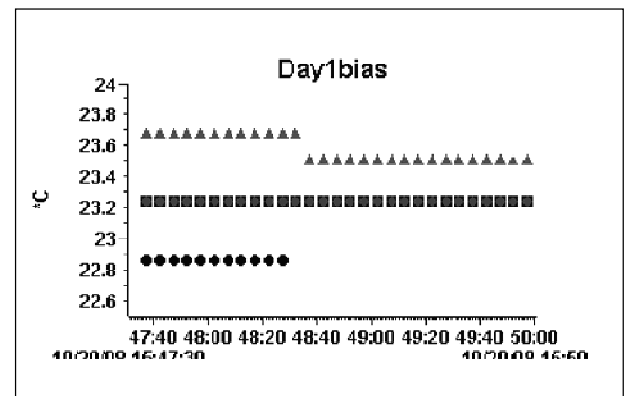
Vérifier que l'enregistreur de données et les sondes fonctionnent normalement.

### Matériel

Enregistreur de données assemblé et des câbles  
Eau chaude (~50°C), tasse non isolée, glace  
Thermomètre calibration

### Mode opératoire

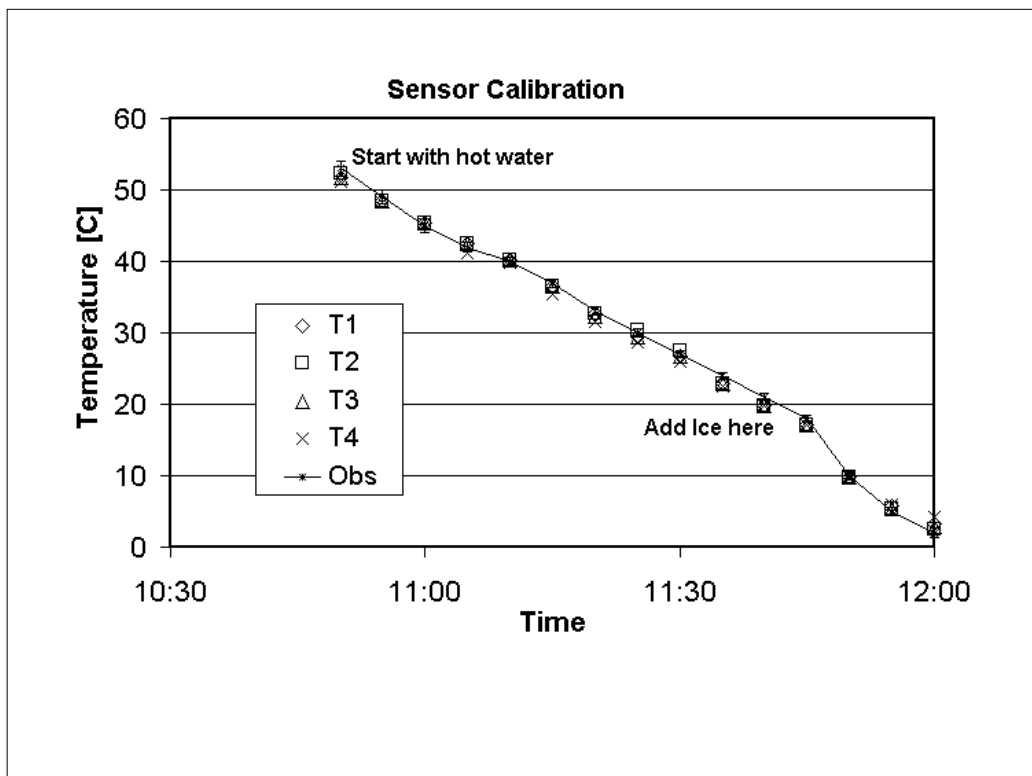
1. Enregistrer la polarisation de sonde. Ce test vérifie que les quatre chaînes enregistrent approximativement la même température en collectant des données pendant quelques minutes avec quatre sondes regroupées mesurant la température de l'air. La polarisation ou la différence entre chaque sonde devrait être d'au moins 1°C.
  - a. Branchez chaque sonde dans le socle approprié et placez les quatre bouts des sondes ensemble et loin de toute source de chaleur (comme un endroit ensoleillé).
  - b. Connectez l'enregistreur au câble en série.
  - c. Confirmez que l'horloge de l'ordinateur est à la bonne heure.
  - d. Double cliquez sur l'icône BoxCar pour lancer ce logiciel.
  - e. Sélectionnez « lancer » (Ctrl L) sous le Bouton « enregistreur » sur la barre de menu.
  - f. Changez le fichier « description » de « test » à « jour 1 polarisation ».
  - g. Changez l' «intervalle » à « 6secondes ».
  - h. Sélectionnez le bouton « commencer », un message devrait indiquer que le « programme » est en chargement.
  - i. Attendez 3 minutes. L'enregistreur de données devrait fonctionner !
  - j. Sélectionnez « afficher » (Ctrl R) sous le bouton « enregistreur » sur la barre de menu.
  - k. L'écran devrait indiquer que les données sont « téléchargées », ensuite donnez un nom au fichier.
  - l. Utilisez les options d'affichage pour regarder chaque canal de la température séparément.



- m. Enregistrez les moyennes des valeurs de chaque chaîne dans votre Notation Science Globe, elles devraient être à 1°C l'une de l'autre.
- n. Assurez-vous que vous avez compris la balance d'axe de temps et que ça montre l'heure et la date exacte et comment sauver les données dans le fichier Excel.

2. Calibrage de gamme complète

- a. Placez les quatre sondes de température à moitié pleine, non isolée dans une tasse d'eau chaude (~50°C).
- b. Connectez l'enregistreur au câble en série.
- c. Confirmez que l'horloge de votre ordinateur est à la bonne heure.
- d. Sélectionnez « lancer » sous le bouton « enregistreur » sur la barre de menu.
- e. Nommez le fichier « description » en « CAyymmdd, où yymmdd représente l'année d'aujourd'hui, le mois et le jour.
- f. Placez l' »intervalle « à 5 min et lancez l'enregistreur avec un lancement retardé régulier de 5 minute (exemple : il est maintenant 10:17:00. Donc mettez le lancement retardé à 10:20:00).
- g. Enregistrez la température du thermomètre toutes les 5 minutes en conjonction avec les enregistreurs prélevant le temps.
- h. Après que le changement de température ait ralenti de 1°C/5min, ajoutez des cubes de glace et continuez jusqu'à ce que l'eau soit congelée.



# Installation du capteur

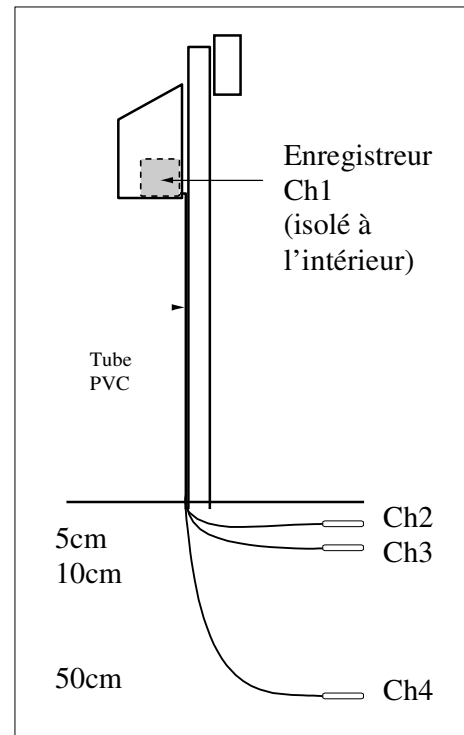
## Guide de terrain

### But

Installez l'enregistreur de données et les capteurs sur votre site d'étude atmosphérique.

### Matériel

Un mètre  
Outils pour creuser  
Un tube PVC 120 cm x 2.5 cm  
Les câbles et l'enregistreur de données assemblé  
Une perceuse avec un foret de 12mm  
De la ficelle ou du fil métallique  
Désydratant



### Mode opératoire

1. Préparez l'installation. Assurez vous que la distance entre votre boîtier et le capteur le plus profond est de moins de 5,5 mètres afin de pouvoir creuser facilement un trou de 50cm de profondeur.
2. Percez un trou de 12mm, si besoin, à travers le bas de votre abri, à proximité du fond.
3. Placez le boîtier de l'enregistreur des données à l'intérieur de la partie abritée.
4. Utilisez une ficelle ou un fil métallique pour sécuriser le capteur de température d'air (#1) à l'intérieur de l'instrument abrité.
5. Insérez vos 3 câbles dans le trou de 12mm et tirez les dans le tube (qui protège les câbles contre les UV et les rongeurs). Prévoyez de ne garder aucun surplus de fil au sein de l'abri.
6. Sécurisez le tube en PVC de l'abri.
7. Creusez un trou de 50 cm de profondeur sur le côté ensoleillé de l'abri (direction équatoriale).
8. Enfoncez les capteurs horizontalement contre la paroi du trou à 50 cm (#4), 10 cm (#3) et 5 cm (#2) de profondeur. Utilisez un clou ou une broche en acier d'un petit diamètre pour guider dans ces trous si le sol est trop dur.
9. Activez le séchage à partir d'un sac composé d'un tissu laissant l'air passer et placez le dans le boîtier étanche où l'air présent sera maintenu au sec.
10. Fermez le boîtier étanche contenant l'enregistreur de données.

# Démarrer l'enregistreur de données

## Guide de terrain ou de laboratoire

### **But**

Démarrer votre enregistreur de données pour collecter les températures du sol et de l'air.

### **Matériel**

- L'enregistreur de données déconnecté des quatre câbles du capteur.
- Formulaire pour reporter les données*
- Ordinateur : 386 ou plus, 4Mb RAM, Windows 3.1 minimum, 1 port COM disponible

### **Mode opératoire**

1. Assurez-vous que l'horloge de votre ordinateur correspond à l'heure locale.
2. Démarrez le logiciel BoxCar.
3. Connecter l'enregistreur HOBO 4 canaux externes au câble en série.....
4. Sélectionner « Launch » (Ctrl L) sous le bouton « Logger » sur la principale barre d'outils.
5. Vous devriez apercevoir et sélectionner les éléments suivants :
  - a. Intervalle : 15 minutes (84jours)
  - b. Mesure : Canaux 1-4 enregistrement de la température (touches F et C toutes les deux). Sans les sondes connectées, les valeurs seront différentes mais devraient être relativement constantes.
  - c. Niveau de batterie : chargé (remplacer la batterie quand le niveau passe en dessous de 30%)
6. Sélectionnez « Options avancées »
7. Vous devriez apercevoir et sélectionner les éléments suivants :
  - a. Entourez quand chargé (non vérifié)
  - b. Début retardé (vérifié) Programmez les heures de début désiré ; Utilisez ce mode pour programmer l'heure tous les quart d'heure, ex:XX:00:00,XX:15:00,XX:30:00, or XX:45:00. Sélectionnez « am » ou « pm ».
8. Sélectionnez « canal possible ou non possible ».
9. Pour les canaux 1-4, vous devriez apercevoir et sélectionner les éléments suivants :
  - a. -40°F à +212°F [TMC6-HA]. (vérifié)
  - b. Sélectionnez « Appliquer »
10. Sélectionner « Démarrer »



# Installation de l'enregistreur de données

## Guide de terrain

### **But**

Installer l'enregistreur en marche dans l'abri

### **Matériel**

Enregistreur de données en marche  
*Formulaire pour reporter les données*  
Déshydratant

### **Mode opératoire**

1. Ouvrez la porte de l'abri et enlever le couvercle de la boîte vide de l'enregistreur de données.
2. Assurez-vous que l'enregistreur et les prises de câbles sont secs. Remplacez le déshydratant si nécessaire.
3. Branchez soigneusement chaque câble de sonde au canal approprié de l'enregistreur de données. S'assurer que chaque prise est entièrement insérée et posée dans son cric.
  - a. prise câble #1 dans cric #1 (sonde température de l'air)
  - b. prise câble #2 dans cric #2 (sonde 5cm)
  - c. prise câble #3 dans cric #3 (sonde 10cm)
  - d. prise câble #4 dans cric #4 (sonde 50cm)
4. Scellez soigneusement la boîte imperméable à l'eau à l'enregistreur de données et placez-la à l'écart dans l'instrument de protection.
5. L'enregistreur de données collecte maintenant des informations. Nous vous recommandons de télécharger les données quotidiennement quand l'école est ouverte ou au moins mensuellement pendant les vacances d'été.

# Collecter les données

## **But**

Télécharger les données stockées dans votre enregistreur de données dans votre ordinateur.

## **Matériel**

Enregistreur de données déconnecté des 4 câbles de la sonde

*Formulaire pour reporter les données*

Ordinateur 386 ou plus, 4Mb RAM, Windows 3.1 minimum, 1 port COM disponible

## **Mode opératoire**

1. Assurez-vous que l'horloge de votre ordinateur correspond à l'heure locale
2. Démarrez le logiciel BoxCar.
3. Connecter l'enregistreur HOBO 4 canaux externes au câble en série.....
4. Sélectionner « Launch » (Ctrl L) dessous le bouton « Logger » sur la principale barre d'outils.
5. Vous devriez apercevoir :
  - a. une fenêtre indiquera que le logiciel recherche l'enregistreur de données HOBO.
  - b. une fenêtre indiquera que les données sont en train d'être téléchargées.
  - c. un avertissement sera donné si les horloges de l'enregistreur et de la navette ne sont pas synchronisées.
  - d. Niveau de la batterie : remplacez la batterie après avoir sauvé les données si son niveau tombe en dessous de 30%.
6. Renommez le fichier des données (fichier dtf) et sauvez-le. Il est recommandé d'utiliser fichier nommé « SSYYMMDD » où,
  - a. « SS » représente deux caractères de l'école ou un code d'emplacement et « YYMMDD » représente les valeurs à deux chiffres de l'année, mois et jour (c'est-à-dire, 010315) pour la date où vous avez téléchargé (PEADOUT) les données de votre enregistreur. Note : le logiciel BoxCar est limité à 8 caractères pour le nom des fichiers.
  - b. assurez vous de sélectionner ou noter le nom du fichier de données.
7. Prenez le temps de visionner les données en utilisant les possibilités de graphique du logiciel BoxCar.

# Manipulation et soumission des données

## Guide du laboratoire

### **But**

Convertir les données dans le format approprié pour les reporter dans GLOBE

### **Matériel**

Ordinateur 386 ou plus, 4Mb RAM, Windows 3.1 minimum, 1 port COM disponible

Logiciel BoxCar

Excel ou un autre logiciel de bilan

Formulaire pour reporter les données

### **Mode opératoire**

Vous devriez renvoyer vos données à GLOBE dès que vous les avez téléchargés à partir de votre enregistreur, ce qui devrait être environ quotidiennement ou mensuellement.

1. Double cliquez sur l'icône BoxCar pour mettre en marche le logiciel.
2. Sous « fichier » sélectionnez « ouvrir » et ouvrez le fichier BoxCar (dtf) qui contient les données que vous préparez à soumettre à Globe.
3. Sous « fichier » sélectionnez « exportation » et ensuite « excel » ou un autre logiciel de données (ou sélectionner juste l'icône excel sur le raccourci de la barre d'outil).
4. La fenêtre « installation de l'exportation » va apparaître.
5. Sélectionnez les 4 canaux qui contiennent les mesures Celsius en sélectionnant chaque canal nommé « Température [\*C] », dans la fenêtre « unités » (soyez sûr d'avoir désélectionné la première valeur par défaut qui est nommé « Température [\*F] »).
6. Sélectionner « exportation ».
7. Maintenez le nom « SSYYMMDD ».
8. Sélectionnez OK
9. Lancer Excel ou l'autre logiciel de bilan
10. Sous « fichier » sélectionnez « ouvrir » et choisissez le fichier qui contient vos données (SSYYMMDD)
11. Assurez vous de sélectionner « tous les fichiers » (\*.\*) sous « type de fichier ».
12. Sélectionnez « ouvrir ».
13. Le « magicien d'importation des textes » devrait être placé sur « délimité », « commencer importation rangée 1 », « fichier d'origine Windows (ANSI)».
14. Sélectionner directement « finir » sans passer par les étapes intermédiaires. Vous devriez voir une colonne de données de temps et quatre colonnes de données de température avec comme unité [\*C].
15. Tracer vos données en suivant les étapes dans *Regarder les données*.
16. Si vous avez des points de repère qui sont incontestablement mauvais, remplacez ces valeurs par un « B ».
17. Si une de vos sondes n'était pas connectée ou ne marchait pas, mettez un « X » dans les cellules correspondantes de votre bilan.
18. Sélectionner entièrement la première rangée qui contient les titres (en cliquant sur « 1 ») et enlevez la, en sélectionnant « effacer » sous le menu « éditer ».

19. Formater entièrement la première colonne qui contient l'heure et la date (en cliquant sur « A ») et choisissez « cellule » en dessous du menu « format ».
20. Dans la fenêtre qui apparaît sélectionnez « usage » sous « catégorie » et sous « type » entrez yymmddhhmm. Tapez OK. Les entrées date et heure sont maintenant dans le format requis par Globe.
21. Sélectionnez les colonnes A, B, C et insérez trois nouvelles colonnes en sélectionnant « colonnes » sous le menu « insérer ».
22. Faites défiler vers le bas jusqu'à la dernière rangée de données.
23. Tapez « DLOG » dans la colonne A.
24. Entrez votre identifiant scolaire Globe dans la colonne B.
25. Entrez le type et le nombre d'emplacement de Globe où l'enregistreur de données est installé. (atmosphère de l'emplacement=ATM-dd ou humidité du sol à l'emplacement=SMS ; e.g, ATM-01 ou SMS-01) dans la colonne C.
26. Accentuez les trois cellules contenant « DLOG », votre identifiant scolaire de Globe, et le type et le nombre d'emplacement et choisissez « copier » sous le menu « éditer ».
27. Accentuer la première des trois colonnes dans la deuxième jusqu'à la dernière rangée des données puis utilisez les deux frappes suivantes pour accentuer toutes les cellules des colonnes A à C qui contiennent les données : « finir », « décaler vers le haut de la flèche ».
28. Sélectionnez « afficher » sous le menu « éditer » de sorte que ces trois valeurs soient copiées dans le secteur des colonnes A-C choisi.
29. Sélectionnez la colonne « E » et insérez une nouvelle colonne en sélectionnant « colonne » sous le menu « insérer ».
30. Formater les cinq colonnes entièrement (en cliquant sur « E ») et choisissez « cellule » sous le menu « format ».
31. Dans la cellule format, la fenêtre « numéroter » apparaît. Sélectionnez « texte ». Descendez jusqu'à la cellule format tablée « alignement », et sélectionnez « droit » dans la fenêtre choisie « horizontal ». Tapez OK.
32. Faites défiler vers le bas jusqu'à la dernière rangée de données, si nécessaire.
33. Dans la colonne « E », entrez l'*UT excentré* entre votre emplacement et le méridien principal (UT-excentré= UT-temps- lieu-temps). Ce sera une constante à moins qu'il y ait eu un décalage local dans le temps (pour faire des économies d'énergie) pendant la période d'observation. Entrez la valeur utilisant un arrangement hhmm (exemple : +0400 pour 4 heures excentrées de la côte Est des Etats-Unis ou - 1030 pour 10 heures 30 minutes décalge du centre de l'Australie).
34. Sélectionnez la cellule contenant votre offset et sélectionnez « copier » sous le menu « éditer ».
35. Sélectionnez la cellule vide dans la colonne E dans la seconde jusqu'à la dernière rangée puis utilisez les deux frappes suivantes pour sélectionner toutes les cellules de la colonne E qui contiennent les données : « finir », « décaler vers le haut de la flèche ».
36. Sélectionnez « coller » sous le menu « éditer » de sorte que cette valeur soit copiée dans le secteur choisi de la colonne E.
37. Sauvegardez ce document en sélectionnant « sauver si » sous le menu « fichier ».
38. Changez le nom du fichier formaté Globe en DLYYMMDD (ignorez l'avertissement concernant le fichier format généré par Excel et sauvez le comme un fichier à texte tablé délimité.
39. Vous êtes maintenant prêts à envoyer vos données à Globe par email.
40. Lancez votre programme email sans quitter Excel.
41. Dans le champ « à » de votre message écrivez « DATA@GLOBE.GOV ».
42. Dans le champ « sujet » entrez « DONNEES ».
43. La première ligne de texte de votre message doit être « //AA ». Ceci indique au serveur de Globe que les lignes qui suivent contiendront des données.
44. Copiez et collez les neuf colonnes du fichier bilan qui contient vos données de l'enregistreur :
  - a. Retournez sous Excel ou un autre programme de bilan et sélectionnez la partie des neuf colonnes qui contient des informations.
  - b. Sélectionnez « copier » sous le menu « éditer ».

c. Retournez à votre programme email, mettez le curseur sur la ligne au-dessous de « //AA » entré dans la partie texte de votre message, et sélectionnez « coller » sous le menu « éditer ». La table entière devrait maintenant apparaître dans le corps du message email.

45. Après avoir inséré votre tableau contenant vos données, tapez sur la dernière ligne de votre message « //ZZ ». Ceci indique à l'ordinateur qu'il n'y a pas d'autres données dans votre message. Voyez l'exemple en dessous de ce à quoi votre email devrait ressembler.

46. Envoyez votre email à Globe.

*Exemple d'un email contenant des données sur la température de l'air et du sol collectées avec un enregistreur de données.*

A: DATA@GLOBE.GOV

De: GLOBE\_School@Somewhere.edu

Sujet: DONNEES

//AA

DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141600	+0400	B	B	B	B
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141615	+0400	24.79	24.79	24.79	24.79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141630	+0400	24.79	24.79	24.79	24.79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141645	+0400	24.79	24.79	24.79	24.79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141700	+0400	24.79	24.79	24.79	24.79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141715	+0400	24.79	24.4	24.79	24.79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141730	+0400	24.79	24.4	24.79	24.79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141745	+0400	24.79	24.4	24.79	24.79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141800	+0400	24.79	24.4	24.4	24.79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141815	+0400	24.79	24.4	X	24.79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141830	+0400	24.79	24.79	X	24.79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141845	+0400	24.79	24.79	X	24.79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141900	+0400	24.79	25.17	X	24.79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141915	+0400	24.79	25.17	X	24.79

//ZZ

GLOBE® 2005

Protocole de contrôle de température automatisé du sol et de l'air .14

sol

## Questions fréquentes

### 1. Il n'y a pas de données quand j'essaie de télécharger les données de l'enregistreur., Que s'est-il passé ?

Ceci peut arriver si vous ne pas si le démarrage de l'enregistreur n'est pas fait dans l'ordre prévu avant de placer votre enregistreur sur le terrain. Assurez-vous de ne pas essayer de lancer un enregistreur de données dont les données n'ont pas été téléchargées car toutes les données seront perdues.

### 2. Comment faites-vous lorsque l'une de vos sondes ne fonctionne pas ?

Les deux problèmes les plus fréquents sont un fil cassé ou un circuit ouvert, habituellement dû à une morsure d'animal ou parce que la connexion entre la prise et le socle n'est pas bonne. Un circuit ouvert produira une valeur peu réaliste, qui pourrait changer légèrement. Un autre avertissement est une lecture qui ne change pas. Contactez Onset ou le bureau d'aide de Globe si vous avez besoin.

### 3. Nous n'avons pas eu de données de notre enregistreur sur le terrain pendant deux jours après qu'il ait été lancé, devrions nous supprimer les données obtenues pendant cette période sachant que pendant ce temps l'enregistreur n'a pas été branché à nos capteurs ?

N'effacez jamais des rangées de données. Nous voulons savoir quand vous avez commencé à collecter des informations. Cependant, si vous avez des données qui sont incontestablement mauvaises, remplacez ces valeurs par un «B ». Si une de vos sondes manquait ou si elle ne s'éteignait pas, mettez un « X » dans les cellules de votre bilan.

### 4. Nous avons branché nos sondes aux mauvais canaux. Que devons-nous faire ?

Si vous savez transposer des colonnes de données, faites le avec un programme de bilan. Autrement, envoyez les fichiers .dtf et .txt à [jwash@hwr.arizona.edu](mailto:jwash@hwr.arizona.edu) avec une description du problème et je le corrigerai. Généralement, la gamme quotidienne de données devrait diminuer de la température de l'air à la température du sol de 50 cm.

### 5. Quand est-ce que les mauvaises données se produisent ?

Les mauvaises données se produisent habituellement au début ou à la fin de votre enregistrement à cause des mesures réalisées alors que les capteurs étaient débranchés.

### 6. Nous avons soumis nos données sur la température de l'air de notre enregistreur de données pendant une période spécifique mais le maximum et le minimum de ces valeurs pendant cette durée n'apparaissent pas dans nos archives des données de l'école. Pourquoi ?

S'il y a trois ou plus de données mauvaises ou disparues pendant une période de 24 heures le serveur de Globe ne va pas calculer quotidiennement les valeurs maximums et minimums pour ce jour.

#### Définitions clés :

**Atténuation** : réduire une grandeur, la diminuer.

**Conduction** : transmission de la chaleur (ou de l'électricité) .

**Enregistreur de données** : ordinateur capable de mesurer et de stocker des données sur le terrain. Le seul système de maintenance requis est de télécharger périodiquement les données stockées.

**Déshydratant** : substance comme le sulfite de calcium qui absorbera continuellement les excès d'humidité après qu'il soit séché au four.

**Journalier** : variation régulière tout au long de la journée.

**Bilan énergétique** : équilibre entre les composants entrants et sortants de l'énergie (solaire, sensible, la chaleur latente, la chaleur de sol) en un point de la surface de la terre.

**Déphasage** : la période de phénomènes ondulatoire (vagues d'océan, vagues saines) qui détermine la distance entre les crêtes adjacentes (maximum). Un déphasage se produit quand deux vagues se forment en même temps mais les maximum interviennent à des heures différentes.

**Sinusoïdal** : comme une sinusöide ; beaucoup de phénomènes de rayonnement sont maximum à midi et minimum la nuit.

# Protocole relatif à la température de surface



## Objectif général

Mesurer la température surfacique

## Objectif spécifique

La température surfacique est mesurée à l'aide d'un thermomètre infrarouges (IR) à main qui, si nécessaire, est enveloppé dans un gant thermique ou a été placé à l'extérieur durant au moins 30 minutes avant la prise de mesures. L'instrument est pointé vers le sol pour relever la température à la surface. Les *Protocoles relatifs aux Nuages* sont réalisés en même temps que le *Protocole relatif à la Température de Surface*.

## Compétences

Les élèves apprennent comment utiliser un thermomètre IR et comprennent comment différentes surfaces rayonnent de l'énergie.

## Concepts scientifiques

### *Science de la Terre et de l'Espace*

- Les nuages ont un effet sur le temps et le climat
- Le mouvement diurne et saisonnier du soleil dans le ciel peut être observé et décrit.
- Les matériaux produits par l'homme ont un effet sur les cycles chimiques de la Terre.
- Le soleil est une source d'énergie majeure pour les processus à la surface de la Terre.
- Le soleil est une source d'énergie majeure à la surface de la Terre.
- L'insolation solaire guide les courants atmosphériques et océaniques.

### *Les sciences Physiques*

- Les transferts de chaleur ont lieu par radiation, conduction et convection.
- Les rayonnements lumineux interagissent avec la matière.
- Le soleil est une source d'énergie majeure à la surface de la Terre.
- L'énergie est transférée par de nombreuses manières différentes.
- La chaleur se déplace des objets chauds vers les objets froids.
- Le soleil est une source d'énergie majeure pour les changements à la surface de la Terre.
- L'énergie est conservée.

## *Sciences de la vie*

- Le soleil est la source d'énergie principale pour les écosystèmes.
- L'énergie pour la vie provient principalement du soleil.

## *Sciences générales*

- Les modèles visuels nous aident à analyser et à interpréter les données.

## *Géographie*

- La variabilité en température d'un lieu a un effet sur les caractéristiques du système géographique physique de la Terre.
- La nature et l'extension de la couverture nuageuse ont un effet sur les caractéristiques du système géographique physique de la Terre.
- La nature et l'importance des précipitations ont un effet sur les caractéristiques du système géographique physique de la Terre.
- Les activités humaines peuvent modifier l'environnement physique.

## **Compétences scientifiques**

- Les élèves apprennent à utiliser un thermomètre à IR.
- Utiliser les outils et techniques appropriés.
- Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.
- Conception et conduite d'investigations scientifiques.
- Utiliser l'outil mathématique pour analyser les données.
- Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.
- Identification et analyse des différentes hypothèses.
- Communiquer les résultats et les explications.
- Utiliser un thermomètre pour mesurer la température.
- Utiliser une table de classification des nuages pour identifier le type des nuages.
- Estimer la couverture nuageuse.
- Utiliser des mètres pour mesurer l'épaisseur de la couche de neige.

<p><b>Durée</b> 10-20 minutes</p> <p><b>Niveau</b> Tout niveau</p> <p><b>Fréquence</b> Une fois par jour en même temps que les mesures atmosphériques Lors de journées ensoleillées avec peu de nuages pour pouvoir comparer avec des observations satellites Au moment de prendre des mesures de température du sol Lors des visites de Sites d'Echantillonnage de Revêtement des Sols</p>	<p><b>Matériel et instruments</b> Thermomètre IR à main Gant thermique (à utiliser lorsque la température de l'air sur le lieu d'étude varie de plus de 5° par rapport à la température de l'air de l'endroit où le thermomètre IR (TIR) était entreposé.) <i>Feuille de Relevée de Données des Températures de Surface</i> Charte des nuages GLOBE Un mètre ou une règle Une montre Un bic ou un crayon</p> <p><b>Préparation</b> Etablir un Site d'Etudes Atmosphériques OU Etablir un site où la température du sol est mesurée OU Préparation pour caractériser un Site d'Echantillonnage de Revêtement des Sols</p> <p><b>Pré requis</b> Aucun</p>
---	---



# Protocole relatif à la température de surface - Introduction

En explorant votre environnement, vous allez rencontrer des objets qui sont à des températures différentes. Par exemple, pendant l'après-midi, les zones qui sont directement exposées à la lumière du soleil vont avoir tendance à être plus chaudes que les zones situées à l'ombre.

Au sein même d'une zone exposée à la lumière du soleil, vous allez peut être rencontrer des objets qui sont plus ou moins chauds que d'autres. Au cours de la matinée, certains objets, comme les pierres, peuvent prendre plus de temps pour se réchauffer que leur environnement. De même, au crépuscule, ces objets vont prendre plus de temps pour se refroidir.

La chaleur fait référence à la quantité d'énergie thermique ; elle est transférée entre les objets de diverses manières. La vitesse à laquelle l'énergie est transférée à un objet dépend de ses propriétés comme la nature de sa surface. La couleur de l'objet, le rapport de sa masse à sa surface et le matériau dont il est composé vont tous avoir un effet sur le transfert d'énergie.

La température de votre environnement change tout le temps et de l'énergie thermique est constamment transférée entre tous les composants de l'environnement. La température de l'atmosphère agit sur la température de la surface de la Terre qui, de même, agit sur la température de l'atmosphère.

La manière dont les terres sont occupées à la surface de la Terre va jouer un rôle significatif dans cette relation. Ce qui occupe la surface de la Terre va déterminer la quantité d'énergie solaire qui, atteignant le sol, va être retenue par la surface ou réfléchi vers l'atmosphère. Au cours d'une journée chaude et ensoleillée, vous pouvez sentir différents niveaux de chaleur rayonnée par différents types de revêtements. S'il fait chaud, où vous mettez-vous pour être au frais ? S'il fait froid, où allez-vous pour avoir chaud ?

Étudier le transfert de chaleur dans l'environnement – le cycle énergétique – fournit une des clés pour comprendre comment le système Terre fonctionne et comment il peut changer dans le futur. Le transfert de chaleur entre les différentes composantes de l'environnement a lieu à leurs frontières. Aussi, il est important de connaître la température à ces frontières.

Les mesures de températures surfaciques fournissent ces températures aux frontières. C'est pourquoi les mesures de températures surfaciques permettent de relier ensemble les températures de l'air, du sol et de l'eau et contribuent de manière importante à l'étude du cycle énergétique. Relier l'occupation des terres aux températures surfaciques vous permet également d'intégrer de multiples lieux d'études GLOBE et de vraiment étudier la Terre en tant que système.

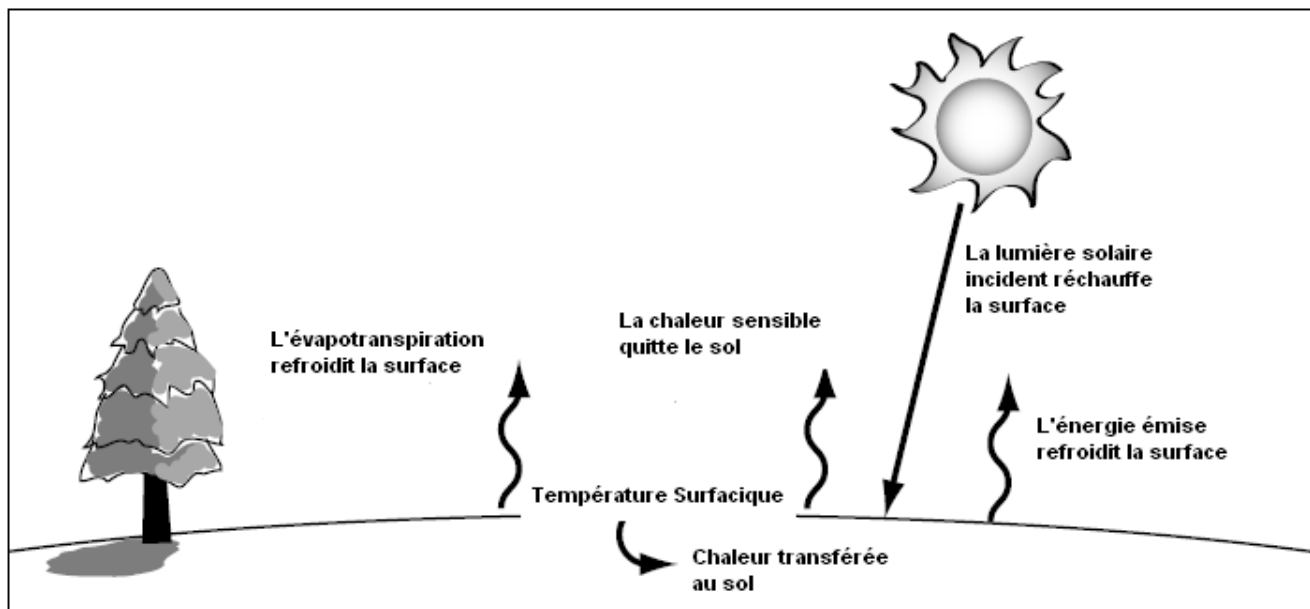
Vos mesures GLOBE de températures surfaciques vont aider les études climatiques et la compréhension du cycle énergétique globale et ce, en combinaison avec vos autres mesures ainsi que par comparaison avec les données satellites. Reportez-vous au chapitre La Terre en tant que Système pour approfondir le cycle énergétique.

Les agences climatiques officielles ne relèvent généralement pas la température surfacique. Les scientifiques observent la température surfacique par 3 moyens différents : 1. des thermomètres IR à main semblables à ceux que vous utilisez 2. des instruments TIR montés sur des tours et 3. des observations par satellite. Pour la plupart des études, des scientifiques seuls ou en groupe effectuent des relevés à l'aide d'instruments à main ou montés sur des tours et les comparent ensuite aux observations obtenues par imagerie satellite. Dans certains cas, des efforts soutenus et organisés ont été menés pour observer la température surfacique de manière continue sur une large zone. Par exemple, l'état de l'Oklahoma (USA) a installé 70 tours TIR dans son réseau de stations météorologiques. Ces TIR montés sur des tours relèvent continuellement les températures surfaciques au niveau des champs. Cependant, le nombre total de relevés de températures surfaciques au niveau mondial est relativement faible. C'est là que les élèves GLOBE peuvent le plus aider ! En relevant les températures surfaciques, les écoles GLOBE ont la possibilité de vraiment améliorer notre connaissance des températures à la surface de la Terre.

## **Qu'est-ce que la Température Surfaccique ?**

Scientifiquement, la température surfaccique est la température de rayonnement des surfaces au sol comme l'herbe, la terre nue, les routes, les trottoirs, les immeubles et les arbres pour n'en nommer que quelques-uns. La température surfaccique peut être observée à l'aide du spectre électromagnétique. Tout objet émet de l'énergie électromagnétique selon sa température. Les objets chauds émettent de l'énergie de faible longueur d'onde, tandis que les objets froids en émettent à plus grande longueur d'onde. Par exemple, la

Figure AT-ST-1: Décomposition de l'Energie Solaire en liaison avec la Température Surfaccique



surface visible du soleil se trouve à approximativement 5500°C. Son émission d'énergie maximale se situe dans le spectre visible, de 0.4  $\mu\text{m}$  à 0.7  $\mu\text{m}$ . La surface de la Terre est bien plus froide et émet de l'énergie à bien plus grande longueur d'onde. La majorité de cette énergie est émise dans l'infrarouge et par conséquent, nous appelons cette partie du spectre électromagnétique – centrée autour de 10  $\mu\text{m}$  – l'infrarouge thermique. Le thermomètre à IR (TIR) utilisé dans ce protocole mesure l'énergie électromagnétique émise à la surface de la Terre. Cet instrument convertit cette mesure en une valeur de température indiquée dans la zone d'affichage du TIR.

### **Le Cycle Energétique**

Le cycle énergétique décrit la manière par laquelle l'énergie du soleil est divisée entre l'évapotranspiration et le réchauffement de la surface de la Terre. Scientifiquement, le cycle énergétique commence avec le rayonnement solaire incident. La couverture nuageuse, le type de nuages et l'albédo (la réflectivité) de la surface de la Terre ont une influence sur ce qu'il advient de ce rayonnement.

A la surface de la Terre, une partie de l'énergie solaire évapore l'eau et une autre partie réchauffe la surface. Une partie de la chaleur issue de la surface pénètre le sol et l'air s'ils sont plus froids que la surface. La chaleur latente de vaporisation de l'eau est libérée lorsque l'eau se condense, généralement lors de la formation de nuages. Ceci constitue la principale source d'énergie des orages.

La température surfaccique se trouve au cœur du cycle énergétique. Tous les aspects du potentiel énergétique contribuent à ou sont affectés par la température surfaccique.

L'heure de la journée agit sur la température surfaccique. Celle-ci augmente pendant la matinée et atteint son maximum une heure ou deux après le midi solaire local. Le rayonnement solaire incident est également le plus important durant l'été et le plus faible durant l'hiver.

La température surfaccique est également affectée par les quantités de végétation et d'humidité présents en surface. Lorsqu'il n'y a aucune humidité en surface, comme dans un désert ou sur une surface pavée, il ne peut y avoir d'évaporation pour refroidir la surface et donc, la température surfaccique augmente plus rapidement pendant la journée.

Cette température surfaccique agit également sur la quantité de rayonnement à grande longueur d'onde (thermique) allant dans l'espace. Plus la surface est chaude, plus elle émet de l'énergie.

Afin de mieux comprendre l'effet de la chaleur sur l'environnement, les scientifiques prennent des mesures de température de nombreux composants de l'environnement à divers endroits. Ces mesures incluent la température de l'air, la température en surface du sol, la température à la surface de l'eau et la température du sol à diverses profondeurs. En tant qu'élèves, vous pouvez également réaliser ceci en étudiant la température surfaccique de différents types de sols en divers endroits, tout en mesurant les températures de l'air, de l'eau et du sol.

Les scientifiques mesurent également la température de l'atmosphère à diverses altitudes ainsi que la température de l'océan à diverses profondeurs en utilisant des capteurs satellites, des ballons, des fusées et des bouées. Les mesures à diverses altitudes dans l'air et à diverses profondeurs dans l'eau sont également appelées sondages.

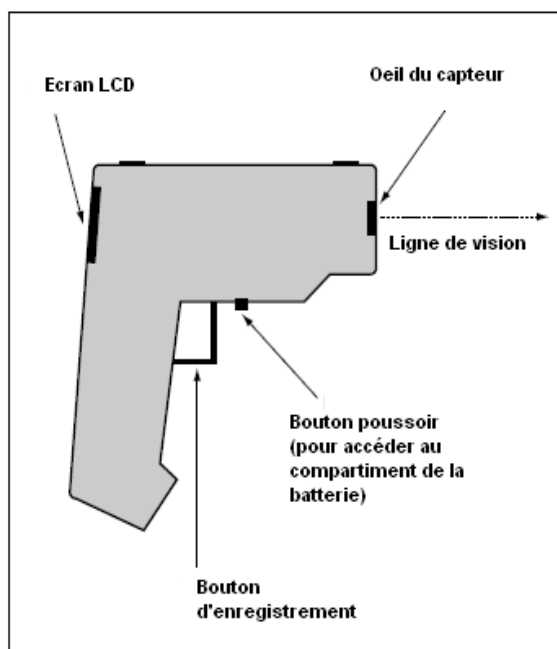
Pour plus d'informations sur le potentiel énergétique et l'évapotranspiration, référez-vous au *Chapitre de la Terre en tant que Système*.

## Support pour l'enseignant

### Thermomètre Infrarouge

Un thermomètre infrarouge (TIR) mesure la température en captant le rayonnement infrarouge (la lumière) provenant d'une surface. Cet instrument est sensible aux rayonnements infrarouges dans une gamme de longueurs d'ondes de 8 à 14  $\mu\text{m}$ . Il n'est pas plus important pour les élèves de comprendre comment il fonctionne que de comprendre les concepts de l'expansion thermique pour utiliser un thermomètre conventionnel. Avec un TIR (qui, si nécessaire, aura été enveloppé dans un gant thermique ou aura été placé à l'extérieur au moins 30 minutes avant la prise de mesures), les mesures de températures surfaciques peuvent être prises sur une large gamme de surfaces, y compris la surface de la Terre sur des sites d'études GLOBE.

Figure AT-ST-2: Thermomètre Infrarouge à Main (TIR)



L'instrument utilisé dans ce protocole est le TIR modèle ST20 de Raytek. Ce modèle vérifie les Spécifications pour Instruments GLOBE (disponibles dans la *trousse à Outils*). Cependant, n'importe quel TIR vérifiant les Spécifications pour Instruments GLOBE peut être utilisé pour prendre les mesures. Il se peut que vous deviez adapter certains détails spécifiques aux instruments donnés dans ce protocole selon le modèle d'instrument utilisé (prenez soin de lire les consignes fournies par le fabricant). Néanmoins, les principales étapes pour prendre des mesures de température surfacique, comme indiquées dans le *Guide de Terrain*, resteront les mêmes quel que soit l'instrument utilisé.

### Gant Thermique – ou – Placez le TIR A l'Extérieur Durant Au Moins 30 Minutes

Lorsque la température de l'air sur votre site d'étude varie de plus de 5°C de la température de l'air de l'endroit où le TIR était entreposée, vous devez faire une des choses suivantes:

- Enveloppez le TIR dans un gant thermique avant d'aller au site d'étude  
ou
- Placez le TIR à l'extérieur durant au moins 30 minutes avant la prise de mesures

L'objectif du gant thermique ou du placement en extérieur du TIR durant au moins 30 minutes est d'éviter des mesures inexactes à cause d'un choc thermique temporaire. Le choc thermique est un phénomène qui a lieu lorsque le TIR subit un changement de température environnante.

De plus, un TIR enveloppé dans un gant thermique a été testé pour fonctionner pendant 30 minutes.

Le gant thermique est une invention d'une enseignante dédiée et respectée d'une école secondaire de St. Ursula Academy à Toledo, en Ohio (USA), qui a été impliquée dans nos projets de recherche élèves-enseignants d'observation de la Terre depuis août 2000. Merci, Jackie Kane, pour ton inspiration et ton dur labeur !

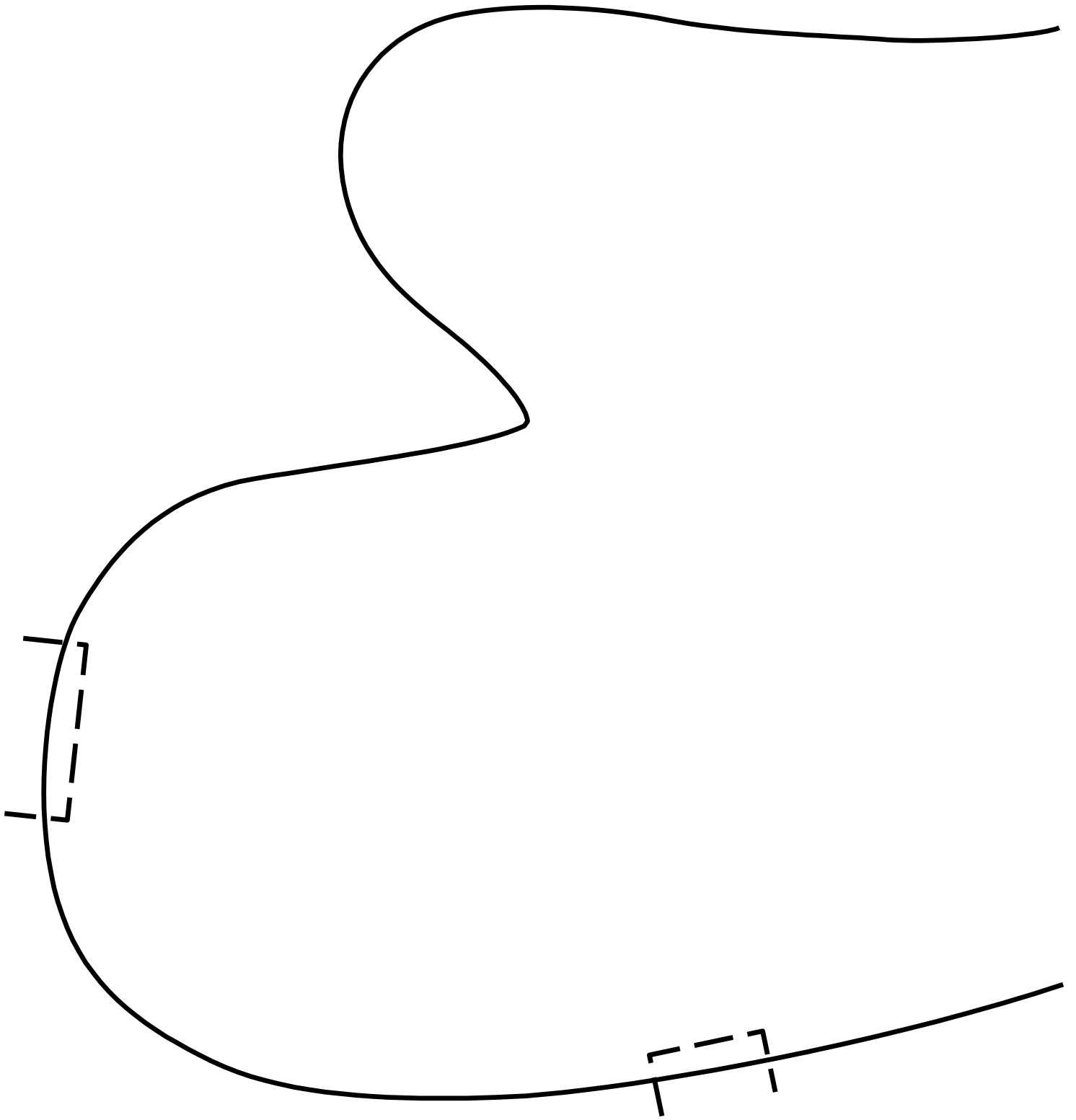
Le gant thermique est réalisé à partir d'un gant de cuisine normal. Un gant de cuisine est un gant que les gens mettent lorsqu'ils prennent des objets chauds dans un four ou sur une cuisinière afin d'éviter de se brûler. Ce gant de cuisine DOIT être réalisé en 100% tissu éponge : à l'intérieur et à l'extérieur. Un modèle à taille réelle d'un gant thermique avec la désignation des trous pour « l'œil » du capteur et l'écran LCD du TIR est montré à la page suivante.

Si vous avez des difficultés à trouver un gant de cuisine en tissu éponge, veuillez contacter l'Equipe PI pour la Température de Surface et ils vous enverront volontiers un gant thermique. Les informations pour contactez l'Equipe PI pour la Température de Surface sont données sur la page *Rencontrez les Scientifiques* du site web GLOBE.

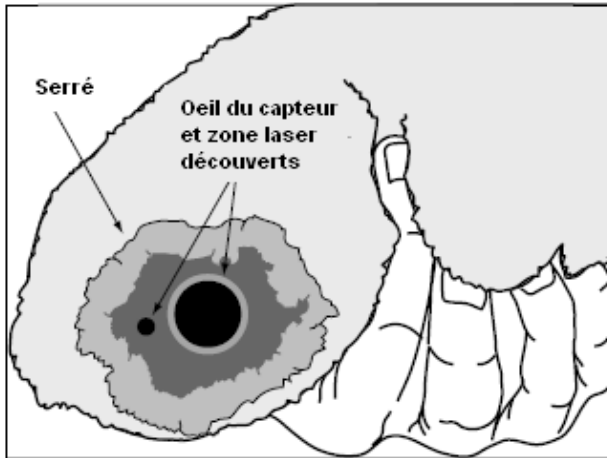
### *Instructions pour Confectionner un Gant Thermique*

1. Achetez un gant de cuisine en 100% tissu éponge.
2. Placez votre gant sur le modèle taille réelle indiqué à la page suivante et marquez les endroits sur votre gant de cuisine où vous devrez découper les 2 trous.
3. Vous aurez besoin de ciseaux très pointus, aiguisés et résistants afin de transpercer le gant de cuisine et de découper les trous
4. Découpez les 2 trous. Ils devraient avoir la forme d'un carré. Le trou au niveau du bout de la section « doigt » devrait faire à peu près 3.5 cm. L'autre trou devrait faire environ 2 cm. Il vaut mieux couper trop petit que trop grand. Si un trou est trop grand, il laissera passer l'air dans le gant thermique ce qui va à l'encontre du but du gant thermique, donc ne coupez pas trop grand ! Lorsque vous placerez votre TIR dans le gant de cuisine, vous pourrez agrandir les trous si nécessaire.
5. Tenez le gant de cuisine de telle manière que le pouce pointe vers le bas.
6. Positionnez le TIR dans la zone « doigt » du gant de cuisine avec son capteur pointant au travers du trou découpé au bout de cette zone. Assurez-vous que le gant de cuisine ne cache pas le capteur et la zone laser du TIR. Cependant, assurez-vous également que le TIR soit bien ajusté contre la zone frontale du gant de cuisine afin d'éviter le passage de l'air au travers du gant thermique (vous pouvez ignorer la zone « pouce » du gant de cuisine).
7. Positionnez l'afficheur digital de manière à ce qu'il soit visible depuis le trou supérieur (lorsque le pouce pointe vers le bas).
8. Faites les ajustements nécessaires à la taille des 2 trous et replacer le TIR dans le gant de cuisine pour vérifier la taille des trous.

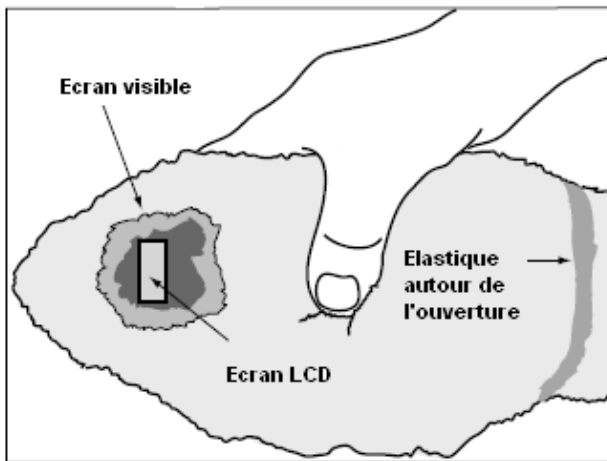
9. Une fois que les 2 trous sont correctement découpés, appliquez de la colle liquide à toutes les coutures qui auront été coupées. Laissez la colle sécher toute une nuit avant d'utiliser le gant thermique sur le terrain. La colle liquide va étanchéifier les coutures et va les empêcher de se défaire.
10. Placez un élastique résistant autour de l'ouverture du bas du gant de cuisine.
11. Votre gant thermique est maintenant prêt à l'emploi



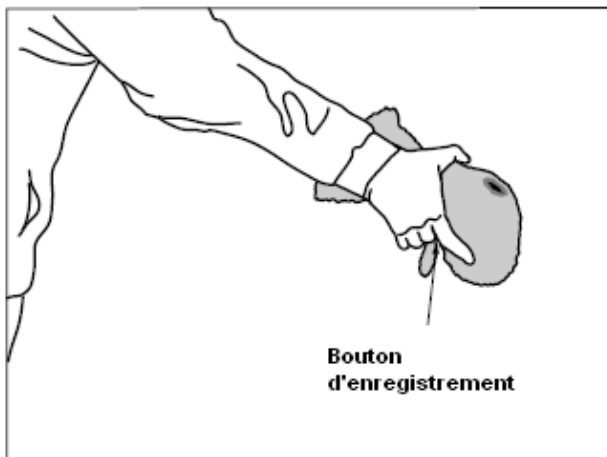
Etape 2



Etape 3 et 4



Etape 5



Consignes pour l'Utilisation du TIR avec un Gant Thermique:

1. Tenez le gant thermique de manière à ce que le pouce pointe vers le bas.
2. Placez le TIR dans la zone « doigt » du gant thermique avec son capteur pointant vers l'extérieur.
3. Positionnez l'afficheur digital de manière à ce qu'il soit visible depuis le trou supérieur (lorsque le pouce pointe vers le bas).
4. Retirez votre main du gant thermique et utilisez un élastique pour serrez le gant thermique autour du manche du TIR au niveau de l'ouverture du bas du gant de cuisine.
5. Utiliser le TIR depuis **l'extérieur** du gant thermique en plaçant votre doigt sur le bouton d'enregistrement et en appuyant.

### *Entretien du Gant Thermique:*

Si nécessaire, coupez les bords effilochés des trous afin d'éviter l'obstruction du capteur, de la zone laser et de l'afficheur digital.

### **Comprendre les Mesures de Température de Surface**

A l'aide des autres protocoles GLOBE, vos élèves peuvent mesurer la température de l'air et celle du sol à diverses profondeurs. Avec un TIR (qui, si nécessaire, a été enveloppé dans un gant thermique ou placé à l'extérieur pendant au moins 30 minutes avant la prise de mesures), les mesures de température de l'air et du sol peuvent être complétées par des mesures de la température en surface plutôt que dans l'air ou dans le sol. Cette température à la surface est juste à la frontière entre l'atmosphère et le sol et les données qui en sont retirées sont utiles pour comprendre le transfert de chaleur du et vers le sol. Ces données sont également utiles pour des comparaisons avec des données satellites car certains instruments de satellites observent le sol et prennent des mesures de température surfacique d'une manière quasiment identique à celle d'un TIR.

### **Entretien de l'Instrument**

Faites attention à bien suivre toutes les consignes du fabricant pour entretenir correctement votre thermomètre infrarouge (TIR). Ceci inclut un nettoyage correct de la lentille car les particules qui s'y accumulent peuvent réduire la précision du thermomètre en interférant avec son système optique. Faites attention à ne pas endommager la lentille en la nettoyant et n'utilisez PAS de solvants.

L'afficheur digital du TIR va afficher une icône de batterie lorsque celle-ci est presque à plat. Lorsque vous voyez cette icône, il est temps de vérifier la batterie et de la remplacer si nécessaire. La batterie est une pile de 9V qui se trouve dans le manche de l'instrument et à laquelle on peut accéder en appuyant sur le bouton poussoir (voir Figure AT-ST-2) devant le bouton d'enregistrement et en ouvrant le manche. Référez-vous au manuel du fabricant pour des instructions plus détaillées.

Vérifiez que votre instrument affiche des températures en degrés Celsius.

S'il est correctement configuré, l'affichage de la température sur l'écran LCD sera suivi d'un symbole '°C'. Si au lieu de ce symbole '°C' vous voyez un '°F', alors votre thermomètre indique des températures en degrés Fahrenheit et l'affichage doit être basculé vers des degrés Celsius. L'instrument a un bouton qui permet de passer des Celsius aux Fahrenheit. Ce bouton se trouve au-dessus de la batterie et on y accède comme décrit ci-dessus pour la pile. A nouveau, référez-vous au manuel du fabricant pour de plus amples instructions. Comme ce bouton se situe dans le compartiment de la batterie, il n'y a aucun risque que vos élèves changent accidentellement la configuration.

La calibration de votre thermomètre infrarouge (TIR) devrait être vérifiée chaque année. Pour faire une vérification, préparez une solution d'eau glacée dans un grand bol ou gobelet. Pointez le TIR directement vers l'eau avec le bout de l'instrument à environ 5 cm de l'eau. Ensuite, appuyez sur le bouton d'enregistrement. Si l'instrument est correctement calibré, la mesure indiquera 0°C. Si la mesure ne se situe pas entre -2 et 2°C, l'instrument est mal calibré.

Si l'instrument n'affiche pas correctement la température, vérifiez si la batterie n'est pas trop faible. Si cela ne résout pas le problème, vérifiez si la lentille est sale et nettoyez-là si c'est le cas. Si vous n'arrivez toujours pas à faire fonctionner l'instrument correctement, contactez le fabricant.

### **Choix des Sites**

Les données de températures surfaciques sont utiles pour réaliser des comparaisons avec les observations satellites et pour les utiliser en combinaison avec des relevés de températures de l'air et du sol. Les sites à utiliser sont les *Sites d'Echantillonnage de Revêtement des Sols*, les *Sites d'Etudes de l'Atmosphère* et les *Sites d'Etudes de l'Humidité du Sol*.

### **Choisir et Décrire un bon Site de Mesures de Températures de Surface pour réaliser des Comparaisons avec les Données Satellite**

Un site grand, dégagé et homogène est requis pour comparer vos relevés de températures de surface avec les données satellites (par exemple, le Spectroradiomètre d'Images à Résolution Modérée – MODIS en anglais – sur les satellites EOS TERRA et AQUA de la NASA avec une résolution spatiale d'1 km et le capteur ETM+ sur Landsat 7 avec un instrument d'observation thermique de 60m de résolution spatiale).

Un *Site d'Echantillonnage de Revêtement des Sols* où les plantes font moins d'1m de hauteur est un site idéal pour prendre des relevés de température de surface. Ces sites doivent être homogènes sur une surface d'au moins 90m par 90m. Lorsque votre site vérifie ces conditions, réalisez également le *Protocole sur les Sites d'Echantillonnage de Revêtement des Sols*.

Les sites qui sont dégagés et homogènes, mais qui font moins de 90m par 90m, sont également utiles pour les relevés de températures de surface mais ne peuvent être utilisés pour le *Protocole sur les Sites d'Echantillonnage de Revêtement des Sols*. Le site doit être éloigné des arbres et des immeubles qui créent des zones d'ombre au sol car ces zones vont réduire la quantité de lumière solaire absorbée par le sol et peuvent provoquer des variations significatives de températures surfaciques. Le site utilisé peut être recouvert d'herbe (comme un terrain de football), un parking (béton et asphalte), un terrain vierge ou une zone contenant des arbustes.

Si vous choisissez un parking, il ne peut y avoir de voitures. S'il y a des voitures, alors vous aurez le même problème de zones d'ombre qu'avec des arbres et des immeubles. Si une partie du parking est la plus grande surface dégagée et homogène disponible, alors utilisez-la comme votre site et utilisez la même zone du parking à chaque fois que vous effectuerez des relevés de températures surfaciques.

Si votre site est plus grand qu'une zone dégagée et homogène de 30m par 30m (mais plus petite que 90m par 90m), c'est parfait. Mais si votre site est plus petit qu'une zone dégagée et homogène de 30m par 30m, alors choisissez la plus grande zone que vous puissiez trouver et utilisez-la comme site d'étude.

De nombreux Sites d'Etudes de l'Atmosphère et d'Humidité du Sol seront utiles afin de comparer avec des données satellites car ils se trouveront dans des zones dégagées sans immeubles ou autres sources d'ombre.

Marquez correctement les frontières de votre site d'étude (en utilisant peut-être des petits drapeaux GLOBE) si vous le pouvez. Comme ça, vos élèves pourront sans problème retourner précisément au même endroit à chaque fois qu'ils effectueront des relevés de températures surfaciques.

Si votre site d'étude a déjà été choisi comme un *Site d'Echantillonnage de Revêtement des Sols*, un *Site d'Etudes de l'Atmosphère* ou un *Site d'Etudes de l'Humidité du Sol*, alors vous êtes prêts à commencer les relevés de températures surfaciques. Si votre site n'a pas encore été défini et qu'il fait plus de 90m par 90m tout en étant homogène, alors définissez-le comme *Site d'Echantillonnage de Revêtement des Sols* en suivant le *Protocole sur les Sites d'Echantillonnage de Revêtement des Sols*. Si votre site n'a pas été défini et qu'il fait moins de 90m par 90m, alors désignez-le comme *Site d'Etudes de l'Atmosphère* ou comme *Site d'Etudes de l'Humidité du Sol*, suivant ce qui sera le plus approprié d'après les autres types de mesures que vous comptez réaliser sur ce site.

Lorsque vous définissez un nouveau site pour les températures de surface, décrivez dans la partie *Commentaires* (métadonnées) de la définition du site toutes les caractéristiques permanentes et uniques de votre site qui pourrait avoir un effet sur les relevés de températures de surface. Par exemple : *le site est un parking en asphalte qui a des lignes peintes en jaune pour indiquer les emplacements de parking et dont la frontière nord est délimitée par l'immeuble de l'école*. Les informations supplémentaires concernant toute modification temporaire de l'état du site ayant une influence sur les relevés de températures de surface peuvent être écrites dans la partie *Commentaires* de votre *Feuille de Relevés de Données de Températures de Surface* lorsque vous mesurez la température. Par exemple : *aujourd'hui, le site est recouvert de feuilles mortes*.

La première fois que vous prenez des relevés de températures de surface sur un nouveau site, vous devrez prendre note de certaines *Données de Définition* concernant la taille et le type de revêtement du sol du site, ainsi que le modèle de TIR utilisé. Prenez note de ces informations en haut de la *Feuille de Relevés de Données de Températures Surfiques* la première fois que vous prenez des mesures sur ce site.

Nous vous encourageons à contrôler les températures surfaciques de sites présentant un maximum de types différents de revêtements du sol. Plus vous contrôlerez de sites, meilleur sera l'information obtenue pour les recherches. Il est particulièrement intéressant de contrôler au moins 2 sites avec des revêtements différents, de sorte que vous puissiez observer et explorer les modifications de températures surfaciques qui ont lieu suite aux différences entre ces 2 sites.



## **Conseils Utiles**

Certains TIR sont équipés d'un laser et d'une lampe-torche. Vous pouvez choisir de les activer ou non. Si vous les activez, un pointeur laser rouge indiquera approximativement la ligne de vision de l'instrument lorsque le bouton d'enregistrement aura été appuyé. Un point rouge apparaîtra à l'endroit où la température surfacique est mesurée. Une lumière de fond derrière l'écran LCD restera allumée pendant 7 secondes après que le bouton ait été pressé et relâché.

Le laser peut vous aider à mieux localiser l'endroit où vous mesurez la température de surface. Néanmoins, il raccourcit la durée de vie de la batterie et peut distraire les élèves. Il est primordial que le laser ne soit PAS dirigé vers les yeux d'une personne ou vers une surface d'où il pourrait se réfléchir dans les yeux de quelqu'un. Le laser et la lumière de fond pour l'écran LCD sont contrôlés grâce à un bouton situé au-dessus de la batterie dans le compartiment à pile.

## **Questions pour aller plus loin**

De quelle manière la température de surface varie-t-elle suivant que la surface se trouve au soleil ou à l'ombre?

Est-ce que cela a une influence si l'ombre provient d'un arbre, d'un arbuste ou d'un nuage ?

Comment la température de surface est-elle, comparée à la température de l'air ? Et par rapport à la température du sol à 5 et 10 cm de profondeur ?

Comment la température de surface varie-t-elle avec le type de revêtement du sol (terrain vierge, herbe courte, herbe haute, béton, asphalte, sable, sol de forêt) ?

Comment la température de surface varie-t-elle avec la couleur du sol ?

Comment la température de surface à l'extérieur, près de l'abri météo, est-elle, comparée à la température de l'air à l'intérieur de l'abri ?

Comment la température de surface en-dessous de la voûte de la forêt est-elle, comparée à la température de l'air dans la forêt ?

Comment la température de surface est-elle modifiée en fonction des divers revêtements (herbe et asphalte par exemple) durant une journée nuageuse ?

Comment la période de l'année affecte-t-elle la température de surface ?

Comment la température de surface varie-t-elle avec le type de revêtement lorsqu'il fait humide et lorsqu'il fait sec ?

# Protocole Relatif à la Température de Surfaccique

## Guide de Terrain

### **But**

Mesurer la température de surface

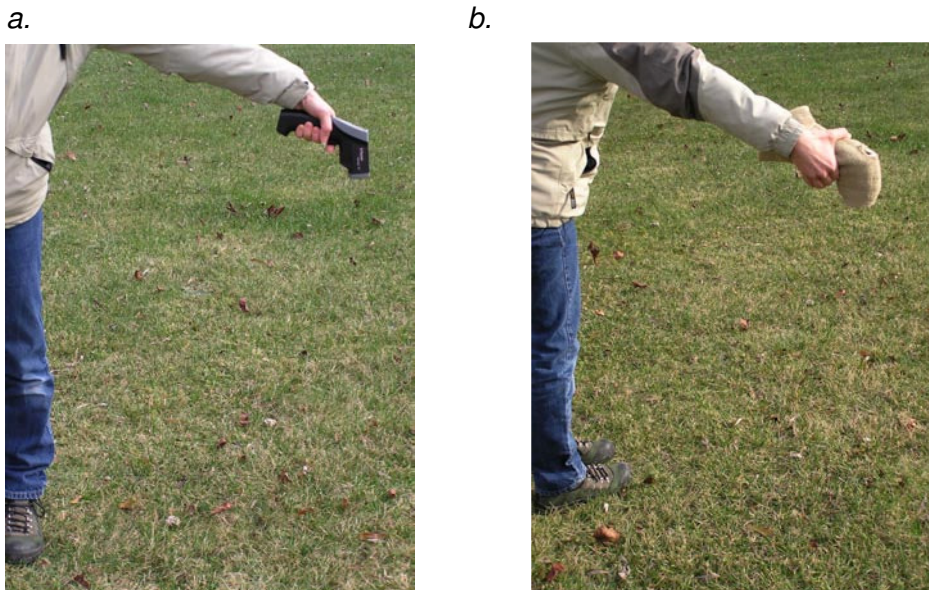
### **Ce Dont Vous Avez Besoin**

- Feuille de Relevés de Données de Températures de Surface
- Crayon ou bic
- Thermomètre Infrarouge à main
- Charte des nuages GLOBE
- Montre précise
- Gant thermique (à utiliser lorsque la température de l'air sur le site d'étude varie de plus de 5 degrés Celsius par rapport à celle de l'endroit où le TIR a été entreposé)
- Règle ou mètre (s'il y a une couche de neige)

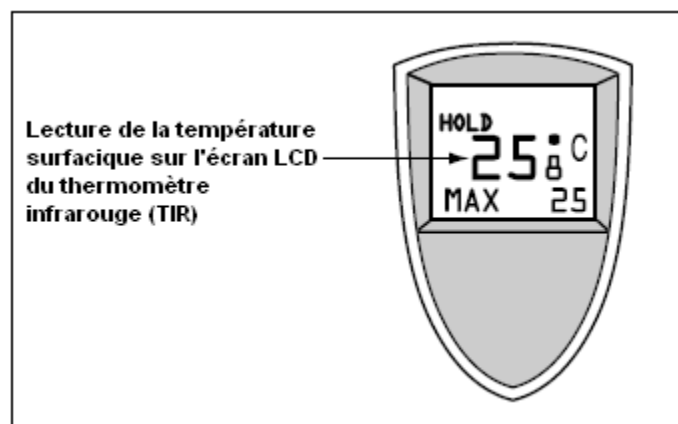
### **Sur le Terrain**

1. Si nécessaire, enveloppez le TIR dans un gant thermique avant d'aller sur le site d'étude ou placez le TIR à l'extérieur pendant au moins 30 minutes avant le début des relevés. Pour plus de détails, référez-vous à la section intitulée *Gant Thermique – ou – Placez le TIR A l'Extérieur Durant Au Moins 30 Minutes* de ce protocole.
2. Remplissez la zone en haut de votre *Feuille de Relevés de Données de Températures de Surface* (remplissez également la section *Données Supplémentaires sur la Définition du Site* si vous effectuez des mesures de températures surfacciques sur ce site pour la première fois ou si une des valeurs de cette section a depuis changé)
3. Réalisez les observations des nuages d'après le *Protocole relatif aux Nuages GLOBE*.
4. S'il n'y a aucune trace de neige où que ce soit sur votre site, alors cochez soit "Humide", soit "Sec" pour la case relative aux conditions de surface globales de votre site sur votre *Feuille de Relevés de Données de Températures de Surface*.
5. Cochez la case correspondant à la méthode utilisée pour éviter un choc thermique à votre TIR.
6. Choisissez 9 points d'observations se trouvant dans des endroits dégagés de votre site et qui sont distants l'un de l'autre d'au moins 5 mètres. Ces points devraient également être éloignés des arbres et des immeubles à l'origine de zones d'ombre. Ils devraient également se trouver à des endroits qui n'ont pas été récemment dérangés par des personnes ou des animaux. (Remarque : Il vaut mieux effectuer les relevés à ces 9 sites dans un laps de temps très court)
7. Allez à un des 9 points d'observation et placez-vous de manière à ne pas projeter d'ombre sur ce point.
8. Notez l'heure et le temps universel associé sur votre *Feuille de Relevés de Données de Températures de Surface*.

9. Tenez le TIR (enveloppé dans un gant thermique au besoin) avec votre bras tendu et pointez l'instrument vers le sol.
10. Bougez le moins possible votre TIR (enveloppé dans un gant thermique au besoin). Appuyez sur le bouton d'enregistrement et relâchez-le. (Vous DEVEZ relâcher le bouton d'enregistrement pour que l'instrument garde en mémoire la température surfacique de votre point d'observation)
11. Lisez et notez la température de surface affichée sur l'écran LCD situé sur le dessus du TIR (Remarque: la température surfacique sera notée en Celsius au dixième de degré près, p.ex. 25.8)
12. Mesurez et notez l'épaisseur en millimètres de la couche de neige sur votre point d'observation.
13. Recommencez les étapes 7 à 12 pour chacun des 8 autres points d'observation.
14. Prenez note de toute autre information expliquant les conditions environnementales du jour ou du site dans le champ Commentaire.



*L'image ci-dessus montre l'utilisation correcte du TIR, a) sans gant thermique et b) avec un gant thermique*



## Questions fréquentes

### **1. Que dois-je faire si l’affichage de la valeur de la température surfacique disparaît avant que je n’aie eu le temps de précisément la lire et de la noter ?**

La valeur de la température surfacique restera affichée pendant 7 secondes après que vous ayez relâché le bouton d’enregistrement du TIR. Si vous n’avez pas réussi à lire la valeur dans ce temps, ou si vous n’êtes pas certain de la valeur lue, alors refaites la mesure au point d’observation en suivant les consignes données dans le *Guide de Terrain*.

### **2. Comment doit-on tenir compte de la neige poudreuse dans la Feuille de Relevés de Données de Températures de Surface ?**

S’il y a moins de 10 millimètres de neige au sol, alors notez la lettre ‘T’ dans la case ‘Épaisseur de la couche de neige’ de votre *Feuille de Relevés de Données* afin d’indiquer la présence d’une fine neige poudreuse. S’il y a plus de 10 millimètres de neige, alors mesurez l’épaisseur de la couche de neige en millimètres à l’aide de votre règle ou de votre mètre.

### **3. Le Guide de Terrain des Températures de Surface demande de mesurer la couverture nuageuse et l’épaisseur de la couche de neige qui sont également mesurées dans d’autres protocoles. Est-ce qu’il serait utile de les mesurer ainsi que d’autres types de mesures GLOBE en même temps que les températures surfaciques ?**

Oui ! Prendre différents types de mesures sur le même site et au même moment permet d’avoir une meilleure idée de l’état de l’environnement que ce que permettrait une seule mesure. En prenant des types de mesures supplémentaires en même temps que les mesures de températures surfaciques, vous pourrez étudier et déterminer les facteurs qui influencent chaque mesure individuelle. Les températures surfaciques sont fortement liées à la couverture nuageuse, la température de l’air, l’humidité du sol, le type de sol et le type de revêtement au sol.

### **4. Est-il important de noter qu’il n’y a PAS de neige ? Ou PAS de nuages ?**

Oui, il est important de le noter ! S’il n’y a pas de neige, veuillez indiquer un zéro dans tous les champs de type EPAISSEUR DE LA COUCHE DE NEIGE. S’il n’y a pas nuages dans le ciel, veuillez cocher la case AUCUN NUAGES dans le tableau *Type de Nuages* de votre *Feuille de Relevés de Données des Températures de Surface*.

Le fait qu’il n’y ait pas de neige ou de nuages va directement influencer vos relevés de températures surfaciques et donc le noter vous aidera à mieux expliquer vos mesures.

Si vous laissez ces champs vierges, ce sera déroutant, car les scientifiques ne sauront jamais si vous avez oublié de noter certaines données ou si les mesures étaient nulles. Et donc, vos données sur cette journée ne pourront pas être utilisées pour des recherches.

### **5. Est-ce que le thermomètre infrarouge (TIR) peut être utilisé pour d’autres types de mesure de température ?**

Oui. Les bouchers les utilisent pour vérifier que leurs réfrigérateurs et congélateurs se trouvent à la bonne température. Les mécaniciens les utilisent également pour mesurer la température de l’huile d’une voiture. Et une enseignante nous a dit qu’une personne était passée dans sa salle de cours pour vérifier la température à divers endroits de la salle pour l’aider à déterminer quand le système de chauffage de la salle avait été réparé.

### **6. Le Guide de Terrain dit que nous devrions prendre des mesures à 9 points d’observation différents à chaque fois que nous allons sur le site d’étude pour mesurer la température surfacique. Pouvons nous prendre moins de 9 mesures ?**

Nous vous conseillons fortement de prendre 9 mesures. Ces 9 points sont requis par les scientifiques GLOBE pour obtenir des moyennes significatives sur votre site d’étude et pour les comparer de manière précise avec les données satellites. Plus vous prenez de mesures, meilleures seront vos données pour les scientifiques. Si votre site d’étude fait moins de 30m par 30m, nous vous conseillons quand même de prendre 9 mesures. Néanmoins, nous nous rendons compte que les 9 points d’observations ne seront peut être pas éloignés de 5m les uns des autres. Il est exigé de prendre au moins 3 mesures avant d’envoyer vos données à GLOBE.

**7. Est-ce que je peux utiliser le TIR pour étudier la température surfacique de l'eau ?**

Oui, le TIR peut être utilisé pour mesurer la température de la surface d'un point d'eau. Cependant, comme il n'est pas possible d'appliquer les étapes définies dans le *Guide de Terrain des Températures de Surface* à des points d'eau, vous ne pouvez pas envoyer ces données à GLOBE. Néanmoins, elles peuvent être utiles pour étudier la relation entre la température de l'air et celle de l'eau et peuvent donc être incluses comme métadonnées en accompagnement de vos relevés de températures de l'eau envoyés à GLOBE.

**8. Quand dois-je utiliser le gant thermique ?**

Votre thermomètre infrarouge (TIR) devrait être enveloppé dans un gant thermique lorsque la température de l'air sur votre site d'étude varie de plus de 5 degrés Celsius comparée à la température de l'air de l'endroit où le TIR a été entreposé.

**9. Est-ce que je dois arrondir jusqu'à l'unité la plus proche lorsque je lis la température surfacique affichée sur l'écran LCD du TIR ?**

NON. La mesure de température surfacique doit être notée au dixième de degré près, p.ex. 25.8.

# Protocole relatif à la Températures de Surface – Vérification des données

## ***Les données sont-elles logiques?***

Il y a de nombreux facteurs qui agissent sur la température surfacique, notamment le type de revêtement au sol, le taux d'humidité du sol, la présence de nuages et les températures ayant précédées votre mesure ainsi que votre localisation, l'heure et le jour. C'est pourquoi il sera plus difficile de déterminer si vos données de températures de surface sont logiques ou pas.

Au fur et à mesure que vous vous habituerez aux relevés de températures surfaciques au cours de l'année, vous deviendrez plus familier avec les valeurs de températures surfaciques associées aux différents types de sols. Vous aurez été habitués à observer et serez capable de voir s'il y a une anomalie (une mesure qui semble bizarre comparée aux autres données) qui vous amène à remettre en question cette mesure ou cette zone.

Parfois, les mesures que vous obtiendrez pourront vous sembler incorrectes, mais en réalité, elles pourraient vous dire des choses intéressantes concernant la manière dont les surfaces se réchauffent et se refroidissent. Si on leur posait la question, la majorité des gens diraient qu'un parking en asphalte est plus chaud qu'un site recouvert d'herbe. Une école GLOBE du Michigan (USA) a trouvé exactement le contraire durant une après-midi ensoleillée du mois de mars. L'herbe était plus chaude que l'asphalte. Dans le cas présent, le temps avait été plutôt froid durant tout l'hiver. Au cours de cette journée ensoleillée, le soleil avait été capable de réchauffer l'herbe alors que l'asphalte du parking avait conservé les températures froides de l'hiver bien plus longtemps. De l'été jusqu'au début de l'automne, un parking en asphalte sera plus chaud que de l'herbe au cours d'une après-midi ensoleillée. Cependant, pendant l'hiver et jusqu'au début du printemps, l'herbe se réchauffera plus rapidement que l'asphalte sous l'action du soleil pendant une journée ensoleillé et sera donc plus chaud que le parking.

A d'autres moments, il peut ne pas y avoir d'explications scientifiques pour un relevé de températures surfaciques anormal. Par exemple, vous savez que le sol est gelé puisque vous pouvez voir de la glace. Cependant, votre TIR affiche une température de 40°C. Ceci vous amènera à vous demander si votre TIR mesure correctement, si vous avez fait une erreur lors

de la prise de mesures ou si quelque chose a été modifié sur votre site d'étude. Les scientifiques se posent les mêmes questions sur leurs propres observations. Si vous pensez que le TIR lit mal les températures, référez-vous à la section *Entretien de l'Instrument* ci-dessus. Le TIR a peut être besoin d'une nouvelle pile, la lentille peut être sale ou l'instrument peut être mal calibré.

Donc, soyez prêts à faire des découvertes intéressantes et excitantes sur les températures de notre planète !

## ***Que recherchent les scientifiques avec ces données?***

Les scientifiques GLOBE vont utiliser les relevés de températures surfaciques des élèves de deux manières différentes. Nous utiliserons les températures de surface relevées par les élèves GLOBE pour valider les algorithmes des satellites utilisés pour mesurer la température surfacique de la Terre. Les images satellites fournissent une vue synoptique du sol que les observations faites à partir du sol ne donnent pas. Comme indiqué dans la section *Protocole relatif aux Températures de Surface – Introduction*, la surface de la Terre émet de l'énergie électromagnétique en fonction de sa température. Or, les satellites mesurent cette énergie émise par la Terre après qu'elle ait traversée l'atmosphère. Les gaz à effet de serre de l'atmosphère, comme le CO<sub>2</sub> et la vapeur d'eau, absorbent une partie de l'énergie émise par la surface de la Terre et ces gaz émettent également de l'énergie suivant leur propre température ce qui induit en erreur les observations satellites de la température surfacique de la Terre. Cet effet de l'atmosphère rend difficile l'utilisation par les scientifiques des températures surfaciques mesurées par satellite. Les relevés de températures de surface fournis par les élèves GLOBE permettront de déterminer si les algorithmes (les équations) utilisés par les satellites pour déterminer les températures surfaciques prennent précisément en compte les interférences de l'atmosphère. La deuxième utilisation des données de températures de surface des élèves concerne la comparaison des relevés entre divers types de sols pour observer l'effet du type de revêtement sur la température de la Terre. Ces observations nous donneront une meilleure compréhension des causes et de l'étendue de l'effet d'îlot thermique urbain. Nous comparerons les températures surfaciques de sites recouverts d'herbe près d'écoles urbaines et rurales. La même comparaison sera faite pour tous les autres types de revêtements entre des zones urbaines et rurales.

## L'Effet d'îlot Thermique Urbain

L'effet d'îlot thermique urbain est un phénomène où le fait de passer de zones végétales à des parkings et des immeubles peut entraîner une hausse de la température de la région (Figure AT-ST-3). Le centre d'une ville peut être 5 à 10 °C plus chaud que la campagne environnante. La transpiration de la végétation – herbe et arbres – refroidit l'air. L'énergie du soleil qui atteint la surface est utilisée pour évaporer l'eau et n'est donc pas disponible pour réchauffer le sol. Inversement, les parkings, les routes et les immeubles s'assèchent au soleil et toute l'énergie solaire incidente réchauffe la surface bien plus qu'en temps normal. Vous remarquerez peut être ces différences en prenant vos mesures. (**Remarque** : L'heure et le jour peuvent influencer qui de la chaussée ou de l'herbe sera la plus chaude.)

Observez l'image de la température surfacique pour Toledo dans l'Ohio aux USA à la Figure AT-ST-4. Cette image a été prise par le satellite Landsat 7 le 1<sup>er</sup> juillet 2000 à approximativement 11h du matin, heure locale. Les zones en rouge sont chaudes et celles en bleu et mauve sont plus froides. Les zones les plus chaudes sont celles avec beaucoup de chaussées (béton et asphalte) tels que des centres commerciaux et le centre-ville de Toledo. Les zones plus froides sont les parcs, qui ont beaucoup d'arbres, et l'eau de la rivière Maumee et du Lac Erie.

## Un Exemple d'Investigation Scientifique Menée par un Etudiant

### Définir une Investigation

Ceci est une investigation simple qui peut être utilisée à l'aide d'un TIR. La classe de Méthodes de Recherches de Mikell Hedley de l'École Secondaire Centrale Catholique de Toledo en Ohio (USA) a étudié les propriétés des différents types de revêtements qui influencent la température surfacique. A l'intérieur des limites de chaque site, ils ont relevé les températures de surface en 4 points d'observations différents.

C'était une après-midi ensoleillée et la classe a décidé d'étudier l'herbe, l'asphalte, le ciment et la terre nue. Avant d'aller à l'extérieur, Mme. Hedley a demandé à ses élèves de prédire quelles zones seraient les plus chaudes et les plus froides.

**Etudiant 1** – Je sais que mon allée de garage asphaltée devient très chaude en été. Je pense que c'est parce qu'elle est noire. Donc, l'asphalte sera le plus chaud.

**Enseignant** – Les surfaces noires absorbent plus de lumière du soleil que les surfaces claires, comme le ciment. Nous verrons si tu as raison. Quoi d'autre ?

**Etudiant 2** – Les plantes libèrent de l'eau, non ? Au cours de biologie, nous avons appris que les plantes libèrent de l'eau grâce à la photosynthèse. A cause de ceci, je pense que l'herbe sera la plus froide.

Figure AT-ST-3 : Exemple de relation entre la température et le type de revêtement. Miller (1999)

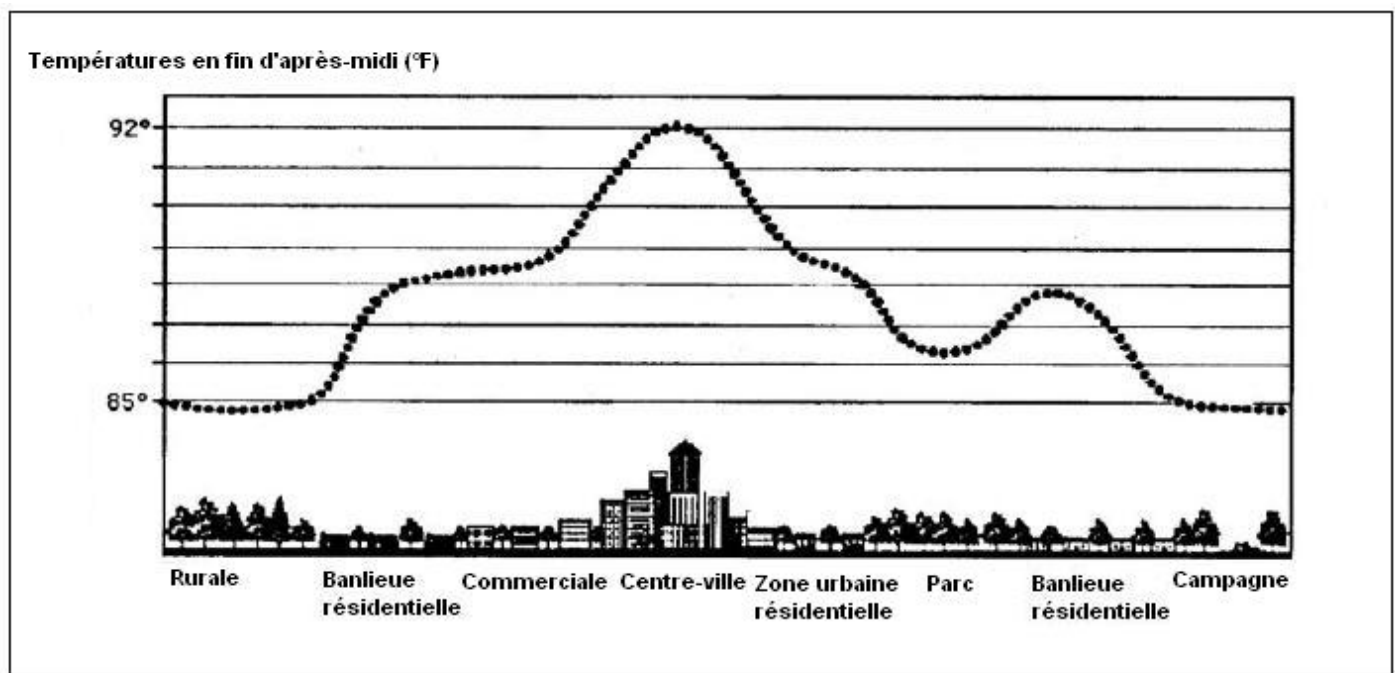
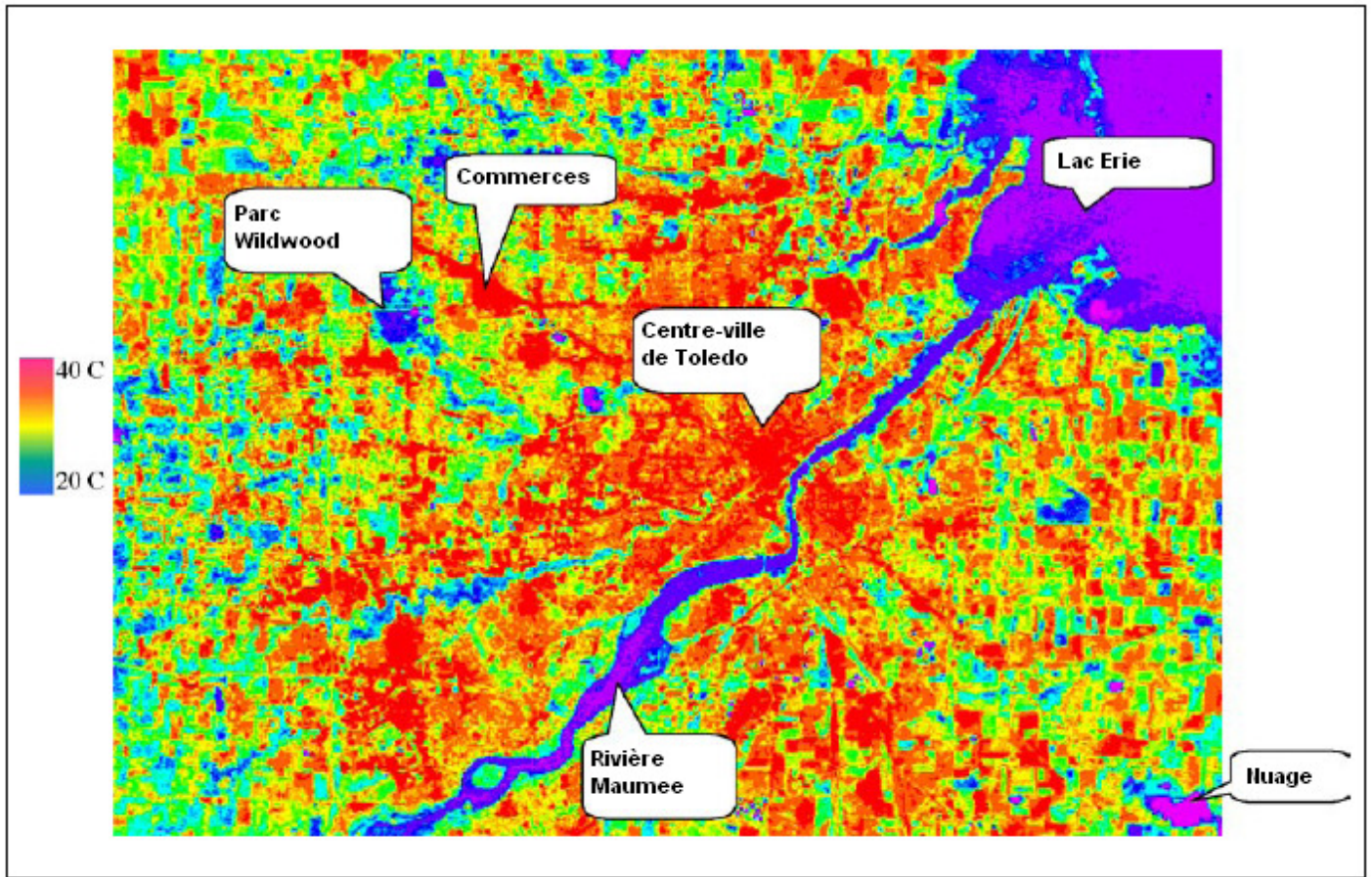


Figure AT-ST-4 : Températures Surfaiques pour Toledo, Ohio, USA



**Enseignant** – Oui, les plantes prennent de l’eau du sol et la libèrent par transpiration dans l’air. L’évaporation refroidit et par transpiration, l’eau dans la plante devient de la vapeur d’eau dans l’air.

**Etudiant 3** – L’asphalte, le béton et la terre nue sont tous massifs et denses. Je pense qu’il faudra plus de temps pour les réchauffer mais l’herbe n’est pas aussi dense, donc elle se réchauffera plus rapidement et sera la plus chaude.

**Enseignant** – Allons mesurer et vérifier vos prédictions

Le tableau AT-ST-5 présente les résultats

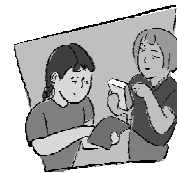
Tableau AT-ST-5 : Mesures de températures de surface (°C) sur des zones avec différents types de revêtements

Revêtement	Points d'observation			
	1	2	3	4
Herbe	27.5	30.0	28.5	29.0
Asphalte	35.5	33.5	33.5	34.0
Ciment	32.0	33.0	32.0	33.5
Terre nue	30.0	31.0	33.0	31.5

Ces données montrent que l’asphalte présentait la température la plus élevée tandis que l’herbe était la plus froide. Et donc, les prédictions des élèves 1 et 2 étaient correctes.



# Protocole relatif à l'ozone de surface



## Objectif général

Mesurer la concentration d'ozone au niveau du sol.

## Objectif spécifique

Les élèves utilisent une bande de papier qui change de couleur en présence d'ozone. Ils utilisent un lecteur pour déterminer la quantité d'ozone en « ppm » conformément à ce qui est indiqué par le changement de couleur de la bande de papier.

## Compétences

Les élèves vont apprendre à mesurer les concentrations d'ozone dans l'atmosphère au niveau du sol et à observer les évolutions de cette concentration en fonction du temps.

## Concepts scientifiques

*Sciences de la Terre et de l'Espace.*

Le temps peut être décrit par des mesures quantitatives.

Le temps varie d'un jour à l'autre et selon la saison.

Le temps varie sur des échelles spatiales locales, régionales et mondiales.

L'atmosphère est composée de divers gaz et aérosols.

Les déchets issus des communautés humaines affectent les cycles chimiques de la Terre.

*Géographie*

Les activités humaines peuvent modifier l'environnement physique.

*Phénomènes Atmosphérique*

La concentration d'ozone au niveau du sol varie en fonction du temps.

La couverture nuageuse, la température de l'air et la direction du vent affectent la concentration en ozone.

La qualité de l'air est affectée par la concentration d'ozone présent dans celui-ci.

## Compétences scientifiques

Utiliser des bandes sensibles à l'ozone et un lecteur de ces bandes pour mesurer in situ les concentrations en ozone.

Utiliser une girouette afin de trouver la direction du vent.

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Conception et conduite d'investigations scientifiques.

Utiliser l'outil mathématique pour analyser les données.

Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.

Identification et analyse des différentes hypothèses. Communiquer les résultats et les explications.

## Durée

Deux périodes de cinq minutes distantes d'une heure.

## Niveau

Tout niveau

## Fréquence

Journalière.

Les mesures commençant dans l'heure précédant ou suivant le midi local sont recommandées.

## Matériels et instruments

- Feuille de données Ozone
- Porte-bloc
- Crayon ou stylo
- Bande de test chimique dans un sac hermétique
- Un analyseur de bande
- Une station de mesure ozone
- Un dispositif pour mesurer la direction du vent
- La charte des nuages GLOBE
- L'abri à instruments météo, avec un thermomètre
- Un psychromètre ou un hygromètre numérique
- Réveil ou montre

## Préparation

Assembler et installer la station de suivi d'ozone  
Assembler ou se munir de l'appareil de mesure du vent

## Pré-requis

Le protocole relatif aux nuages

Le protocole relatif à l'humidité relative

Le protocole de température minimale, maximale ou courante OU

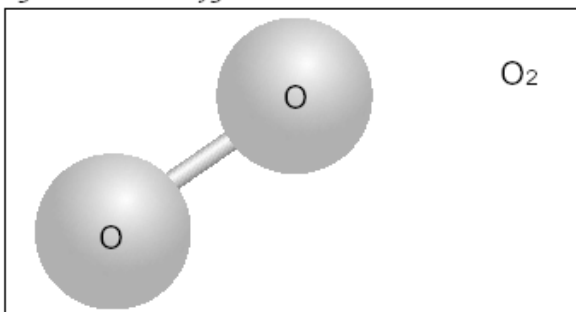
Le protocole de température numérique maximale, minimale ou courante de l'Air et du Sol, sur plusieurs jours

## Protocole ozone - Introduction

L'ozone est l'un des nombreux gaz présents dans l'atmosphère en petite quantité. Ces gaz sont appelés gaz traceurs, et jouent un rôle dans la chimie complexe qui détermine la qualité de l'air que nous respirons. Les quantités (concentrations) de ces gaz traceurs varient en fonction de l'heure de la journée, suivant les jours et suivant l'endroit. Ces variations sont dues aux variations de la quantité des autres gaz à partir desquels les gaz traceurs se forment, et des conditions telles que la température de l'air. Surveiller la concentration des gaz traceurs est primordial pour notre compréhension de la qualité de l'air et de son évolution.

La molécule d'oxygène, constituée de deux atomes d'oxygène ( $O_2$ ) (Voir Figure AT-SO-1), représente 20% de l'atmosphère terrestre. L'ozone, une molécule qui contient trois atomes d'oxygène ( $O_3$ ) (Voir Figure AT-SO-2) est présente en plus petite quantité. L'ozone de surface peut être produit lorsque certains produits chimiques sont rejetés dans l'atmosphère et que ces produits réagissent entre eux en présence de la lumière du soleil. L'ozone est un gaz traceur important puisqu'il est très réactif, ce qui signifie qu'il va facilement se coller et réagir avec toutes les surfaces, y compris les tissus vivants.

Figure AT-SO-1: Oxygen Molecule

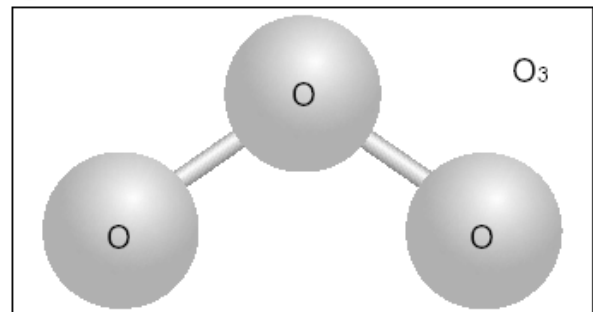


L'Ozone existe à la fois dans la stratosphère et dans la troposphère ; 90% de l'ozone se trouve dans la stratosphère ne laissant qu'une petite quantité dans la troposphère. L'ozone contenu dans la stratosphère est souvent appelé « bon ozone » parce qu'il absorbe la plupart du rayonnement ultraviolet et protège les êtres vivants sur Terre.

Au contraire, l'ozone supplémentaire qui se trouve dans la troposphère est « mauvais » et considéré comme un agent polluant. Il est le composant principal des nuages de pollution (smog) Quelquefois le terme « smog photochimique » est utilisé, ce qui est la dénomination exacte de la pollution que l'on trouve près de la plupart des régions urbaines. Ce type de « smog » est le produit de réactions chimiques dans l'atmosphère, qui ont lieu uniquement en présence de lumière.

L'ozone est souvent le gaz traceur le plus abondant dans l'atmosphère et les élèves de GLOBE peuvent le mesurer en utilisant de simples bandes de test chimiques. Collecter des données de l'ozone en surface fournira un enregistrement de la quantité d'ozone trouvée au niveau du sol dans différentes régions géographiques à différents moments. Ces données aideront les scientifiques à comprendre comment les conditions climatiques influence la concentration d'ozone dans l'air. La base de données GLOBE apportera sa précieuse contribution pour la compréhension de la façon dont l'atmosphère terrestre pourrait être en train de changer.

Figure AT-SO-2: Ozone Molecule



## Support pour l'enseignant

### La mesure

La mesure de l'ozone en surface de GLOBE est prise à l'aide d'une bande sensible chimiquement qui change de couleur en présence d'ozone. Plus il y a d'ozone, plus le changement sera visible. La bande est accrochée à la station de suivi, de préférence à moins d'une heure du midi solaire local, et est exposée dans l'air durant une heure. Elle est ensuite lue à l'aide d'un analyseur, qui le fait de manière plus précise que l'œil, ce qui renforce la valeur scientifique de ces données.

L'intensité du changement de couleur va augmenter si la bande est exposée à l'ozone pendant une durée plus longue. Ainsi, pour s'assurer que les données de GLOBE soient comparables dans le monde, le protocole spécifie que la bande ne doit être exposée que durant une heure et que l'heure à laquelle elle a été exposée et l'heure à laquelle elle a été lue soient reportées à GLOBE à la minute près.

### Placer la bande chimique

La bande chimique est exposée à l'air extérieur qui se déplace librement autour de la station de suivi. Il est très important de conserver la bande dans un sac en plastique fermé ou une poche jusqu'à ce qu'elle soit placée sur la station de suivi, puisque à partir du moment où la bande est exposée, elle commence à réagir avec l'ozone présent. Lorsque l'on place la bande, il faut éviter de toucher le réactif qui recouvre la bande afin d'empêcher toute contamination. Cependant, il n'y a aucun danger pour celui qui toucherait éventuellement la bande.

### Lire la réponse chimique

La lecture de la bande chimiquement sensible doit être complétée sur le terrain. L'équipe qui collecte les informations enregistre le niveau de la réponse sur la *feuille de données sur Ozone*.

### Déterminer le niveau de l'ozone en surface

L'analyseur portable fournit une lecture plus sensible de la couleur de la bande que ce qui peut être atteint à l'œil nu. L'analyseur est conçu pour fournir une lecture de la concentration d'ozone en unités de *parties par milliard* (ppm). La correspondance entre la couleur de la bande et la concentration moyenne d'ozone dans l'air durant le temps d'exposition requiert

l'hypothèse que l'exposition s'est faite durant une heure.

Placer la bande chimique dans la fente mince sur le dessus de l'analyseur. Maintenir le bord de la bande par le bout où sont marqués les mots « Tests Card ». Le côté chimique de la bande doit être tourné vers l'écran. Faire glisser doucement la bande dans la fente sur le dessus de l'analyseur jusqu'à ce que le bas de la bande touche la base de l'analyseur et ne peut plus y rentrer. Cela place le cercle avec le produit chimique au centre du bas de l'analyseur. Cela prendra quelques secondes pour que l'analyseur lise le changement de couleur de la bande, et identifie la concentration d'ozone en parties par milliard.

### Logistique des mesures

Le besoin d'exposer la bande d'ozone durant une heure peut poser un défi logistique. Notre approche pour régler ceci est d'exposer la bande à la même heure que les mesures quotidiennes concernant la température minimale, maximale et courante, la précipitation, l'humidité relative et les nuages, qui sont faits durant l'heure encadrant le midi solaire local. Ces mesures vont ensuite fournir une certaine disposition des nuages et une évaluation de la température courante, mesures requises pour appuyer les mesures sur l'ozone. Les élèves liront également la direction du vent au même moment.

Juste quelques minutes avant qu'une heure ne soit passée, les élèves ont besoin d'aller sur le site afin de mesurer la concentration d'ozone détecté par la bande. Au même moment, ils devront ouvrir l'abri à instruments météo et lire la température ambiante, effectuer le Protocole de la Couverture Nuageuse et le Protocole des Types de Nuages, et observer encore une fois la direction du vent. Des conditions climatiques inhabituelles qui pourraient affecter la réaction de la bande sont reportées en commentaires ou métadonnées. Les élèves qui lisent la bande d'ozone ne sont pas obligatoirement les mêmes que ceux qui l'ont exposée. Cela donne la flexibilité de pouvoir travailler en accord avec les contraintes de l'école et les emplois du temps des élèves.

Ce qui est essentiel dans cette mesure à deux temps est d'établir un emploi du temps précis afin que tous ceux qui sont impliqués sachent ce qu'ils doivent faire et quand le faire. Il faut concevoir un mode de fonctionnement de manière à ce que les

élèves sachent quand est-ce que l'heure est quasiment révolue et puissent revenir sur le site pour lire et enregistrer les données.

Les concentrations d'ozone varient souvent durant la journée. Pour construire une série importante de mesures d'ozone qui pourront être comparées dans plusieurs écoles, la première série de données que l'on veut est constituée des mesures prises pendant une durée d'une heure commençant aux alentours du midi solaire local. Cela nécessiterait très peu d'effort comme précisé plus haut. Si cet horaire ne convient pas à votre école ou si vous souhaitez effectuer plus d'une mesure par jour, vous pouvez effectuer ce protocole à d'autres moments. Ces données peuvent ne pas être affichées sur les graphiques de GLOBE concernant les relevés de milieu de journée, mais elles seront incluses sur les tables de données associées à votre école et seront disponibles sur des graphiques. L'essentiel est que la bande soit exposée durant une heure et que les nuages, la température courante et la direction du vent soient reportées à la fois pour le début et la fin de cette période.

#### **Utilisation de l'analyseur et précautions**

Un analyseur portable qui mesure l'ozone est utilisé pour évaluer le niveau d'ozone présent dans l'atmosphère. Il est important d'utiliser l'analyseur portable dans un endroit ombré avec celui-ci placé sur une surface de niveau stable. La lumière du soleil ainsi que le mouvement peuvent affecter la lecture.

Placer l'analyseur à l'intérieur de l'abri fournit le niveau de surface à l'ombre nécessaire à la mesure de l'ozone. L'instrument doit être à l'intérieur de l'abri à instruments météo de GLOBE durant cinq minutes pour lui donner le temps de se caler sur les conditions extérieures. Durant ces 5 minutes, les élèves enregistrent les données concernant la couverture nuageuse, la température et la direction du vent. Après avoir enregistré ces données, les élèves reviendront sur l'abri, allumeront l'analyseur et attendront une minute pour permettre à l'électronique interne de se stabiliser. L'analyseur va automatiquement s'éteindre. Il faut le rallumer immédiatement afin de calibrer la zone de la bande non exposée. Ces mêmes étapes doivent être répétées lorsque les élèves reviennent sur le site pour lire la bande exposée.

L'analyseur doit être ramené dans la salle de classe après avoir été étalonné par la bande non-exposée aussi bien qu'après la lecture de la bande exposée.

L'analyseur de mesure portable est un appareil solide mais des soins doivent être pris pour garantir des mesures précises.

Conservez l'analyseur à température ambiante et dans sa sacoche de protection afin de le protéger de la saleté et de la poussière lorsqu'il n'est pas utilisé.

Allez sur RESET et réinitialiser l'analyseur chaque jour au MODE 01

Lorsque l'analyseur est allumé pour calibrer la bande non-exposée ou lire la bande exposée, faites attention de ne pas toucher accidentellement ou appuyer les deux boutons sur le bord de l'analyseur. Si les boutons sont appuyés sans bande dans l'analyseur, ce dernier va répondre en essayant de sauvegarder une lecture sans bande et vous n'aurez pas de lecture précise en parties par milliard. L'analyseur devra être étalonné de nouveau avec une bande non-exposée pour réinitialiser la lecture du papier blanc.

L'analyseur de bande de test est sensible aux changements de température. Si la température externe n'est pas dans une tranche de 5°C autour de la température de la classe, l'analyseur doit rester à l'intérieur et la bande exposée doit être ramenée dans la classe afin d'être lue. Le temps nécessaire pour ramener la bande de la station de suivi jusque dans la classe n'affectera pas les concentrations d'ozone de manière significative.

Éteignez l'analyseur lorsqu'il n'est pas utilisé

Ne laissez pas tomber l'analyseur

Protégez l'électronique de l'analyseur de l'eau.

Changez les 3 piles AAA lorsque l'analyseur indique qu'elles ont une faible tension.

#### **Mesures préalables.**

Comme la chimie des gaz traceurs dans l'atmosphère dépend de la quantité de lumière présente, on demande aux élèves d'enregistrer la couverture nuageuse ainsi que le type de nuage lorsqu'ils exposent la bande et lorsqu'ils la lisent. De nombreuses réactions chimiques dépendent également de la température ; par conséquent, les élèves doivent mesurer la température courante lorsque la bande est exposée puis lue. Finalement, les quantités de gaz traceurs présents peuvent varier considérablement dépendant de ce qui se trouve à l'amont de votre site de mesure. Les élèves mesurent également la direction du vent au début et à la fin de la période d'exposition.

Ces données supplémentaires peuvent être comparées à des données collectées par d'autres écoles dans d'autres endroits. En même temps que les élèves apprennent plus sur l'air qu'ils respirent, ils doivent se demander comment des les conditions climatiques peuvent affecter la quantité d'ozone dans l'air les entourant. En comparant des données qu'ils ont collectées avec celles des élèves d'autres régions du monde est un sujet approprié pour de la recherche élève.

**Note :** Si des mesures du vent ne sont pas disponibles, il serait important d'avoir les données provenant du site de mesure le plus proche (disponible sur le WEB) pour l'analyse des données (aussi bien que pour l'analyse d'autres protocoles de mesures atmosphériques). Si les données sont tirées du WEB, ce fait doit être mentionné dans les métadonnées.

### **Préparation des élèves.**

Les élèves doivent être formés à la manière de mesurer et d'enregistrer le niveau d'ozone en surface. Il serait important pour la précision de la mesure que les élèves sachent :

1. Travailler en équipe de 2-4 élèves pour collecter, analyser et discuter des résultats.
2. Organiser tout le matériel nécessaire pour la mise en place et la prise de la mesure du niveau d'ozone en surface.
3. Suivre un emploi du temps pour revenir près de la bande de mesure 5-10 minutes avant l'heure de lecture de celle-ci afin de prendre les mesures d'appui.
4. Identifier et enregistrer l'heure de début de l'exposition de la bande chimique et lire de manière précise la bande après une heure.
5. Transporter la bande sensible chimiquement jusqu'à la station de suivi dans un sac en plastique afin de contrôler le temps d'exposition.
6. Lire et suivre les instructions du « guide pratique de l'ozone » pour placer et lire la bande.
7. Lire la température courante sur le thermomètre muni des réglages de mini. et de maxi. sans affecter ces réglages.
8. Identifier et enregistrer le type de nuage ainsi que la couverture nuageuse en utilisant le *Protocole relatif aux Nuages*

9. Enregistrer précisément et entièrement les données pour les transmettre à GLOBE, ou dans l'optique de futurs graphes et analyses.
10. Enregistrer leurs observations dans leur livret scientifique personnel GLOBE
11. Répondre dans leur livret personnel aux questions qui révèlent la nature individuelle de leur expérience d'apprentissage, partager ces réponses avec le reste de l'équipe, discuter et choisir d'ajouter les réponses comme résultat de leur discussion sans changer leur réponse d'origine.

### **Astuces Utiles**

Avoir un endroit conçu pour conserver le tableau d'affichage avec la feuille de données afin de faciliter le travail d'enregistrement des différentes équipes. Conserver les feuilles de données dans un cahier afin qu'elles ne soient pas mal placées.

De temps en temps, vérifier l'enregistrement écrit dans le Livre des Données afin de s'assurer qu'il soit complet et précis.

Quelquefois une bande chimique peut être endommagée lorsqu'elle est exposée à l'air ambiante. Si la bande chimique est mouillée, la réponse sera faussé. Mentionner M (*ou F*) pour ce jour ou cet instant. Cela indiquera que la mesure a été prise mais qu'elle a été altérée.

S'il n'y a pas de réponse sur la bande, entrer 0 afin d'indiquer que l'ozone n'est pas présent en surface.

### **Questions pour aller plus loin**

Est-ce que la quantité d'ozone que vous observez est liée à d'autres phénomènes atmosphériques ? Lesquels ? Comment ?

Comment pouvez-vous utiliser les données collectées sur une période de temps pour prédire de futurs changements dans l'atmosphère ?

Quelle est la variation journalière de l'ozone dans l'atmosphère? Et suivant les saisons ? Annuellement ?

# Exposer la bande de test pour mesurer l'ozone

Guide de laboratoire

## **But**

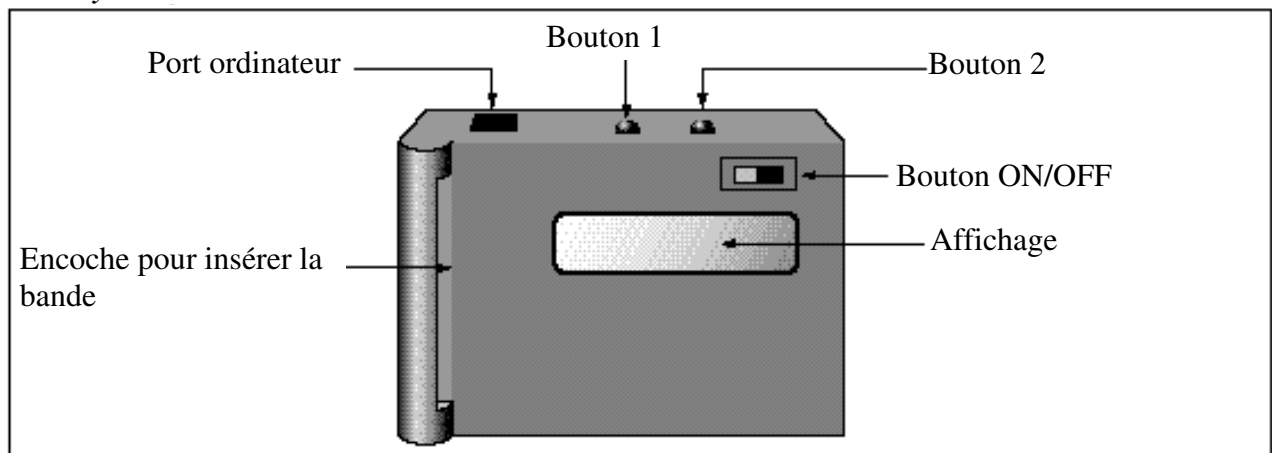
Débuter la mesure de la concentration d'ozone en surface

Enregistrer les conditions nuageuses, la direction du vent et la température courante de l'atmosphère

## **Ce dont vous avez besoin**

- Une bande de test sensible à l'ozone
- Un sac en plastique pour transporter la bande de test sur le site
- Un analyseur de bande de test
- Un porte-bloc
- Une *feuille de données OZONE*
- Un crayon ou un stylo
- Un psychromètre ou un hygromètre numérique
- La feuille de mesure de la direction du vent
- La feuille de la couverture nuageuse
- La feuille de mesure du type de nuage
- La feuille de mesure de l'humidité relative
- La charte des nuages GLOBE
- L'appareil de mesure de la direction du vent
- La clé pour l'abri à instruments météo
- Un réveil ou une montre précise à la minute près

## *l'analyseur de bande de test*



**Note :** Si vous utilisez l'hygromètre numérique pour mesurer l'humidité relative, ce dernier doit être placé dans l'abri météo au moins 30 minutes avant la calibration, la mise en place de la bande de test non exposée et le relevé de mesure.

## Sur le terrain ou dans la classe

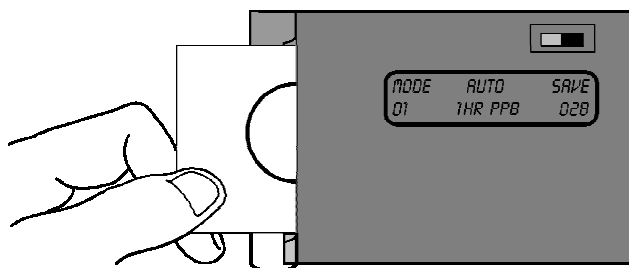
1. Remplir l'en-tête de la feuille de données OZONE
2. Ne prendre qu'une bande de test du sac en plastique
3. Enregistrer la date et l'heure de début.

### Etalonnage de l'analyseur

4. Placez l'analyseur sur une surface fixe mais hors de la lumière directe du soleil
5. Allumez l'analyseur et vous devriez voir ce qui suit sur l'écran de sortie LCD. (les anciens analyseurs peuvent afficher 170 pour le nombre que vous voyez sous SAVE et ont besoin d'être re-calibrer. Contactez le bureau d'aide GLOBE pour assistance)



6. Placez la bande non exposée dans l'analyseur avec **le côté chimique face à l'affichage**



7. Appuyez sur le bouton 1 (bouton de gauche) jusqu'à ce que vous voyiez CALIB sur l'affichage
8. Appuyez sur le bouton 2 (bouton de droite) et vous verrez 1 HR WHT = et des nombres pouvant fluctuer. Cela convient
9. Maintenez appuyés les boutons 1 et 2 simultanément pour sauvegarder l'étalonnage.
10. Eteindre l'analyseur et enlevez la bande non-exposée, éteindre l'analyseur. (Note : éteindre l'analyseur avant de retirer la bande de test permet d'éviter de changer accidentellement les réglages de l'analyseur)

## Sur le terrain

11. Placez cette bande de test sur la station de suivi. Ne jamais toucher la partie chimique de la bande. (Ce n'est pas dangereux, mais le toucher pourrait empêcher d'avoir une mesure précise.). Enregistrez l'heure.
12. Déterminez la couverture nuageuse et le type de nuage en s'appuyant sur les protocoles de la Couverture Nuageuse et de Type de Nuages
13. Mesurez et enregistrez la température courante sur le thermomètre dans l'abri météo (à 0,5°C près)
14. Enregistrez la direction du vent
15. Mesurez et enregistrez l'humidité relative en utilisant soit un psychromètre soit un hygromètre numérique.

# Lire la bande de test pour mesurer l'ozone

Guide de laboratoire

## But

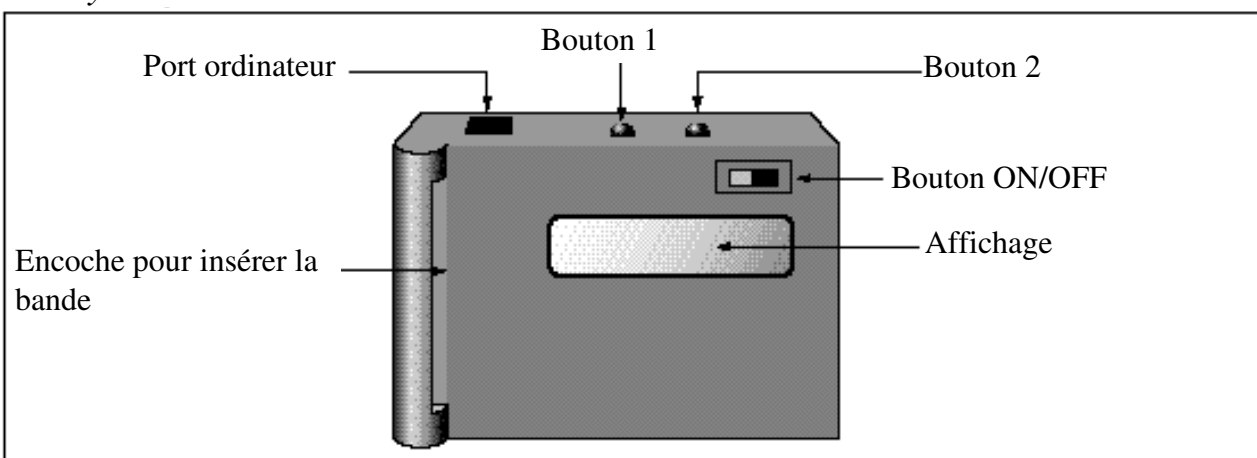
Compléter la mesure de la concentration d'ozone en surface après que la bande ait été exposée durant une heure

Enregistrer les conditions nuageuses, la direction du vent et la température courante de l'atmosphère

## Ce dont vous avez besoin

- Un analyseur de bande de test
- Un porte-bloc
- Une *feuille de données OZONE*
- Un crayon ou un stylo
- La charte des nuages GLOBE
- Un psychromètre ou un hygromètre numérique
- La feuille de la couverture nuageuse
- La feuille de mesure du type de nuage
- La feuille de mesure de la direction du vent
- la feuille de mesure de l'humidité relative
- L'appareil de mesure de la direction du vent
- La clé pour l'abri à instruments météo
- Un réveil ou une montre précise à la minute près

## *l'analyseur de bande de test*





## Sur le terrain

1. Placez l'analyseur dans l'abri météo et allumez-le. Laissez 30 secondes pour qu'il s'adapte au climat. (Ne pas toucher aux boutons à l'exception du sélecteur on/off si l'analyseur est éteint). Vous devriez voir quelque chose affiché de la sorte

<b>MODE</b>	<b>AUTO</b>	<b>SAVE</b>
<b>01</b>	<b>1HR PPB</b>	<b>133</b>

2. Enlevez la bande accrochée ; faites attention de ne pas toucher la partie chimique de celle-ci.

## Sur le terrain ou dans la salle de classe

3. Placez la bande chimique dans la fente mince sur le dessus de l'analyseur jusqu'à ce que le bas de la bande touche la base de l'analyseur et ne puisse plus y rentrer. Le côté chimique de la bande doit être tourné vers l'écran et être au centre du bas de l'analyseur.
4. La valeur lue devrait arrêter de fluctuer après 5-10 secondes. Si elle fluctue entre 2 valeurs choisissez la plus faible au bout de 10-15 secondes.
5. Enregistrez la lecture en ppm (*partie par milliard*) sur votre feuille de Données et éteignez l'analyseur. Placez la bande de test dans un sac en plastique fermé.
6. Enregistrer l'heure à laquelle vous avez lue la bande de mesure
7. Déterminez la couverture nuageuse et le type de nuage en s'appuyant sur les protocoles de la Couverture Nuageuse et de Type de Nuages
8. Lisez et enregistrez la température indiquée sur le thermomètre.
9. Déterminer et enregistrer la direction du vent
10. Mesurez et enregistrez l'humidité relative en utilisant soit un psychomètre à fronde soit un hygromètre numérique.

**Note** : Les nouveaux modèles d'analyseur s'éteignent automatiquement après quelques minutes. Si cela arrive, rallumez-le pour terminer votre travail. Il est courant pour l'analyseur d'afficher plus d'une valeur. A cause de la nature de l'électronique dans l'analyseur et le fait que la couleur sur la bande exposée soit rarement complètement uniforme, (même si cela à l'air à l'œil nu), c'est normal que la concentration affichée sur l'écran varie entre quelques valeurs et finalement commence à augmenter d'autant plus que la bande reste longtemps dans l'analyseur.

Puisque la précision de la mesure est de 10 ppm, une fluctuation de la valeur comprise entre 1 et 5 ppm est acceptable. Le but du protocole de la mesure d'ozone en surface est d'être capable de faire la différence entre les valeurs qui sont considérées comme faibles (0-20 ppm), normale (30-50 ppm) et élevées (>60 ppm).

# Mesurer la vitesse du vent

Guide de terrain

## But

Déterminer la vitesse du vent en utilisant un instrument de mesure de la vitesse du vent.

## Ce dont vous avez besoin

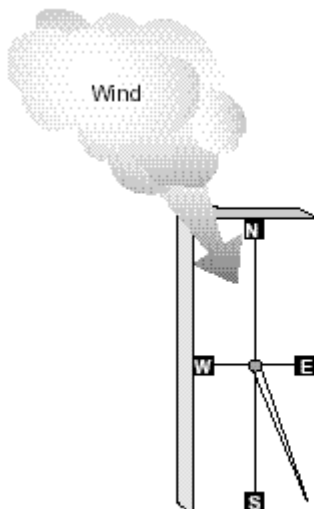
- Appareil de mesure de la direction du vent.
- Feuille de données Ozone
- Porte-bloc

## Sur le terrain

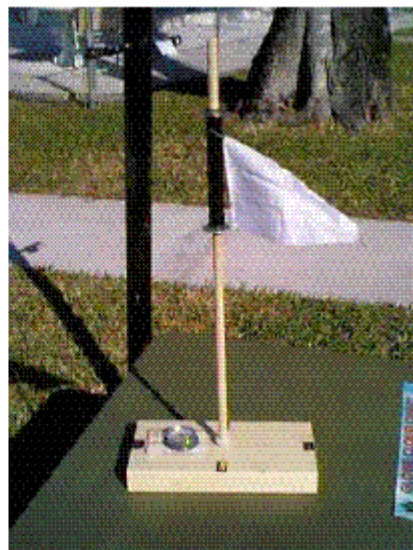
1. Placez votre appareil de mesure de la direction du vent sur une table ou un banc haut d'environ 1m.
2. Utilisez la boussole afin de trouver le nord magnétique et alignez la base du modèle marqué N afin de faire correspondre au nord vrai.
3. Regardez la voile afin de voir s'il y a du vent qui souffle
4. Mettez votre main droite sur votre hanche et tendez votre bras gauche
5. Tournez votre corps jusqu'à ce que votre main tendue pointe dans la même direction que la voile. Votre coude droit pointe alors dans la direction du vent
6. Enregistrez cette direction sur la feuille de données ozone.

Par exemple, si votre voile au vent pointe au sud, votre main tendue doit pointer vers le sud. Pour que la voile du vent pointe au sud, d'où doit provenir le vent ? du nord. Votre main tendue pointe vers la direction où va le vent, et le coude de votre main pliée pointe dans la direction d'où vient le vent. Les vents sont identifiés suivant la direction de leur provenance.

Le vent arrive du **nord-ouest**.



La voile est soufflée en direction du **sud-est**.



## Questions fréquentes

### **1. Que faire si la bande de test ne change pas de couleur après une heure ?**

S'il n'y a pas de changement de couleur, entrer 0 sur la feuille de données parce que cela signifie qu'il y a peu ou pas d'ozone, présent en surface.

### **2. Que faire si la bande de test est mouillée à cause de la pluie ou de la neige et que la couleur est disparate, ou que la surface n'est pas entièrement colorée ?**

Votre bande d'ozone est contaminée ou gâchée ce qui signifie que les données ne sont pas précises. Reporter les données sous la lettre M sur le serveur de données de GLOBE. Notez en commentaires les conditions climatiques qui pourraient avoir affectées vos résultats. Mesurez quand même la température courante, la couverture nuageuse et enregistrez les.

### **3. Nous ne sommes pas à l'école durant le week-end, comment pouvons-nous collecter les données ?**

La persévérance dans la collection des données est importante, ainsi, travaillez avec votre équipe de GLOBE afin de désigner un volontaire pour amener un ou deux élèves sur le site d'Études Atmosphériques pendant les week-ends et les vacances si possible. Les données des jours d'école uniquement sont toujours précieuses, mais pour quelques écoles, les week-ends présenteront toujours systématiquement des niveaux d'ozone différents.

### **4. Est-ce que le disque en plastique et la bande peuvent être placés sur la station climatique ?**

Non, ils doivent être placés sur différents postes.

### **5. Pourquoi est-il important de prendre la température juste après avoir enregistré le niveau d'ozone ?**

La bande continuera à réagir avec les gaz de l'air. Ainsi, il est important de prendre le niveau d'ozone et ensuite la température.

### **6. Pourquoi est-il important d'enregistrer la direction du vent, le type et la couverture nuageuse, ainsi que la température courante avant d'étalonner une bande non-exposée ou de lire une bande exposée ?**

L'analyseur a besoin de temps pour s'ajuster aux conditions extérieures. Si vous revenez à la station de suivi 5-8 minutes avant l'heure à

laquelle vous devez lire la bande exposée, vous pouvez placer l'analyseur dans l'abri à instruments météo, et enregistrer la couverture nuageuse ainsi que son type, la direction du vent et la température courante pendant que l'analyseur s'ajuste aux conditions extérieures. Rappelez-vous que la bande va continuer à réagir en réponse aux gaz présents dans l'air et c'est important de lire la réponse de la bande une heure après qu'elle ait été placée.

### **7. Quels sont les problèmes souvent rencontrés lors de l'utilisation de l'analyseur de la bande de test et comment puis-je les surmonter ?**

*Problème 1 : Je ne sais pas si mon analyseur est étalonné correctement*

Pour vérifier l'étalonnage de l'analyseur, allumez d'abord l'analyseur et réinitialisez-le.

Allez sur CALIB et placez une bande non-exposée dans l'analyseur. Appuyez sur le bouton droit (bouton numéro 2) et laissez l'analyseur lire la bande non-exposée pendant une minute. Enregistrer parmi les valeurs lues, la valeur la plus basse et la plus élevée. Une plage trop grande (>5ppm) entre la valeur la plus basse et la plus élevée ou une valeur lue supérieure à 180 indique que l'analyseur a rencontré des difficultés. Contactez le vendeur et retournez l'analyseur afin qu'il soit réparé.

*Problème 2 : La lecture sous « SAVE » est une plage de valeurs faibles fluctuantes.*

L'analyseur a été calibré sans bande non-exposée. Appuyez sur le bouton gauche (bouton numéro 1) jusqu'à ce que l'écran LCD affiche CALIB. Placez une bande non-exposée dans l'analyseur, appuyez sur le bouton de droite (bouton numéro 2) et ensuite maintenez appuyés les deux boutons simultanément pour réinitialiser l'étalonnage pour une bande non-exposée. L'analyseur devrait alors afficher SAVE 170.

*Problème 3 : l'écran LCD affiche 8HR PPM ou AQI lorsque l'analyseur est allumé.*

Si les réglages ont été changés la valeur lue sous SAVE sera aussi différente. Quelqu'un a changé la catégorie de réglages dans l'analyseur. Appuyez sur le bouton de gauche (bouton numéro 1) jusqu'à ce que l'écran LCD affiche SETTINGS. Appuyez sur le bouton droit (bouton numéro 2) et vous verrez DRATION = 8HR. Appuyez sur le bouton droit jusqu'à ce que vous voyiez DRATION = 1HR. Appuyez sur le bouton gauche et sera affiché MEASURE=AQI.

Appuyez sur le bouton droit pour le faire défiler jusqu'à MEASURE=PPM et appuyez sur le bouton de gauche. Ensuite appuyez sur les deux boutons simultanément pour sauvegarder les réglages et revenir à l'écran de départ. Il devrait afficher :

<b>MODE</b>	<b>AUTO</b>	<b>SAVE</b>
<b>01</b>	<b>1HR PPB</b>	<b>170</b>

## Mesure de l'ozone en surface – Analyse des données.

### *Les données sont-elles cohérentes ?*

La valeur moyenne des mesures de l'ozone en surface peut varier de quasiment 0ppm à plus de 150ppm (et même 200ppm dans des régions extrêmement polluées). Des recherches ont montré que différentes régions sont sujettes à différents niveaux d'ozone dépendant de la période dans l'année, de la situation géographique, et du niveau d'oxyde d'hydrocarbures et d'azote dans l'air, sachant qu'ils sont les précurseurs nécessaires pour produire de l'ozone à la surface de la Terre.

Les élèves qui prennent des mesures journalières sur plusieurs semaines devraient observer des variations du niveau d'ozone. Souvent, il y a une accumulation graduelle sur plusieurs jours et soudainement la concentration chute sur une plus petite période. Les élèves doivent relever soigneusement la direction du vent et la température sur cette période de plusieurs semaines en même temps que le passage des fronts climatiques.

Est-ce que le vent a changé de direction ? Y a-t-il des jours où il y a eu un ciel extrêmement couvert et que les niveaux d'ozone soient inhabituellement bas ? Sur une plus grande échelle de temps, comment varient les mesures d'ozone en surface selon les saisons et d'une année à l'autre ? Acquérir de l'expérience concernant les variations de la concentration d'ozone sur votre site est le meilleur moyen de juger si des mesures individuelles sont cohérentes.

Même si la concentration d'ozone en surface peut-être assez variable, quelques corrélations peuvent habituellement être appliquées. La lumière du soleil provoque quelques réactions chimiques dans l'atmosphère qui mènent à la formation de l'ozone. De ce fait, il est normal de s'attendre à une concentration d'ozone en surface plus élevée en été qu'en hiver. Dans les basses latitudes où la quantité de lumière est relativement constante (et élevée) tout au long de l'année, on trouve les valeurs de concentration les plus élevées s'il y a une source saisonnière de précurseurs nécessaires à la génération d'ozone. Donc, dans beaucoup de régions tropicales, les niveaux de concentration d'ozone en surface

vont probablement augmenter s'il y a un instant privilégié dans l'année où a lieu la combustion de biomasse. Ce caractère saisonnier peut être lié à la saison sèche, puisqu'il est plus facile de brûler la végétation si elle a séché pendant une période de plusieurs semaines.

Sur de plus petites échelles de temps, une couverture nuageuse importante et de faibles concentrations d'ozone au niveau du sol sont souvent obtenues en même temps. Il est peu probable que l'on trouve une concentration élevée s'il pleut. Lorsqu'il y a peu ou pas de vent, les concentrations locales des produits chimiques qui mènent à la formation de l'ozone peuvent s'accumuler. Dans de telles conditions, l'ozone formé localement n'est pas emporté et n'est pas dilué avec l'air provenant de plus haut dans la troposphère où les concentrations d'ozone sont généralement plus faibles. Le processus chimique menant à la production d'ozone à lieu plus rapidement dans des conditions plus tièdes.

### **Que cherche-t-on dans ces données ?**

*Données mensuelles collectées à des instants fixés.*

Une méthode de collecter les données est de mesurer la concentration d'ozone tous les jours pendant une durée spécifique, normalement pour au moins un mois, et avec un peu de chance, plus longtemps. Un exemple d'enregistrement sur un mois est présenté dans le tableau AT-SO-1.

C'est un jeu de données typique qui seraient collectées par les élèves chaque jour à la même heure. Tracer la concentration d'ozone en fonction de la température ne montre pas de corrélation forte entre les deux. Par exemple, le jour le plus chaud (1/11) ainsi que le jour le plus froid (23/11) ont tous deux les valeurs les plus fortes relevées (55 et 46 ppm). Cependant, les concentrations ont généralement tendance à être faibles lorsque la température décroît. Du 10 au 25 la température est en dessous de 20°C et la moyenne de la concentration d'ozone est de 15ppm. Lorsque les températures sont supérieures à 20°C et qu'il ne pleut pas, la concentration moyenne est de 38 ppm, plus de deux fois plus élevée que lorsqu'il fait relativement plus frais. L'autre facteur important dans cette analyse est la direction du vent. Lorsque le vent est du sud ou du sud-ouest, la concentration moyenne est de 41ppm. Pour ce jeu de données particulier, la direction du vent apparaît comme le premier facteur qui indique de plus fortes concentrations

Les raisons de cette découverte peuvent tout aussi bien être simples que complexes. Par exemple, s'il y a une grande région urbaine avoisinante et que le vent provient du sud, êtes-vous à l'aval d'une grande source de pollution ? Un tel effet est souvent observé dans la cuvette de Los Angeles où les plus fortes concentrations d'ozone se trouvent en premier lieu dans les régions de la banlieue en aval de la zone métropolitaine.

Une autre raison peut-être due au placement de la zone de suivi de l'ozone. Par exemple, s'il y a un terrain dégagé au sud et une région forestière au nord. L'ozone est détruit lorsqu'il entre en contact avec les feuilles d'un arbre ; ainsi, de l'air amené du nord peut dans ce cas diminuer la quantité d'ozone observée sur le site de surveillance. Dans cette exemple-ci, les métadonnées sont extrêmement importantes pour l'interprétation des données.

**Un exemple d'une recherche d'un élève.**

**Formuler une hypothèse.**

Un élève de l'école Heart of Mary en Alabama a décidé de porter son attention sur les interconnexions entre les conditions atmosphériques et les niveaux d'ozone observés. Elle a décidé de débiter son processus de recherche en s'intéressant à des graphiques de mesures de niveau d'ozone et de température courante durant le mois d'avril. Son hypothèse initiale était que le niveau d'ozone produit en surface était directement lié à la température courante.

Table AT-SO-1 **Heart of Mary School—ppb Ozone and Metadata**

Date	ppb	Ending Temp	End Time	Cloud Type	Cloud Cover	Wind Direction (beginning/ending)	Notes
11/1/00	55	28	12:50	Cirrostratus, Cumulonimbus	Broken	SW/SW	
11/7/00	19	26	12:30	Stratocumulus	Overcast	SW/SW	Heavy rain
11/8/00	12	26	12:25	Stratocumulus	Overcast	SE/SE	Light rain
11/9/00	35	24	12:25	None	No clouds	NW/NW	
11/10/00	13	14	12:15	None	No clouds	NW/NW	
11/11/00	15	16	12:25	None	No clouds	W/NW	
11/14/00	22	14	12:30	Cirrus	Scattered	NW/NW	
11/15/00	16	14	12:30	Cirrostratus	Scattered	NW/NW	
11/17/00	13	5	12:30	Cirrostratus	Overcast	NW/NW	31 mm of rain
11/20/00	14	14	12:40	None	No clouds	NW/NW	
11/21/00	13	9	12:25	None	No clouds	NW/NW	
11/22/00	16	12	12:45	Cirrostratus	Clear	NW/NW	
11/23/00	46	6	12:15	Nimbostratus	Overcast	S/S	
11/25/00	16	15	1:00	Nimbostratus	Overcast	W/W	
11/27/00	31	21	12:30	None	No clouds	SW/SW	
11/28/00	30	20	12:40	Cirrus	Overcast	SW/SW	
11/29/00	40	21	12:30	Cumulus	Clear	W/W	

Broken : éparse  
 Overcast : couvert  
 Clear : dégagé

### Collecter et Analyser des données

Mesurer la quantité d’ozone en surface est un nouveau protocole, mais son école possède des données sur plusieurs mois, collectées durant la réalisation du nouveau protocole. Elle décide d’identifier un mois qui commence à montrer des niveaux d’ozone qui augmentent afin de commencer son analyse. Il y a un site de Surveillance de la Qualité de l’Air près de son école, qui a été lancé depuis mars, donc elle a accès aux niveaux d’ozone mesurés par les équipements professionnels pour être sûre que les données qu’elle récolte soient de bonne qualité. Elle trouve que ses données s’écartent dans une fourchette de +/- 10ppm par rapport aux valeurs professionnelles. Ses données sont clairement assez précises pour son projet.

Elle commence par organiser un tableau représentant ses mesures d’ozone, sa température de fin, le type de nuages et la couverture nuageuse, ainsi que la direction du vent au début et à la fin les jours où les informations ont été enregistrées.

Elle génère une représentation graphique des mesures de l’ozone et considère que les mesures égales ou inférieures à 39ppm sont des faibles niveaux d’ozone alors que les mesures de 60ppm et plus sont considérées comme relativement élevées. Elle tient donc les mesures d’ozone et de température. Voir figure AT-SO-3.

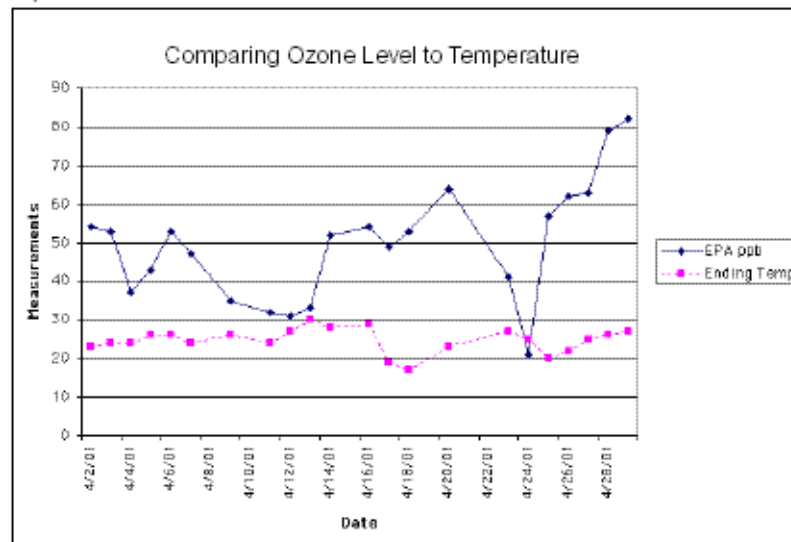
### Heart of Mary School Ozone Measurement Levels and Metadata

Table AT-SO-2

Taken at 17:30 UT Time

Date	ppb	Ending Temp	Cloud Type	Cloud Cover	Wind Direction (beginning/ending)
4/2/01	54	23	Cirrus	Broken	SW/SW
4/3/01	53	24	Stratocumulus	Broken	NW/NW
4/4/01	37	24	Stratocumulus	Overcast	NW/NW
4/5/01	43	26	Cirrostratus	Broken	NW/NW
4/6/01	53	26	Cirrostratus	Broken	N/N
4/7/01	47	24	Cirrostratus	Broken	NE/NE
4/9/01	35	26	Cumulus	Broken	SW/SW
4/11/01	32	24	Altostratus	Broken	SW/SW
4/12/01	31	27	Cirrus	Scattered	SW/SW
4/13/01	33	30	Altostratus, Cumulus	Broken	SW/SW
4/14/01	52	28	Cirrostratus, Cumulus	Broken	W/W
4/16/01	54	29	Altostratus, Cirrocumulus	Clear	NW/NW
4/17/01	49	19	None	Clear	N/N
4/18/01	53	17	None	Clear	N/N
4/20/01	64	23	None	Clear	S/SW
4/23/01	41	27	None	Clear	SW/SW
4/24/01	21	25	Cumululonimbus, Stratocumulus	Overcast	SW/SW
4/25/01	57	20	None	Clear	NW/NW
4/26/01	62	22	None	Clear	N/N
4/27/01	63	25	None	Clear	NW/NW
4/28/01	79	26	None	Clear	W/SE
4/29/01	82	27	Cirrus, Altostratus, Cirrocumulus	Broken	W/SE

Figure AT-SO-3



Lorsqu'elle regarde de nouveaux ses données, elle se rend compte qu'il y a un schéma sur quelques jours, lorsque la température augmente, le niveau d'ozone augmente et lorsqu'elle diminue, le niveau d'ozone décroît. Cependant, il y a des jours où la température était tout aussi élevée mais le niveau d'ozone a chuté de manière spectaculaire.

Elle sait que ses données sont cohérentes lorsqu'elle les compare avec les données professionnelles, et se demande si elle réorganise ses données en fonction de la température, sera-t-elle capable d'identifier rapidement les jours avec la même température, mais des niveaux d'ozone différents ? Cela pourrait lui permettre d'identifier d'autres facteurs qui influenceraient la quantité d'ozone produite. Voir Tableau AT-SO4

Elle se rend compte qu'avec des conditions dégagées et une augmentation de la température, le niveau d'ozone est plus élevé sauf pour un jour. Elle observe également que la présence de nuages influence le niveau d'ozone observé quelle que soit la température, et que sur les jours qui ont approximativement la même température, ceux dont le ciel était couvert ont des niveaux d'ozone plus faibles. Le schéma général qui consiste en une augmentation des températures avec des nuages éparses provoque encore une augmentation du niveau d'ozone produit sauf pour quelques jours où la température était élevée, avec peu de nuages, mais que le niveau d'ozone était plus faible que ceux de jours similaires. La direction du vent était différente, ce qui indique peut-être que la direction du vent influence le niveau d'ozone. Les directions du vent au début et à la fin des

périodes d'observation sont généralement les mêmes durant ce mois, sauf les deux points des données relevés le 28 et le 29 Avril.

#### *Poursuivre l'analyse*

Les élèves peuvent avancer d'un pas et déterminer le rapport entre les jours où les niveaux d'ozone sont relevés et les schémas concernant ces niveaux d'ozone. Les élèves seraient capables de déterminer si le nombre de jours à fort taux d'ozone augmente ou diminue chaque mois. Les catégories mises en place pour calculer les rapports pourraient être : *faibles niveaux* inférieur ou égal à 39 ppm, 40-49ppm, 50-59ppm, 60-69ppm, 70-79ppm, et 80 ppm ou plus. L'échantillon de données suivant de mars à juin démontre comment les rapports peuvent être utilisés afin d'analyser les schémas mensuels. Voir Tableau AT-SO-4.

Un simple coup d'œil et l'élève peut visualiser les modèles qui se développent entre mars et juin et également reconnaître l'impact de données incohérentes sur leur capacité à analyser précisément les changements qui ont lieu au cours du temps.

Ils peuvent mettre ceci en relation avec les problèmes que rencontrent les scientifiques avec des enregistrement incomplets. Elle va observer qu'il y a des jours uniformes avec des niveaux d'ozone faibles, mais elle peut voir que le niveau d'ozone augmente chaque mois. En se rendant compte que juin est un mois incomplet dans les relevés de données, elle pourrait se demander dans quelle mesure les données manquantes vont influencer des conclusions qui pourraient être tirées au vue des données de juin.



Table AT-SO-3 **Heart of Mary School Ozone Measurements April 2001**

Temp.	ppb ozone	Cloud Type	Cloud Cover	Wind Direction
17	53	none	Clear	N/N
19	49	none	Clear	N/N
20	57	none	Clear	NW/NW
22	62	none	Clear	N/N
23	64	none	Clear	S/SW
23	54	Cirrus	Broken	SW/SW
24	53	Stratocumulus	Broken	NW/NW
24	47	Cirrostratus	Broken	NE/NE
24	37	Stratocumulus	Overcast	NW/NW
24	32	Altostratus	Broken	SW/SW
25	63	none	Clear	NW/NW
25	21	Cumululonimbus, Stratocumulus	Overcast	SW/SW
26	79	none	Clear	W/SE
26	53	Cirrostratus	Broken	N/N
26	43	Cirrostratus	Broken	NW/NW
26	35	Cumulus	Broken	SW/SW
27	82	Cirrus, Altostratus, Cirrocumulus	Broken	W/SE
27	41	none	Clear	SW/SW
27	31	Cirrus	Scattered	SW/SW
28	52	Cirrostratus, Cumulus	Broken	W/W
29	54	Altostratus, Cirrocumulus	Clear	NW/NW
30	33	Altostratus, Cumulus	Broken	SW/SW

En examinant les pourcentages pour chaque catégorie de niveau d'ozone, elle verra l'augmentation continue dans ces niveaux et identifiera l'évolution générale de ceux-ci pour une période de temps donnée. Voir le tableau AT-SO-5. L'enregistrement de juin montre un trou dans les données, ce qui rend difficile l'élaboration de conclusions précises.

***Une recherche future/perspective.***

Une autre question soulevée par l'élève porte sur sa capacité à établir des modèles d'évolution de niveaux d'ozone sur un mois. Elle se demande si elle calcule la température ainsi que la moyenne d'ozone, pour les quatre mois, si les moyennes vont refléter l'augmentation continue ou la diminution des valeurs de concentration d'ozone mesurées. Est-ce qu'une moyenne calculée pour chaque mois de l'année fournit des

renseignements sur les schémas concernant les niveaux d'ozone ? Comment les schémas d'évolution des niveaux d'ozone sont-ils liés aux changements des saisons tout au long de l'année ?

Identifier le schéma d'évolution de l'ozone sur chaque région fournira un aperçu des conditions atmosphériques qui influencent les niveaux d'ozone. Explorer la relation entre les lois dictant la direction du vent et les niveaux d'ozone mesurés présente un défi différent, mais peut-être vraiment passionnant. En utilisant la base de données de GLOBE, l'élève peut choisir une autre école dans une ville située approximativement à la même latitude mais dans une zone géographique différente afin de déterminer quelles sont les autres facteurs qui pourraient influencer le niveau d'ozone produit en surface.

**Heart of Mary School-Observed Ozone Levels (ppb)  
March through June**

Table AT-50-4

Grouped by Category (level) of Ozone Concentration

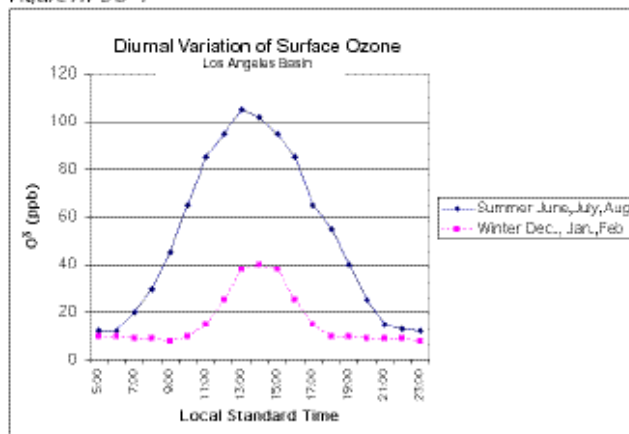
	March		April		May		June	
	17		21		35		28	
	24		31		37		25	
	33		32		45		26	
	33		33		46		30	
	34		35		49		31	
	36		37		50		40	
	36		41		54		55	
	40		43		56		67	
	41		47		56		70	
	41		49		57		76	
	42		52		57		78	
	44		53		58		87	
	44		53		58		87	
	45		53		59		88	
	47		54		60		95	
	47		54		62			
	48		57		63			
	50		62		66			
	56		63		66			
	60		64		69			
	74		79		71			
	74		82		74			
					74			
					74			
					86			
<b>Days</b>	<b>22</b>		<b>22</b>		<b>25</b>		<b>15</b>	

Table AT-50-5

**Ratio of Ozone Levels for Four Months**

Month	March		April		May		June	
<b>Total Number of Days with Ozone Measurements</b>	<b>22</b>		<b>22</b>		<b>25</b>		<b>15</b>	
<b>Category</b>	<b>Ratio</b>	<b>%</b>	<b>Ratio</b>	<b>%</b>	<b>Ratio</b>	<b>%</b>	<b>Ratio</b>	<b>%</b>
< 40 ppb	7:22	32%	6:22	27%	2:25	8%	5:15	34%
40 – 49 ppb	10:22	45%	4:22	18%	3:25	12%	1:15	7%
50 – 59 ppb	2:22	9%	7:22	32%	9:25	36%	1:15	7%
60 – 69 ppb	1:22	5%	3:22	16%	6:25	24%	1:15	7%
70 – 79 ppb	2:22	9%	1:22	5%	4:25	16%	3:15	20%
> 80 ppb	0:22	0%	1:22	5%	1:25	4%	4:15	27%

Figure AT-SO-4



Formuler et aborder des questions supplémentaires est plus facile lorsque les écoles de GLOBE rendent systématiquement compte de leurs données.

Comme démontré dans cette étude, les données manquantes font que cela est difficile de surveiller comment l’atmosphère change au cours du temps.

**Etude de la variation diurne de la quantité d’ozone en surface et validation de données**

Les élèves pourraient également avoir envie d’enquêter la variation diurne d’ozone au niveau du sol. Un jeu de données typique sur l’ozone diurne est présenté sur la figure AT-SO-4 pour la cuvette de Los Angeles. Les deux courbes représentent les concentrations estivale (en pointillé) et hivernale (en ligne pleine) représentées en fonction de l’heure locale. De la différence d’amplitude entre deux courbes, il est facile de voir pourquoi la série données collectées par les élèves serait plus probablement intéressant durant l’été, la fin du printemps ou le début de l’automne plutôt qu’au milieu de l’hiver lorsque des concentrations plus faibles d’ozone et peu de variations sont attendues.

Le tableau AT-SO-6 résume deux jours de mesures d’ozone au niveau du sol prises pendant les moments où les élèves seraient disponibles pour prendre de telles mesures.

Ce jeu de données particulier a été obtenu sur un site de surveillance opérationnel de l’EPA afin que les mesures des élèves puissent être comparées directement avec les mesures utilisant une station de surveillance de l’ozone qui coûte des milliers de dollars. Il s’agit d’une comparaison qui a permis à GLOBE de déterminer la qualité des performances de son système de mesure sur le terrain.

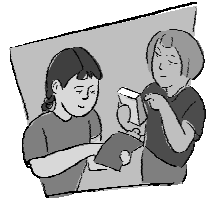
Le but du protocole de l’ozone au niveau du sol est d’obtenir des concentrations d’ozone avec une précision de 10 ppm ou mieux. Des données présentées dans le tableau AT-SO-6, on peut voir que la précision cible a été atteinte dans cet essai. Sur les deux jours, le système Zikua a donné des concentrations plus élevées dans l’après-midi bien que la différence diurne était plus grande le deuxième jour. La station de suivi EPA a confirmé le comportement diurne et a également mesuré une plus grande différence entre l’après-midi et le matin du 30.

Ainsi, une autre vérification sur fiabilité des données obtenues en un jour est de les comparer avec les données obtenues par d’autres écoles GLOBE avoisinantes ou à d’autres sources de données sur l’ozone. Y a-il une explication cohérente concernant les différences que vous voyez ?

Table AT-SO-6

Date	Start Time	GLOBE Reading (ppb)	EPA Reading (ppB)
8/29/00	10:00	22	25
	12:00	28	31
	13:00	33	35
	14:00	31	39
	15:00	34	44
8/30/00	10:00	18	10
	11:00	23	25
	12:00	29	31
	13:00	35	38
	14:00	43	53
	15:00	60	59

# Protocole AWS de WeatherNet



## Objectif général

Participation d'une école au programme WeatherNet de AWS pour le transfert de données vers GLOBE à l'aide d'AWS.

## Objectif spécifique

Les écoles de GLOBE participant au programme WeatherNet d'AWS s'arrangent pour que leurs données soient transférées automatiquement sur GLOBE. Un emplacement de GLOBE spécialement prévu pour l'étude de l'atmosphère a été mis en place pour les écoles utilisant la station météo AWS. Cet emplacement active un transfert automatique des données de l'école sur sa base de données GLOBE.

## Compétences

Les étudiants peuvent voir évoluer les données de leur école de manière continue, elles varient même à l'échelle d'une journée. Les données collectées comprennent la vitesse et la direction du vent ainsi que la pression et permettent ainsi une étude météorologique plus complète. Les étudiants poursuivent ainsi une série d'études plus importante.

## Concepts scientifiques et compétences scientifiques

Les *concepts scientifiques* et les *Compétences scientifiques* sont obtenus par l'analyse des données scientifiques collectées par la station météo. Référez vous aux sections *Regardez vos Données* du protocole qui correspondent aux mesures effectuées par votre station météo pour

obtenir de l'aide sur la façon d'améliorer vos analyses de données. Consultez les listes de *Concepts scientifiques* et *Capacités à mener une recherche scientifique* qui sont dans les boîtes grises des protocoles pour savoir quels sont les *Concepts scientifiques* et *Compétences scientifiques* qui seront obtenus à l'issue de l'étude.

## Durée

Environ 15 minutes.

## Niveau

Tous niveaux.

## Fréquence

Une fois.

## Matériel et instruments

-Une station météo connectée au réseau WeatherNet de AWS.

-*La feuille de définition du site d'étude de l'Atmosphère.*

## Préparation

Etablir le système WeatherNet de AWS et obtenir l'identifiant de l'école.

## Pré requis

Aucun.

## Réseau AWS de stations météo automatiques.

L'usage de stations automatiques qui enregistrent les données permet aux étudiants d'effectuer des mesures environnementales plus fréquemment que s'ils les faisaient à la main. Les gros volumes de données qui peuvent être collectées à des intervalles de temps réguliers permettent aux étudiants l'étude de phénomènes météorologiques qui sont susceptibles de varier rapidement, et qui ne peuvent donc être surveillés à l'aide de mesures effectuées sur de plus longues périodes.

Un réseau de stations météo automatiques, situées tout autour du monde, qui collecte et reporte les données sur une base de données centrale, constituerait une ressource importante pour l'étude des modèles météorologiques mondiaux ainsi que pour suivre les systèmes météorologiques. L'entreprise AWS Convergence Technologies assure un large réseau privé de stations météo. Le programme WeatherNet pour l'Education ([www.weathernetclassroom.com](http://www.weathernetclassroom.com)) est une extension de ce réseau qui implique les écoles et collèges dans l'étude de la météorologie et qui fournit des outils éducatifs qui aident à cette étude.

## Support pour l'enseignant

### Relations entre GLOBE et WeatherNet de AWS.

Le programme WeatherNet d'AWS permet aux écoles d'utiliser des stations météorologiques pour collecter et rapporter des données atmosphériques. Depuis que les fonctions du programme WeatherNet d'AWS sont en relation avec GLOBE, il est possible pour une école de participer aux deux programmes simultanément. Une école de GLOBE qui participe au programme WeatherNet d'AWS peut obtenir que les données que lui collecte AWS soient transférées automatiquement sur la base de données de GLOBE.

Pour y parvenir, l'école doit définir un emplacement GLOBE spécial d'étude de l'atmosphère pour sa station météo AWS. Une fois cette définition de l'emplacement complétée, les données que l'école rapporte sur AWS seront automatiquement transférées sur la base de données de GLOBE. Il est conseillé à l'école de continuer à effectuer des mesures autres que celles d'AWS et de les reporter sur la base de données de GLOBE.

### Définir un site d'étude de l'Atmosphère pour une station météo AWS.

Pour définir un emplacement GLOBE pour les données AWS, vous aurez besoin de remplir une *Feuille de Définition site d'étude Atmosphérique* pour votre station météo AWS. En plus des informations standard associées à un emplacement GLOBE d'étude de l'atmosphère qui sont contenues sur la feuille de *définition de cet emplacement*, vous ajouterez l'identifiant AWS de votre école.

Une fois la *feuille de définition de site d'étude AWS* remplie, l'emplacement doit être défini en ligne en utilisant la page de définition de *l'emplacement Atmosphère* disponible dans la section *Atmosphère* de la page *Entrez vos données* du site internet de GLOBE. Sur cette page vous aurez besoin de suivre des instructions spéciales pour enregistrer votre site comme une station WeatherNet d'AWS. Cela inclut de sélectionner un thermomètre de type 'station WeatherNet de AWS' et de reporter votre identifiant AWS sur GLOBE.

# Protocole relatif à la station météorologique Davis



## Objectif général

Acquérir les données atmosphériques, en utilisant une station météorologique Davis.

## Objectif spécifique

Une station météorologique est installée pour mesurer et enregistrer les données atmosphériques à 15 minutes d'intervalle. Ces mesures sont transférées vers l'ordinateur de votre école puis soumises à GLOBE via le courriel.

## Compétences

Les élèves peuvent voir les données de leur école de façon continue ainsi que leurs variations durant la journée. Les données collectées incluent la vitesse et la direction du vent, ainsi que la pression atmosphérique, contribuant ainsi à une étude météorologique plus complète par le programme Globe.

### *Concepts scientifiques*

#### *Science de la Terre et de l'Espace*

Le temps peut être décrit par des mesures quantitatives.

Le temps varie d'un jour à l'autre et selon la saison.

Le temps varie sur des échelles spatiales locales, régionales et mondiales.

#### *Géographie*

Les variations locales de température affectent la caractérisation de la géographie physique de la terre.

### *Compétences scientifiques*

La capacité à mener une recherche scientifique est suscitée par l'analyse des données collectées avec la station météorologique.

Reportez-vous aux sections des protocoles "Vérifier vos données" qui correspondent aux mesures prises avec votre station météorologique pour les conseils sur la réalisation des analyses de données.

Se reporter aux Compétences scientifiques décrites dans les encarts grisés de ces protocoles pour voir quelles capacités seront renforcées.

## Durée

2 heures pour la définition du site et sa mise à jour.

15 minutes pour remplir les formulaires de saisie de données et soumettre les données à Globe périodiquement.

## Niveau

Grands du primaire et secondaire

## Fréquence

Report des données environ une fois par semaine

## Matériel et instruments

- Station météorologique avec module d'acquisition des données
- Ordinateur pouvant supporter le logiciel de la station météorologique
- Thermomètre de référence
- Pluviomètre (jauge de pluie)

## Préparation

Installer la station météorologique

## Pré-requis

Aucun

## Stations Météorologiques Automatiques

L'utilisation d'une station météorologique automatique mémorisant les données, peut permettre aux élèves d'acquérir des mesures atmosphériques à intervalles de temps beaucoup plus courts que par des collectes manuelles. Le grand nombre de données pouvant être collectées à intervalles de temps réguliers permet l'étude de phénomènes atmosphériques évoluant rapidement (comme le vent) et qui, de ce fait, ne pourraient être relevés par des mesures réparties sur de plus longs intervalles.

Les stations météorologiques utilisées dans ce protocole sont fabriquées par Davis Instrument (<http://davisnet.com>). Ces stations météorologiques ont un écran qui affiche les données courantes du temps, telles que la température, l'humidité, la pression barométrique, la vitesse et la direction du vent et la pluviométrie. Celles-ci sont mesurées par des capteurs, soit reliés à la station par câbles, soit sans-fil. Le type des mesures prises dépend du modèle de station météorologique et du type de capteurs achetés.

Outre l'affichage des données courantes, la station météorologique effectue aussi l'enregistrement des mesures sur de longues périodes de temps en utilisant un module d'acquisition de données. Ce module d'acquisition de données est vendu en kit incluant le logiciel permettant de télécharger les données sur votre ordinateur et de les visualiser. Ce module est nécessaire pour ce protocole.

Une fois les données téléchargées sur votre ordinateur à partir de la station météorologique, vous pouvez les exporter en fichier texte, les insérer dans un tableur, et les mettre au format requis pour les saisies de données GLOBE par courriel. Un logiciel est disponible dans certains modèles pour exporter directement les fichiers textes vers le format de saisie de données par courrier électronique.

Les données atmosphériques suivantes peuvent être traitées par ce protocole et reportées dans GLOBE : vitesse moyenne et direction du vent toutes les 15 minutes, vitesse maximale et direction du vent durant cet intervalle de temps, vitesse intégrée du vent au-delà de l'intervalle de 15 minutes, température, humidité relative, pression barométrique, taux de précipitations et hauteur des chutes de pluie.

Les mesures pour les nuages, la neige, le PH des précipitations, les aérosols et l'ozone doivent encore être faites selon les autres protocoles correspondants.

### Logistique des mesures

1. Revoir la théorie du chapitre Atmosphère.
2. Installer la console de la station météorologique et la connecter à votre ordinateur selon les recommandations du fabricant.
3. Installer les capteurs de données atmosphériques en respectant les préconisations du Guide d'installation des capteurs de données atmosphériques de la station météorologique.
4. Définir votre site de mesure comme un site avec station météorologique Davis choisie selon le type de thermomètre.
5. Programmer les relevés à intervalle de 15 minutes et le transfert de données vers votre ordinateur en respectant les consignes préconisées par votre logiciel.
6. Lorsque vous êtes prêts à reporter les données dans Globe (préconisé 1 fois par semaine), exporter les données stockées dans votre ordinateur en fichier texte au format Globe de saisie de données par courriel en respectant le Manuel d'aide à la saisie et au report de données à partir d'une station météorologique.
7. Copier/coller le texte de ce fichier dans le corps de votre message électronique et envoyez-le à Globe selon les instructions pour le report de données par mail disponible dans la section « Report des données » de votre site web Globe.
8. Demander à vos élèves de surveiller les données
9. Recalibrer votre station météorologique tous les ans.

## SUPPORT POUR L'ENSEIGNANT

Les instructions données dans ce protocole sont spécifiques à une marque de station météorologique. Néanmoins, elles peuvent être adaptées pour d'autres équipements ayant les mêmes spécifications. Si vous vous posez des questions ou avez besoin d'assistance pour adapter ces instructions à d'autres instruments, contactez votre Coordinateur Globe, ou, aux États-Unis, le Bureau d'Aide Globe. Les éléments importants de ce protocole, qui devront perdurer quelque soit le modèle d'équipement, sont l'emplacement de la station, la précision et la fiabilité des capteurs, et l'intervalle d'échantillonnage des mesures.

Une fois achetée, votre station météorologique Davis est certifiée pour 1 année entière. L'année écoulée, il vous reste deux options pour recalibrer la station. La première option est de la renvoyer au fabricant contre paiement. (Voir votre distributeur pour les détails). La seconde option est de la recalibrer en utilisant les procédures de recalibration Globe indiquées dans ce protocole. Les deux options sont acceptables, mais doivent être réalisées de façon à ce que votre station continue de donner des mesures précises.

Avant que les élèves ne commencent l'installation de votre station météorologique, revoyez les préconisations liées à la Sélection du site et les informations importantes des Protocoles d'installation à prendre en compte en choisissant un emplacement pour faire des mesures atmosphériques.

### **Enregistrement des données**

La base de données Globe nécessite l'acquisition des données toutes les 15 minutes, aussi assurez-vous que l'intervalle d'échantillonnage sur votre station météorologique soit bien configuré pour 15 minutes. Assurez-vous aussi que la lecture interviendra bien à chaque quart d'une heure (ex : 10h, 10h15, 10h30, 10h45, etc.). Assurez-vous que les mesures sont affichées et reportées avec les unités appropriées (ex : millimètres pour la pluie, degrés Celsius pour les températures, pourcentage d'humidité relative, mètres/seconde pour la vitesse du vent, et kilomètres pour la course du vent).

L'heure associée à chaque point de mesure reporté dans Globe doit être en Temps Universel

(UT). Si vous choisissez l'heure locale pour votre station météorologique, vous devez vous assurer que l'heure sera convertie pour être reportée dans Globe.

A cause de la quantité de données, les données de la station météorologique sont reportées dans Globe uniquement par courriel. Le logiciel fourni par Davis peut permettre d'exporter les données directement dans le format Globe correct pour l'entrée par courriel (voir Questions les plus fréquentes pour des informations sur la disponibilité du logiciel), à partir de l'option « format export » (format Globe), dans le menu déroulant d'export des données. Ce logiciel peut donner automatiquement l'heure en Temps Universel. Si vous avez une ancienne version de ce logiciel n'ayant pas cette option, exportez vos données dans un fichier texte, importez le fichier texte dans votre tableur, agissez sur les colonnes afin de répondre aux spécifications pour l'entrée de données par courriel, et couper/coller les valeurs résultantes dans votre message de saisie de données par courriel.

### **Procédures de recalibration GLOBE**

Les procédures de recalibration Globe décrites dans ce protocole impliquent de déterminer une correction pour l'auge basculeur et de réaliser une vérification du capteur de température. La correction pour l'auge basculeur est égale à la différence entre la valeur donnée par la station météorologique et la valeur donnée par le pluviomètre qui sert d'instrument de référence et dont la précision est connue. Cette correction sert à mesurer le décalage des mesures données par l'auge basculeur qui peuvent intervenir au cours du temps. Une fois reportée dans Globe, cette correction sera appliquée automatiquement à toutes les données ultérieures que vous reporterez, et les valeurs correctes seront affichées sur le site Globe. N'appliquez pas vous-même ces corrections sur les données reportées dans Globe, car ces corrections seraient alors appliquées 2 fois.

Pour certaines mesures prises par votre station automatique, telles que le vent, il n'y a pas de protocole de mesure à utiliser pour le réétalonnage, il n'y a donc pas de méthode disponible pour le réétalonnage.



Le réétalonnage complet Globe pour votre station météorologique consiste en :

- La vérification du capteur de température en suivant le Guide pour le réétalonnage du capteur de température de la station météorologique.
- L'étalonnage de l'auget basculeur du pluviomètre en suivant le Guide pour le réétalonnage de l'auget basculeur du pluviomètre de la station météorologique.

### ***Conseils***

- Durant l'initialisation, assurez-vous de choisir la valeur correcte pour le volume de votre auget basculeur, sinon toutes vos données pluviométriques seront erronées.

### ***Questions pour aller plus loin***

Le système de variables météorologiques d'une journée est-il le même tous les jours ? Quelle en est la raison ?

En quelle saison apparaît la plus grande plage de température ? Pourquoi ?

Quelles sont la latitude et l'altitude des autres écoles Globe qui ont des précipitations annuelles et des variations de température semblables à celles de votre école ?

Votre environnement local est-il affecté plutôt par des températures moyennes que par des températures extrêmes ?

Comment les variations de la vitesse et de la direction du vent, et les variations de pression sont-elles corrélées avec les variations de température et d'humidité relative et la pluviosité ?

# Installation des capteurs atmosphériques de la station météorologique

## Guide de laboratoire

### **But**

Installer les capteurs atmosphériques pour votre station météorologique

### **Ce dont vous avez besoin**

- Les capteurs que vous allez installer
- Les outils nécessaires pour faire l'installation
- La feuille de définition du site Globe
- Les instructions du fabricant
- Une boussole

*Note : L'installation peut varier significativement selon les capteurs que vous utilisez et l'endroit où vous allez les installer*

### **Sur le terrain**

1. Recherchez un (ou des) emplacement(s) pour votre abri à instruments météo. Si vous utilisez un anémomètre (pour le vent) pouvant être monté séparément du reste des capteurs, pensez à le monter à un emplacement différent. Si l'anémomètre est lié à l'ensemble des capteurs, alors choisissez de préférence un endroit approprié pour le thermomètre (étape 4). Si vous utilisez des capteurs sans fil, veillez à ce qu'ils soient installés suffisamment près de votre console pour permettre une communication correcte.
2. Si possible, montez votre ensemble de capteurs de façon à ce que votre capteur de température soit à une hauteur de 1,5 mètre au-dessus du sol (ou 60 cm au-dessus de l'épaisseur moyenne maximale de neige), de préférence dans un vaste espace aéré avec une surface naturelle (herbeuse au maximum). Evitez d'avoir des immeubles en-deça de 10 mètres.
3. Si possible, montez l'anémomètre de façon à ce qu'il domine les arbres et les immeubles les plus proches. Si vous le montez au sommet d'un immeuble, veillez à ce qu'il soit au moins à 1,2 mètre au-dessus de la ligne du toit.
4. Reportez votre définition de site sur le site Web Globe en tant que site atmosphérique avec station météorologique Davis choisi pour le type thermomètre.

# Connections et report des données de la station météorologique

## Guide de laboratoire

### ***But***

Connecter et reporter les données collectées avec votre station météorologique.

### ***Ce dont vous avez besoin***

- Une station météorologique initialisée et opérationnelle
- Un ordinateur adéquat permettant d'accéder au courriel.

### ***Sur le terrain***

1. Configurez votre station météorologique pour une acquisition de données toutes les 15 minutes, à partir du quart d'heure exact (ex : 15H15).
2. Téléchargez les données de votre station météorologique sur votre ordinateur en respectant les consignes propres à votre station météorologique.
3. Exportez un fichier texte de vos données. Enregistrez ce fichier sur votre ordinateur. (Si votre logiciel permet l'export du fichier texte directement au format Globe de report de données par courriel, passez à l'étape 5)
4. Utilisez un tableur ou autre logiciel pour éditer le fichier exporté au format Globe de report de données par courriel. Enregistrez le fichier issu du tableur sur votre ordinateur.
5. Copiez/collez vos données au format Globe de report de données par courriel dans le corps de votre message Globe de report de données par courriel.

# Réétalonnage du capteur de température de la station météorologique

## Guide de laboratoire

### ***But***

Comparer la température enregistrée par votre station météorologique avec la valeur indiquée par votre thermomètre de référence.

### ***Ce dont vous avez besoin***

- Un thermomètre de référence qui a été validé conformément aux instructions du Guide de laboratoire d'étalonnage du thermomètre
- La feuille de données d'étalonnage de la station météorologique

### ***Sur le terrain***

1. Suspendez le thermomètre de calibration à l'ombre et à 30 cm maximum du capteur de température de votre station météorologique.
2. Attendez 3 minutes puis lisez la température sur le thermomètre de référence ainsi que celle donnée par votre station météorologique. Attendez encore une minute pour voir si la valeur du thermomètre de référence varie. Si c'est le cas, continuez cette procédure jusqu'à ce que cette valeur soit stabilisée. Si l'écran numérique de votre station météorologique est éloigné du thermomètre de référence, vous aurez besoin de la coopération de deux élèves. Enregistrez ces données sur votre Feuille d'étalonnage de la station météorologique.
3. Répétez l'étape 2, 4 fois de plus, en attendant au moins une heure entre chaque série de mesures. Essayez d'étaler les 5 séries de mesures sur une journée entière.
4. Reportez vos nouvelles données d'étalonnage sur le site Globe.

# **Etalonnage du pluviomètre à auget basculeur de la station météorologique**

## Guide de laboratoire

### ***But***

Enregistrer une pluie (de 2cm ou plus) avec un pluviomètre puis comparer la hauteur d'eau mesurée avec pluviomètre à la hauteur d'eau enregistrée par l'auget basculeur de votre station météorologique.

### ***Ce dont vous avez besoin***

- Un pluviomètre répondant aux spécifications GLOBE
- La feuille de données d'étalonnage de la station météorologique

### ***Sur le terrain***

1. Suspendez le pluviomètre en plastique dans un endroit ouvert à moins de 15mètres et à la même hauteur que l'auget basculeur de votre station météorologique. Vérifiez que le pluviomètre en plastique n'interfère pas et n'est pas gêné par la station météorologique.
2. Attendez l'arrivée d'une pluie et mesurez la hauteur d'eau sur votre pluviomètre, en respectant le Guide du protocole relatif aux chutes de pluie. Si la hauteur de pluie est supérieure à 2cm, enregistrez-la sur votre feuille de données d'étalonnage de la station météorologique et continuez.
3. Additionnez toutes les hauteurs de pluie enregistrées par votre station météorologique. Enregistrez cette somme dans votre feuille de données d'étalonnage de la station météorologique.
4. Répétez ce processus pour 2 autres occurrences de pluie.
5. Reportez vos données d'étalonnage sur votre site Globe.



### **Questions fréquentes**

1. *Que dois-je faire si de l'eau gelée est enregistrée comme pluie par ma station météorologique ?*

L'eau gelée et la neige mêlée peuvent provoquer le déversement de l'auge basculeur de votre station météorologique, et peuvent de ce fait être enregistrées comme chute de pluie sur votre station. L'auge basculeur est étalonné uniquement pour les chutes de pluie, donc toute mesure provoquée par de l'eau gelée est erronée. Veuillez reporter toute précipitation gelée dans vos métadonnées et si possible, éditez vos données enregistrées pour supprimer les indications de hauteurs de pluie dues aux précipitations gelées, avant de reporter les données dans Globe.

2. *J'utilise une station météorologique Davis, mais mon logiciel n'inclut pas l'option d'export de données Globe ?*

Davis propose l'option d'export de données Globe dans les dernières versions de logiciel pour ses stations météorologiques. Ces versions récentes sont disponibles en téléchargement sur le site de Davis (<http://davisnet.com>). Vous pouvez contacter Davis pour voir si une version de logiciel incluant la fonctionnalité d'export Globe est disponible pour votre modèle de station météorologique Davis

# Etude de l'atmosphère

## Feuille de données d'étalonnage de la station météorologique

Nom de l'école \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

### *Réétalonnage du capteur de température de l'air*

Numéro de mesure	Date année/mois/jour	Heure locale (Heure:min)	Heure Universelle (Heure:min)	Valeur du Thermomètre de référence (°C)	Capteur de température digital (°C)
1					
2					
3					
4					
5					

### *Réétalonnage du pluviomètre*

Numéro de mesure	Date année/mois/jour	Heure locale (Heure:min)	Heure Universelle (Heure:min)	Mesure du pluviomètre * (mm)	Mesure globale de l'auget basculeur (mm)
1					
2					
3					
4					
5					

*\* doit être supérieure à 20mm pour le réétalonnage*

# Protocole relatif à la station météorologique RainWise



## Objectif général

Acquérir les données atmosphériques, en utilisant une station météorologique RainWise.

## Objectif spécifique

Une station météorologique est installée pour mesurer et enregistrer les données atmosphériques à 15 minutes d'intervalle. Ces mesures sont transférées vers l'ordinateur de votre école puis soumises à GLOBE via le courriel.

## Compétences

Les élèves peuvent voir les données de leur école de façon continue ainsi que leurs variations durant la journée. Les données collectées incluent la vitesse et la direction du vent, ainsi que la pression atmosphérique, contribuant ainsi à une étude météorologique plus complète par le programme Globe.

### *Concepts scientifiques*

#### *Science de la Terre et de l'Espace*

Le temps peut être décrit par des mesures quantitatives.

Le temps varie d'un jour à l'autre et selon la saison.

Le temps varie sur des échelles spatiales locales, régionales et mondiales.

#### *Géographie*

Les variations locales de température affectent la caractérisation de la géographie physique de la terre.

### *Compétences scientifiques*

La capacité à mener une recherche scientifique est suscitée par l'analyse des données collectées avec la station météorologique.

Reportez-vous aux sections des protocoles "Vérifier vos données" qui correspondent aux mesures prises avec votre station météorologique pour les conseils sur la réalisation des analyses de données.

Se reporter aux Compétences scientifiques décrites dans les encarts grisés de ces protocoles pour voir quelles capacités seront renforcées.

## Durée

2 heures pour la définition du site et sa mise à jour.

15 minutes pour remplir les formulaires de saisie de données et soumettre les données à Globe périodiquement.

## Niveau

Grands du primaire et secondaire

## Fréquence

Report des données environ une fois par semaine

## Matériel et instruments

- Station météorologique avec module d'acquisition des données
- Ordinateur pouvant supporter le logiciel de la station météorologique
- Thermomètre de référence
- Pluviomètre (jauge de pluie)

## Préparation

Installer la station météorologique

## Pré-requis

Aucun



## Stations Météorologiques Automatiques

L'utilisation d'une station météorologique automatique mémorisant les données, peut permettre aux élèves d'acquérir des mesures atmosphériques à intervalles de temps beaucoup plus courts que par des collectes manuelles. Le grand nombre de données pouvant être collectées à intervalles de temps réguliers permet l'étude de phénomènes atmosphériques évoluant rapidement (comme le vent) et qui, de ce fait, ne pourraient être relevés par des mesures réparties sur de plus longs intervalles.

Les stations météorologiques utilisées dans ce protocole sont fabriquées par RainWise Inc (<http://www.rainwise.com>). Ces stations météorologiques ont un écran qui affiche les données actuelles du temps, telles que la température, l'humidité, la pression barométrique, la vitesse et la direction du vent et la pluviométrie. Celles-ci sont mesurées par des capteurs, soit reliés à la station par câbles, soit sans-fil. Le type des mesures prises dépend du modèle de station météorologique et du type de capteurs achetés.

Outre l'affichage des données actuelles, la station météorologique effectue aussi l'enregistrement des mesures sur de longues périodes de temps en utilisant un module d'acquisition de données. Ce module d'acquisition de données est vendu en kit incluant le logiciel permettant de télécharger les données sur votre ordinateur et de les visualiser. Ce module est nécessaire pour ce protocole.

Une fois les données téléchargées sur votre ordinateur à partir de la station météorologique, vous pouvez les exporter en fichier texte, les insérer dans un tableur, et les mettre au format requis pour les saisies de données GLOBE par courriel. Un logiciel est disponible dans certains modèles pour exporter directement les fichiers textes vers le format de saisie de données par courrier électronique.

Les données atmosphériques suivantes peuvent être traitées par ce protocole et reportées dans GLOBE : vitesse moyenne et direction du vent toutes les 15 minutes, vitesse maximale et direction du vent durant cet intervalle de temps, vitesse intégrée du vent au-delà de l'intervalle de 15 minutes, température, humidité relative, pression barométrique, taux de précipitations et hauteur des chutes de pluie.

Les mesures pour les nuages, la neige, le PH des précipitations, les aérosols et l'ozone doivent encore être faites selon les autres protocoles correspondants.

### Logistique des mesures

1. Revoir la théorie du chapitre Atmosphère.
2. Installer la console de la station météorologique et la connecter à votre ordinateur selon les recommandations du fabricant.
3. Installer les capteurs de données atmosphériques en respectant les préconisations du Guide d'installation des capteurs de données atmosphériques de la station météorologique.
4. Définir votre site de mesure comme un site avec station météorologique RainWise choisie selon le type de thermomètre.
5. Programmer les relevés à intervalle de 15 minutes et le transfert de données vers votre ordinateur en respectant les consignes préconisées par votre logiciel.
6. Lorsque vous êtes prêts à reporter les données dans Globe (préconisé 1 fois par semaine), exporter les données stockées dans votre ordinateur en fichier texte au format Globe de saisie de données par courriel en respectant le Manuel d'aide à la saisie et au report de données à partir d'une station météorologique.
7. Copier/coller le texte de ce fichier dans le corps de votre message électronique et envoyez-le à Globe selon les instructions pour le report de données par mail disponible dans la section « Report des données » de votre site web Globe.
8. Demander à vos élèves de surveiller les données
9. Recalibrer votre station météorologique tous les ans.

## SUPPORT POUR L'ENSEIGNANT

Les instructions données dans ce protocole sont spécifiques à une marque de station météorologique. Néanmoins, elles peuvent être adaptées pour d'autres équipements ayant les mêmes spécifications. Si vous vous posez des questions ou avez besoin d'assistance pour adapter ces instructions à d'autres instruments, contactez votre Coordinateur Globe, ou, aux États-Unis, le Bureau d'Aide Globe. Les éléments importants de ce protocole, qui devront perdurer quelque soit le modèle d'équipement, sont l'emplacement de la station, la précision et la fiabilité des capteurs, et l'intervalle d'échantillonnage des mesures.

Une fois achetée, votre station météorologique RainWise est certifiée pour 1 année entière. L'année écoulée, il vous reste deux options pour recalibrer la station. La première option est de la renvoyer au fabricant contre paiement. (Voir votre distributeur pour les détails). La seconde option est de la recalibrer en utilisant les procédures de recalibration Globe indiquées dans ce protocole. Les deux options sont acceptables, mais doivent être réalisées de façon à ce que votre station continue de donner des mesures précises.

Avant que les élèves ne commencent l'installation de votre station météorologique, revoyez les préconisations liées à la Sélection du site et les informations importantes des Protocoles d'installation à prendre en compte en choisissant un emplacement pour faire des mesures atmosphériques.

### **Enregistrement des données**

La base de données Globe nécessite l'acquisition des données toutes les 15 minutes, aussi assurez-vous que l'intervalle d'échantillonnage sur votre station météorologique soit bien configuré pour 15 minutes. Assurez-vous aussi que la lecture interviendra bien à chaque quart d'une heure (ex : 10h, 10h15, 10h30, 10h45, etc.). Assurez-vous que les mesures sont affichées et reportées avec les unités appropriées (ex : millimètres pour la pluie, degrés Celsius pour les températures, pourcentage d'humidité relative, mètres/seconde pour la vitesse du vent, et kilomètres pour la course du vent).

L'heure associée à chaque point de mesure reporté dans Globe doit être en Temps Universel

(UT). Si vous choisissez l'heure locale pour votre station météorologique, vous devez vous assurer que l'heure sera convertie pour être reportée dans Globe.

A cause de la quantité de données, les données de la station météorologique sont reportées dans Globe uniquement par courriel. Le logiciel fourni par RainWise peut permettre d'exporter les données directement dans le format Globe correct pour l'entrée par courriel (voir Questions les plus fréquentes pour des informations sur la disponibilité du logiciel), à partir de l'option « format export » (format Globe), dans le menu déroulant d'export des données. Ce logiciel peut donner automatiquement l'heure en Temps Universel. Si vous avez une ancienne version de ce logiciel n'ayant pas cette option, exportez vos données dans un fichier texte, importez le fichier texte dans votre tableur, agissez sur les colonnes afin de répondre aux spécifications pour l'entrée de données par courriel, et couper/coller les valeurs résultantes dans votre message de saisie de données par courriel.

### **Procédures de recalibration GLOBE**

Les procédures de recalibration Globe décrites dans ce protocole impliquent de déterminer une correction pour l'auge basculeur et de réaliser une vérification du capteur de température. La correction pour l'auge basculeur est égale à la différence entre la valeur donnée par la station météorologique et la valeur donnée par le pluviomètre qui sert d'instrument de référence et dont la précision est connue. Cette correction sert à mesurer le décalage des mesures données par l'auge basculeur qui peuvent intervenir au cours du temps. Une fois reportée dans Globe, cette correction sera appliquée automatiquement à toutes les données ultérieures que vous reporterez, et les valeurs correctes seront affichées sur le site Globe. N'appliquez pas vous-même ces corrections sur les données reportées dans Globe, car ces corrections seraient alors appliquées 2 fois.

Pour certaines mesures prises par votre station automatique, telles que le vent, il n'y a pas de protocole de mesure à utiliser pour le réétalonnage, il n'y a donc pas de méthode disponible pour le réétalonnage.

Le réétalonnage complet Globe pour votre station météorologique consiste en :

- La vérification du capteur de température en suivant le Guide pour le réétalonnage du capteur de température de la station météorologique.
- L'étalonnage de l'auge basculeur du pluviomètre en suivant le Guide pour le réétalonnage de l'auge basculeur du pluviomètre de la station météorologique.

### **Conseils**

- Durant l'initialisation, assurez-vous de choisir la valeur correcte pour le volume de votre auge basculeur, sinon toutes vos données pluviométriques seront erronées.

### **Approfondissements**

Le système de variables météorologiques d'une journée est-il le même tous les jours ? Quelle en est la raison ?

En quelle saison apparaît la plus grande plage de température ? Pourquoi ?

Quelles sont la latitude et l'altitude des autres écoles Globe qui ont des précipitations annuelles et des variations de température semblables à celles de votre école ?

Votre environnement local est-il affecté plutôt par des températures moyennes que par des températures extrêmes ?

Comment les variations de la vitesse et de la direction du vent, et les variations de pression sont-elles corrélées avec les variations de température et d'humidité relative et la pluviosité ?

# Installation des capteurs atmosphériques de la station météorologique

## Guide de laboratoire

### **But**

Installer les capteurs atmosphériques pour votre station météorologique

### **Ce dont vous avez besoin**

- Les capteurs que vous allez installer
- Les outils nécessaires pour faire l'installation
- La feuille de définition du site Globe
- Les instructions du fabricant
- Une boussole

*Note : L'installation peut varier significativement selon les capteurs que vous utilisez et l'endroit où vous allez les installer*

### **Sur le terrain**

1. Recherchez un (ou des) emplacement(s) pour votre abri d'instruments météo. Si vous utilisez un anémomètre (pour le vent) pouvant être monté séparément du reste des capteurs, pensez à le monter à un emplacement différent. Si l'anémomètre est lié à l'ensemble des capteurs, alors choisissez de préférence un endroit approprié pour le thermomètre (étape 4). Si vous utilisez des capteurs sans fil, veillez à ce qu'ils soient installés suffisamment près de votre console pour permettre une communication correcte.
2. Si possible, montez votre ensemble de capteurs de façon à ce que votre capteur de température soit à une hauteur de 1,5 mètre au-dessus du sol (ou 60 cm au-dessus de l'épaisseur moyenne maximale de neige), de préférence dans un vaste espace aéré avec une surface naturelle (herbeuse au maximum). Évitez d'avoir des immeubles en-deça de 10 mètres.
3. Si possible, montez l'anémomètre de façon à ce qu'il domine les arbres et les immeubles les plus proches. Si vous le montez au sommet d'un immeuble, veillez à ce qu'il soit au moins à 1,2 mètre au-dessus de la ligne du toit.
4. Reportez votre définition de site sur le site Web Globe en tant que site atmosphérique avec station météorologique RainWise choisi pour le type thermomètre.

# Connections et report des données de la station météorologique

## Guide de laboratoire

### ***But***

Connecter et reporter les données collectées avec votre station météorologique.

### ***Ce dont vous avez besoin***

- Une station météorologique initialisée et opérationnelle
- Un ordinateur adéquat permettant d'accéder au courriel.

### ***Sur le terrain***

1. Configurez votre station météorologique pour une acquisition de données toutes les 15 minutes, à partir du quart d'heure exact (ex : 15H15).
2. Téléchargez les données de votre station météorologique sur votre ordinateur en respectant les consignes propres à votre station météorologique.
3. Exportez un fichier texte de vos données. Enregistrez ce fichier sur votre ordinateur. (Si votre logiciel permet l'export du fichier texte directement au format Globe de report de données par courriel, passez à l'étape 5)
4. Utilisez un tableur ou autre logiciel pour éditer le fichier exporté au format Globe de report de données par courriel. Enregistrez le fichier issu du tableur sur votre ordinateur.
5. Copiez/collez vos données au format Globe de report de données par courriel dans le corps de votre message Globe de report de données par courriel.

# Réétalonnage du capteur de température de la station météorologique

## Guide de laboratoire

### ***But***

Comparer la température enregistrée par votre station météorologique avec la valeur indiquée par votre thermomètre de référence.

### ***Ce dont vous avez besoin***

- Un thermomètre de référence qui a été validé conformément aux instructions du Guide de laboratoire d'étalonnage du thermomètre
- La feuille de données d'étalonnage de la station météorologique

### ***Sur le terrain***

1. Suspendez le thermomètre de calibration à l'ombre et à 30 cm maximum du capteur de température de votre station météorologique.
2. Attendez 3 minutes puis lisez la température sur le thermomètre de référence ainsi que celle donnée par votre station météorologique. Attendez encore une minute pour voir si la valeur du thermomètre de référence varie. Si c'est le cas, continuez cette procédure jusqu'à ce que cette valeur soit stabilisée. Si l'écran numérique de votre station météorologique est éloigné du thermomètre de référence, vous aurez besoin de la coopération de deux élèves. Enregistrez ces données sur votre Feuille d'étalonnage de la station météorologique.
3. Répétez l'étape 2, 4 fois de plus, en attendant au moins une heure entre chaque série de mesures. Essayez d'étaler les 5 séries de mesures sur une journée entière.
4. Reportez vos nouvelles données d'étalonnage sur le site Globe.

# **Etalonnage du pluviomètre à auget basculeur de la station météorologique**

## Guide de laboratoire

### ***But***

Enregistrer une pluie (de 2cm ou plus) avec un pluviomètre puis comparer la hauteur d'eau mesurée avec pluviomètre à la hauteur d'eau enregistrée par l'auget basculeur de votre station météorologique.

### ***Ce dont vous avez besoin***

- Un pluviomètre répondant aux spécifications GLOBE
- La feuille de données d'étalonnage de la station météorologique

### ***Sur le terrain***

1. Suspendez le pluviomètre en plastique dans un endroit ouvert à moins de 15mètres et à la même hauteur que l'auget basculeur de votre station météorologique. Vérifiez que le pluviomètre en plastic n'interfère pas et n'est pas gêné par la station météorologique .
2. Attendez l'arrivée d'une pluie et mesurer la hauteur d'eau sur votre pluviomètre, en respectant le Guide du protocole relatif aux chutes de pluie. Si la hauteur de pluie est supérieure à 2cm, enregistrez-la sur votre feuille de données d'étalonnage de la station météorologique et continuez.
3. Additionnez toutes les hauteurs de pluie enregistrées par votre station météorologique. Enregistrez cette somme dans votre feuille de données d'étalonnage de la station météorologique.
4. Répétez ce processus pour 2 autres occurrences de pluie.
5. Reportez vos données d'étalonnage sur votre site Globe.



### **Questions fréquentes**

1. *Que dois-je faire si de l'eau gelée est enregistrée comme pluie par ma station météorologique ?*

L'eau gelée et la neige mêlée peuvent provoquer le déversement de l'auge basculeur de votre station météorologique, et peuvent de ce fait être enregistrées comme chute de pluie sur votre station. L'auge basculeur est étalonné uniquement pour les chutes de pluie, donc toute mesure provoquée par de l'eau gelée est erronée. Veuillez reporter toute précipitation gelée dans vos métadonnées et si possible, éditez vos données enregistrées pour supprimer les indications de hauteurs de pluie dues aux précipitations gelées, avant de reporter les données dans Globe.

2. *J'utilise une station météorologique RainWise, mais mon logiciel n'inclut pas l'option d'export de données Globe ? Que puis-je faire ?*

Le logiciel virtuel de station météorologique fournit dans la boîte, conçu par Ambient, LLC, inclut l'option pour exporter des données de GLOBE. Ceci exige la version 12.06p14 ou plus récente de ce logiciel. Pour télécharger et installer la dernière version et le manuel de l'utilisateur, aller sur :

<http://www.ambientweather.com/Products/descriptions/Download.asp>.



# Etude de l'atmosphère

## Feuille de données d'étalonnage de la station météorologique

Nom de l'école \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

### *Réétalonnage du capteur de température de l'air*

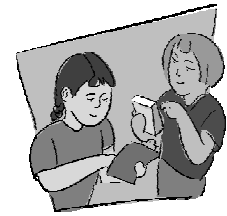
Numéro de mesure	Date année/mois/jour	Heure locale (Heure:min)	Heure Universelle (Heure:min)	Valeur du Thermomètre de référence (°C)	Capteur de température digital (°C)
1					
2					
3					
4					
5					

### *Réétalonnage du pluviomètre*

Numéro de mesure	Date année/mois/jour	Heure locale (Heure:min)	Heure Universelle (Heure:min)	Mesure du pluviomètre * (mm)	Mesure globale de l'auget basculeur (mm)
1					
2					
3					
4					
5					

*\* doit être supérieure à 20mm pour le réétalonnage*

# Protocole relatif à la station météorologique WeatherHawk



## Objectif général

Acquérir les données atmosphériques, en utilisant une station météorologique WeatherHawk.

## Objectif spécifique

Une station météorologique est installée pour mesurer et enregistrer les données atmosphériques à 15 minutes d'intervalle. Ces mesures sont transférées vers l'ordinateur de votre école puis soumises à GLOBE via le courriel.

## Compétences

Les étudiants peuvent voir les données de leur école de façon continue ainsi que leurs variations durant la journée. Les données collectées incluent la vitesse et la direction du vent, ainsi que la pression atmosphérique, contribuant ainsi à une étude météorologique plus complète par le programme Globe.

### *Concepts scientifiques*

#### *Science de la Terre et de l'Espace*

Le temps peut être décrit par des mesures quantitatives.

Le temps varie d'un jour à l'autre et selon la saison.

Le temps varie sur des échelles spatiales locales, régionales et mondiales.

#### *Géographie*

Les variations locales de température affectent la caractérisation de la géographie physique de la terre.

### *Compétences scientifiques*

La capacité à mener une recherche scientifique est suscitée par l'analyse des données collectées avec la station météorologique.

Reportez-vous aux sections des protocoles "Vérifier vos données" qui correspondent aux mesures prises avec votre station météorologique pour les conseils sur la réalisation des analyses de données.

Se reporter aux Compétences scientifiques décrites dans les encarts grisés de ces protocoles pour voir quelles capacités seront renforcées.

## Durée

2 heures pour la définition du site et sa mise à jour.

15 minutes pour remplir les formulaires de saisie de données et soumettre les données à Globe périodiquement.

## Niveau

Grands du primaire et secondaire

## Fréquence

Report des données environ une fois par semaine

## Matériel et instruments

- Station météorologique avec module d'acquisition des données
- Ordinateur pouvant supporter le logiciel de la station météorologique
- Thermomètre de référence
- Pluviomètre (jauge de pluie)

## Préparation

Installer la station météorologique

## Pré-requis

Aucun

## Stations Météorologiques Automatiques

L'utilisation d'une station météorologique automatique mémorisant les données, peut permettre aux étudiants d'acquérir des mesures atmosphériques à intervalles de temps beaucoup plus courts que par des collectes manuelles. Le grand nombre de données pouvant être collectées à intervalles de temps réguliers permet l'étude de phénomènes atmosphériques évoluant rapidement (comme le vent) et qui, de ce fait, ne pourraient être relevés par des mesures réparties sur de plus longs intervalles.

Les stations météorologiques utilisées dans ce protocole sont fabriquées par WeatherHawk Inc. (<http://www.WeatherHawk.com>). Ces stations météo-rogiques ont un écran qui affiche les données actuelles du temps, telles que la température, l'humidité, la pression barométrique, la vitesse et la direction du vent et la pluviométrie. Celles-ci sont mesurées par des capteurs, soit reliés à la station par câbles, soit sans-fil. Le type des mesures prises dépend du modèle de station météorologique et du type de capteurs achetés.

Outre l'affichage des données actuelles, la station météorologique effectue aussi l'enregistrement des mesures sur de longues périodes de temps en utilisant un module d'acquisition de données. Ce module d'acquisition de données est vendu en kit incluant le logiciel permettant de télécharger les données sur votre ordinateur et de les visualiser. Ce module est nécessaire pour ce protocole.

Une fois les données téléchargées sur votre ordinateur à partir de la station météorologique, vous pouvez les exporter en fichier texte, les insérer dans un tableur, et les mettre au format requis pour les saisies de données GLOBE par courriel. Un logiciel est disponible dans certains modèles pour exporter directement les fichiers textes vers le format de saisie de données par courrier électronique.

Les données atmosphériques suivantes peuvent être traitées par ce protocole et reportées dans GLOBE : vitesse moyenne et direction du vent toutes les 15 minutes, vitesse maximale et direction du vent durant cet intervalle de temps, vitesse intégrée du vent au-delà de l'intervalle de 15 minutes, température, humidité relative, pression barométrique, taux de précipitations et hauteur des chutes de pluie.

Les mesures pour les nuages, la neige, le PH des précipitations, les aérosols et l'ozone doivent encore être faites selon les autres protocoles correspondants.

### Logistique des mesures

1. Revoir la théorie du chapitre Atmosphère.
2. Installer la console de la station météorologique et la connecter à votre ordinateur selon les recommandations du fabricant.
3. Installer les capteurs de données atmosphériques en respectant les préconisations du Guide d'installation des capteurs de données atmosphériques de la station météorologique.
4. Définir votre site de mesure comme un site avec station météorologique WeatherHawk choisie selon le type de thermomètre.
5. Programmer les relevés à intervalle de 15 minutes et le transfert de données vers votre ordinateur en respectant les consignes préconisées par votre logiciel.
6. Lorsque vous êtes prêts à reporter les données dans Globe (préconisé 1 fois par semaine), exporter les données stockées dans votre ordinateur en fichier texte au format Globe de saisie de données par courriel en respectant le Manuel d'aide à la saisie et au report de données à partir d'une station météorologique.
7. Copier/coller le texte de ce fichier dans le corps de votre message électronique et envoyez-le à Globe selon les instructions pour le report de données par mail disponible dans la section « Report des données » de votre site web Globe.
8. Demander à vos étudiants de surveiller les données
9. Recalibrer votre station météorologique tous les ans.

## SUPPORT POUR L'ENSEIGNANT

Les instructions données dans ce protocole sont spécifiques à une marque de station météorologique. Néanmoins, elles peuvent être adaptées pour d'autres équipements ayant les mêmes spécifications. Si vous vous posez des questions ou avez besoin d'assistance pour adapter ces instructions à d'autres instruments, contactez votre Coordinateur Globe, ou, aux États-Unis, le Bureau d'Aide Globe. Les éléments importants de ce protocole, qui devront perdurer quelque soit le modèle d'équipement, sont l'emplacement de la station, la précision et la fiabilité des capteurs, et l'intervalle d'échantillonnage des mesures.

Une fois achetée, votre station météorologique WeatherHawk est certifiée pour 1 année entière. L'année écoulée, il vous reste deux options pour recalibrer la station. La première option est de la renvoyer au fabricant contre paiement. (Voir votre distributeur pour les détails). La seconde option est de la recalibrer en utilisant les procédures de recalibration Globe indiquées dans ce protocole. Les deux options sont acceptables, mais doivent être réalisées de façon à ce que votre station continue de donner des mesures précises.

Avant que les étudiants ne commencent l'installation de votre station météorologique, revoyez les préconisations liées à la Sélection du site et les informations importantes des Protocoles d'installation à prendre en compte en choisissant un emplacement pour faire des mesures atmosphériques.

### **Enregistrement des données**

La base de données Globe nécessite l'acquisition des données toutes les 15 minutes, aussi assurez-vous que l'intervalle d'échantillonnage sur votre station météorologique soit bien configuré pour 15 minutes. Assurez-vous aussi que la lecture interviendra bien à chaque quart d'une heure (ex : 10h, 10h15, 10h30, 10h45, etc.). Assurez-vous que les mesures sont affichées et reportées avec les unités appropriées (ex : millimètres pour la pluie, degrés Celsius pour les températures, pourcentage d'humidité relative, mètres/seconde pour la vitesse du vent, et kilomètres pour la course du vent).

L'heure associée à chaque point de mesure reporté dans Globe doit être en Temps Universel

(UT). Si vous choisissez l'heure locale pour votre station météorologique, vous devez vous assurer que l'heure sera convertie pour être reportée dans Globe.

A cause de la quantité de données, les données de la station météorologique sont reportées dans Globe uniquement par courriel. Le logiciel fourni par WeatherHawk peut permettre d'exporter les données directement dans le format Globe correct pour l'entrée par courriel (voir Questions les plus fréquentes pour des informations sur la disponibilité du logiciel), à partir de l'option « format export » (format Globe), dans le menu déroulant d'export des données. Ce logiciel peut donner automatiquement l'heure en Temps Universel. Si vous avez une ancienne version de ce logiciel n'ayant pas cette option, exportez vos données dans un fichier texte, importez le fichier texte dans votre tableur, agissez sur les colonnes afin de répondre aux spécifications pour l'entrée de données par courriel, et couper/coller les valeurs résultantes dans votre message de saisie de données par courriel.

### **Procédures de recalibration GLOBE**

Les procédures de recalibration Globe décrites dans ce protocole impliquent de déterminer une correction pour l'auge basculeur et de réaliser une vérification du capteur de température. La correction pour l'auge basculeur est égale à la différence entre la valeur donnée par la station météorologique et la valeur donnée par le pluviomètre qui sert d'instrument de référence et dont la précision est connue. Cette correction sert à mesurer le décalage des mesures données par l'auge basculeur qui peuvent intervenir au cours du temps. Une fois reportée dans Globe, cette correction sera appliquée automatiquement à toutes les données ultérieures que vous reporterez, et les valeurs correctes seront affichées sur le site Globe. N'appliquez pas vous-même ces corrections sur les données reportées dans Globe, car ces corrections seraient alors appliquées 2 fois.

Pour certaines mesures prises par votre station automatique, telles que le vent, il n'y a pas de protocole de mesure à utiliser pour le réétalonnage, il n'y a donc pas de méthode disponible pour le réétalonnage.

Le réétalonnage complet Globe pour votre station météorologique consiste en :

- La vérification du capteur de température en suivant le Guide pour le réétalonnage du capteur de température de la station météorologique.
- L'étalonnage de l'auge basculeur du pluviomètre en suivant le Guide pour le réétalonnage de l'auge basculeur du pluviomètre de la station météorologique.

### **Conseils**

- Durant l'initialisation, assurez-vous de choisir la valeur correcte pour le volume de votre auge basculeur, sinon toutes vos données pluviométriques seront erronées.

### **Approfondissements**

Le système de variables météorologiques d'une journée est-il le même tous les jours ? Quelle en est la raison ?

En quelle saison apparaît la plus grande plage de température ? Pourquoi ?

Quelles sont la latitude et l'altitude des autres écoles Globe qui ont des précipitations annuelles et des variations de température semblables à celles de votre école ?

Votre environnement local est-il affecté plutôt par des températures moyennes que par des températures extrêmes ?

Comment les variations de la vitesse et de la direction du vent, et les variations de pression sont-elles corrélées avec les variations de température et d'humidité relative et la pluviosité ?

# Installation des capteurs atmosphériques de la station météorologique

## Guide de laboratoire

### **But**

Installer les capteurs atmosphériques pour votre station météorologique

### **Ce dont vous avez besoin**

- Les capteurs que vous allez installer
- Les outils nécessaires pour faire l'installation
- La feuille de définition du site Globe
- Les instructions du fabricant
- Une boussole

*Note : L'installation peut varier significativement selon les capteurs que vous utilisez et l'endroit où vous allez les installer*

### **Sur le terrain**

1. Recherchez un (ou des) emplacement(s) pour votre abri à instruments météo. Si vous utilisez un anémomètre (pour le vent) pouvant être monté séparément du reste des capteurs, pensez à le monter à un emplacement différent. Si l'anémomètre est lié à l'ensemble des capteurs, alors choisissez de préférence un endroit approprié pour le thermomètre (étape 4). Si vous utilisez des capteurs sans fil, veillez à ce qu'ils soient installés suffisamment près de votre console pour permettre une communication correcte.
2. Si possible, montez votre ensemble de capteurs de façon à ce que votre capteur de température soit à une hauteur de 1,5 mètre au-dessus du sol (ou 60 cm au-dessus de l'épaisseur moyenne maximale de neige), de préférence dans un vaste espace aéré avec une surface naturelle (herbeuse au maximum). Évitez d'avoir des immeubles en-deça de 10 mètres.
3. Si possible, montez l'anémomètre de façon à ce qu'il domine les arbres et les immeubles les plus proches. Si vous le montez au sommet d'un immeuble, veillez à ce qu'il soit au moins à 1,2 mètre au-dessus de la ligne du toit.
4. Reportez votre définition de site sur le site Web Globe en tant que site atmosphérique avec station météorologique WeatherHawk choisi pour le type thermomètre.

# Connections et report des données de la station météorologique

## Guide de laboratoire

### ***But***

Connecter et reporter les données collectées avec votre station météorologique.

### ***Ce dont vous avez besoin***

- Une station météorologique initialisée et opérationnelle
- Un ordinateur adéquat permettant d'accéder au courriel.

### ***Sur le terrain***

1. Configurez votre station météorologique pour une acquisition de données toutes les 15 minutes, à partir du quart d'heure exact (ex : 15H15).
2. Téléchargez les données de votre station météorologique sur votre ordinateur en respectant les consignes propres à votre station météorologique.
3. Exportez un fichier texte de vos données. Enregistrez ce fichier sur votre ordinateur. (Si votre logiciel permet l'export du fichier texte directement au format Globe de report de données par courriel, passez à l'étape 5)
4. Utilisez un tableur ou autre logiciel pour éditer le fichier exporté au format Globe de report de données par courriel. Enregistrez le fichier issu du tableur sur votre ordinateur.
5. Copiez/collez vos données au format Globe de report de données par courriel dans le corps de votre message Globe de report de données par courriel.

# Réétalonnage du capteur de température de la station météorologique

## Guide de laboratoire

### ***But***

Comparer la température enregistrée par votre station météorologique avec la valeur indiquée par votre thermomètre de référence.

### ***Ce dont vous avez besoin***

- Un thermomètre de référence qui a été validé conformément aux instructions du Guide de laboratoire d'étalonnage du thermomètre
- La feuille de données d'étalonnage de la station météorologique

### ***Sur le terrain***

1. Suspendez le thermomètre de calibration à l'ombre et à 30 cm maximum du capteur de température de votre station météorologique.
2. Attendez 3 minutes puis lisez la température sur le thermomètre de référence ainsi que celle donnée par votre station météorologique. Attendez encore une minute pour voir si la valeur du thermomètre de référence varie. Si c'est le cas, continuez cette procédure jusqu'à ce que cette valeur soit stabilisée. Si l'écran numérique de votre station météorologique est éloigné du thermomètre de référence, vous aurez besoin de la coopération de deux étudiants. Enregistrez ces données sur votre Feuille d'étalonnage de la station météorologique.
3. Répétez l'étape 2, 4 fois de plus, en attendant au moins une heure entre chaque série de mesures. Essayez d'étaler les 5 séries de mesures sur une journée entière.
4. Reportez vos nouvelles données d'étalonnage sur le site Globe.



# **Etalonnage du pluviomètre à auget basculeur de la station météorologique**

## Guide de laboratoire

### ***But***

Enregistrer une pluie (de 2cm ou plus) avec un pluviomètre puis comparer la hauteur d'eau mesurée avec pluviomètre à la hauteur d'eau enregistrée par l'auget basculeur de votre station météorologique.

### ***Ce dont vous avez besoin***

- Un pluviomètre répondant aux spécifications GLOBE
- La feuille de données d'étalonnage de la station météorologique

### ***Sur le terrain***

1. Suspendez le pluviomètre en plastique dans un endroit ouvert à moins de 15mètres et à la même hauteur que l'auget basculeur de votre station météorologique. Vérifiez que le pluviomètre en plastic n'interfère pas et n'est pas gêné par la station météorologique.
2. Attendez l'arrivée d'une pluie et mesurer la hauteur d'eau sur votre pluviomètre, en respectant le Guide du protocole relatif aux chutes de pluie. Si la hauteur de pluie est supérieure à 2cm, enregistrez-la sur votre feuille de données d'étalonnage de la station météorologique et continuez.
3. Additionnez toutes les hauteurs de pluie enregistrées par votre station météorologique. Enregistrez cette somme dans votre feuille de données d'étalonnage de la station météorologique.
4. Répétez ce processus pour 2 autres occurrences de pluie.
5. Reportez vos données d'étalonnage sur votre site Globe.



### **Questions fréquentes**

1. *Que dois-je faire si de l'eau gelée est enregistrée comme pluie par ma station météorologique ?*

L'eau gelée et la neige mêlée peuvent provoquer le déversement de l'auge basculeur de votre station météorologique, et peuvent de ce fait être enregistrées comme chute de pluie sur votre station. L'auge basculeur est étalonné uniquement pour les chutes de pluie, donc toute mesure provoquée par de l'eau gelée est erronée. Veuillez reporter toute précipitation gelée dans vos métadonnées et si possible, éditez vos données enregistrées pour supprimer les indications de hauteurs de pluie dues aux précipitations gelées, avant de reporter les données dans Globe.

2. *J'utilise une station météorologique WeatherHawk, mais mon logiciel n'inclut pas l'option d'export de données Globe ? Que puis-je faire ?*

Le logiciel virtuel de station météorologique fournit dans la boîte, conçu par Ambient, LLC, inclut l'option pour exporter des données de GLOBE. Ceci exige la version 12.06p14 ou plus récente de ce logiciel. Pour télécharger et installer la dernière version et le manuel de l'utilisateur, aller sur :

<http://www.ambientweather.com/Products/descriptions/Download.asp>.

# Etude de l'atmosphère

## Feuille de données d'étalonnage de la station météorologique

Nom de l'école \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

### *Réétalonnage du capteur de température de l'air*

Numéro de mesure	Date année/mois/jour	Heure locale (Heure:min)	Heure Universelle (Heure:min)	Valeur du Thermomètre de référence (°C)	Capteur de température digital (°C)
1					
2					
3					
4					
5					

### *Réétalonnage du pluviomètre*

Numéro de mesure	Date année/mois/jour	Heure locale (Heure:min)	Heure Universelle (Heure:min)	Mesure du pluviomètre * (mm)	Mesure globale de l'auget basculeur (mm)
1					
2					
3					
4					
5					

*\* doit être supérieure à 20mm pour le réétalonnage*



Support des activités d'apprentissage, pour prendre et comprendre les mesures.

***Observer, Décrire et Identifier les Nuages :***

Les élèves commencent à apprendre les types de nuage et leurs noms.

***Estimation de la Couverture Nuageuse : une simulation***

Les élèves s'exercent à estimer quelle quantité de ciel est couverte par des nuages.

***Observation des nuages :***

Les élèves surveillent les nuages et le temps pour commencer à comprendre les raccords entre les deux.

***Observer la visibilité et la couleur du ciel***

Les élèves observent la couleur du ciel et apprennent à associer la couleur avec la présence ou l'absence d'aérosols.

***Réaliser un cadran solaire :***

Les élèves étudient le mouvement du soleil pendant le jour en réalisant des observations quantitatives de la direction et la longueur de l'ombre portée par un bâton (connu sous le nom de gnomon solaire).

***Calculer la masse d'air relative :***

Les élèves sont initiés aux concepts d'angle d'altitude solaire et de masse d'air relative et apprennent comment déterminer la masse d'air relative des mesures d'angle d'altitude solaire.

***Etude de l'abri à instruments météo\* :***

Les élèves explorent comment le placement et la conception des abris météo instrumentés peuvent influencer les mesures de la température prises à l'aide des thermomètres situés à l'intérieur de l'abri.

***Fabriquer un thermomètre \* :***

Les élèves construisent des thermomètres simples pour comprendre comment et pourquoi les thermomètres à liquide (alcool ou mercure) fonctionnent.

***Construire un modèle avec des parties par milliard de l'ozone de surface\* :***

Les élèves construisent et comparent des cubes avec différents volumes afin de discerner de petites concentrations telles qu'une partie par million et une partie par milliard.

Support des activités d'apprentissage, pour utiliser les outils de visualisation et regarder les données.

***Tracer une carte hypsométrique\* :***

Les élèves construisent une (ou plus) carte hypsométrique en utilisant des données de GLOBE.

***Dessiner votre propre graphique\* :***

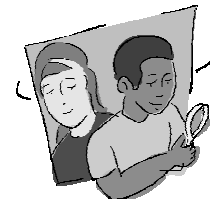
Les élèves dessinent un graphique et sont sensibilisés sur tous les choix de conception impliqués et comment ces choix affectent ce qu'est communiqué par le graphique.

***Apprendre à utiliser des graphiques\* :***

Les élèves emploient des graphiques pour explorer la relation entre l'altitude et la température et commencent à apprendre comment rendre les schémas évidents en visualisation.

\* Se reporter à la version complète sur Internet du *Manuel pour enseignant* disponible sur le site Internet de GLOBE et sur CD-ROM.

# Observer, décrire et identifier des nuages



## Objectif général

Donner aux élèves la possibilité d'observer des nuages, de les décrire en utilisant un vocabulaire courant et de comparer leurs descriptions avec les noms officiels des nuages.

## Objectif spécifique

Les élèves observent des nuages et en esquissent des croquis en décrivant leurs formes. Ils vont d'abord réaliser des descriptions personnelles puis les élaborer avec un vocabulaire plus scientifique. Ils comparent leurs descriptions avec les classifications standard de dix types de nuages repérés par GLOBE. Chaque élève rédige un petit carnet personnel des nuages observés qui sera utilisé en complément avec la table de classification des nuages Globe.

## Compétences

Les élèves seront capables d'identifier différents types de nuages en utilisant les noms de la classification standard des nuages.

## Concepts scientifiques

### *Sciences de la Terre et de l'Espace*

Le temps peut-être décrit par des observations qualitatives.

Le temps change tous les jours et au cours des saisons.

Les nuages se forment à partir de la condensation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère.

### *Géographie*

La nature et l'étendue de la couverture nuageuse affectent les caractéristiques du système géographique de la Terre.

## *Phénomènes Atmosphérique*

Les nuages sont identifiés par leur forme, leur altitude, leur composition et leurs caractéristiques en termes de précipitation. Les nuages nous aident à comprendre et à prévoir le temps qu'il fait.

## **Compétences scientifiques**

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Utiliser une table de classification des nuages pour classer les différents types de nuages.

Mettre en place des descriptions à partir de preuves.

Communiquer les protocoles, descriptions et prédictions.

## **Durée**

Deux périodes de classe. Peut être réalisés pendant des jours où différentes sortes de nuages sont présents.

## **Niveau**

Tous niveaux

## **Matériel et instruments**

Table de classification des nuages GLOBE

Les feuilles *Observer les types de nuages* (dans l'appendice)

Petit carnet « Science » de GLOBE

Livres de référence comportant des images de nuages

Appareil photo ou caméra pour photographier des nuages (facultatif)

## **Préparation**

Se procurer des livres de nuages de référence et repérer les pages appropriées.

## **Pré requis**

Aucun

## Contexte

Les prévisions météorologiques pertinentes partent d'observations attentives et régulières. L'œil humain est l'un des meilleurs (et des moins chers) instruments météorologiques. Une grande partie de ce que l'on sait à propos du temps est le résultat d'une simple observation humaine depuis des milliers d'années. Bien qu'être capable d'identifier des nuages est utile en soi, l'observation régulière des nuages ainsi que du lien entre certaines sortes de nuages et le temps qu'il fait montrera aux élèves le lien entre les types de nuages et le temps. Reconnaître des types de nuages peut vous aider à prédire le temps qu'il fera prochainement. Nous ne feront pas ces liens ici, mais il y a de nombreux ouvrages météorologiques qui peuvent vous aider, vous et vos élèves, à les faire. Inviter un météorologue local à visiter votre classe et à parler avec les élèves et une manière certaine de stimuler l'intérêt des élèves pour le lien entre les types de nuages et de temps qu'il fait.

Dans cette activité, nous demandons aux élèves d'observer attentivement des nuages, d'en faire le croquis et de les décrire avec leurs propres mots avant d'utiliser les noms officiels. L'activité peut être répétée pendant des jours où différents types de nuages sont présents. En fait, si vous pouvez être spontané, ce serait bien de faire une pause et de faire de l'observation de nuages à chaque fois qu'un nouveau type de nuage apparaît dans le ciel. Avec le temps, les élèves pourront acquérir une formidable familiarité avec les différents types de nuages. Si vous ne pouvez pas emmener les élèves à l'extérieur quand des nuages intéressants apparaissent, vous pouvez peut-être les observer à travers une fenêtre.

## Les élèves rédigent un petit carnet personnel sur les nuages

Les élèves devront rédiger des notes personnelles sur les nuages et leurs types soit dans leur carnet « science » de GLOBE, soit dans un petit carnet séparé. Ils doivent consacrer une page de leur carnet « Science » de GLOBE à chaque type de nuage qu'ils identifient. Ils peuvent y consigner non seulement leurs propres observations et descriptions, mais également des photos des nuages qu'ils ont prises ou récupérées d'autres sources. Tous les jours, les élèves peuvent observer plusieurs types de nuages en même

temps. Si plusieurs types de nuages sont présents, ils doivent les consigner sur des pages séparées de leur carnet « Science » de GLOBE.

## Identifier et classer les nuages

Le protocole de GLOBE vous demande d'identifier dix types de nuages usuels. Les noms utilisés pour les nuages sont fondés sur trois facteurs : leur *forme*, l'*altitude* à laquelle ils se forment, et s'ils créent ou non des *précipitations*.

1. Il y a trois formes basiques de nuages : les *cumulus* (boursoufflé, en tas), les *stratus* (en dégradé, en couches) et les *cirrus* (vaporeux)

2. Les nuages se situent à trois altitudes distinctes (précisément, il s'agit de l'altitude de la base du nuage) :

Les nuages hauts (au-dessus de 6000m) désignés par « cirrus » ou « cirro- »

- Cirrus
- Cirrocumulus
- Cirrostratus

Les nuages intermédiaires (2000 – 6000 m) désignés par « alto- » :

- Altocumulus
- Altostratus

Les nuages bas (en dessous de 2000 m) sans préfixes :

- Stratus
- Nimbostratus
- Cumulus
- Stratocumulus
- Cumulonimbus

Remarque : Bien que les cumulus et cumulonimbus aient leur base en dessous de 2000 m, ils deviennent souvent suffisamment épais pour s'étaler jusqu'à une altitude intermédiaire ou même haute. C'est pourquoi ils sont souvent qualifiés de «nuages à développement vertical ». Seuls les hauts nuages étant vaporeux, les termes « cirrus » et vaporeux font référence aux nuages hauts.

3. Les nuages dont le nom comporte le mot « nimbus » ou le préfixe « nimbo » sont des nuages pluvieux.

4. Les traînées de condensations (sillages d'avions) sont des nuages linéaires formés autour des petites particules d'échappement de l'avion.

Ce sont en fait des nuages directement dus à l'activité humaine et présentent un grand intérêt pour les chercheurs. On peut en distinguer trois sous types :

1. *Les sillages à faible durée de vie* : sillages visibles derrière l'avion ; ne durent pas après les passages des avions.
2. *Les sillages persistants et concentrés* : sillages visibles (linéaires, en trait fin) qui ne se dissipent pas significativement ou qui ne montrent aucun signe d'éparpillement, et qui subsiste longtemps après que l'avion ait quitté la zone. Chaque sillage à un faible angle apparent dans le ciel.
3. *Les sillages persistants qui s'étendent* : nuages linéaires de type cirrus ayant une apparence plus diffuse ; chaque sillage à un plus grand angle apparent dans le ciel.

### **Conseils pour l'identification des nuages**

Plusieurs choses sont utiles à savoir pour identifier et nommer les nuages conformément aux classifications officielles :

Les nuages qui sont vaporeux et haut dans le ciel sont toujours cirrus d'un type ou d'un autre. Si les nuages cirrus contiennent des vagues ou des boursouflures, ce sont des cirrocumulus. S'ils forment des couches continues qui semblent couvrir le ciel de plus en plus haut, ce sont des cirrostratus. Les sillages d'avions apparaissent également à de hautes altitudes et ont une trace nuageuse très linéaire.

Les nuages d'altitude intermédiaire sont désignés par le préfixe « alto- ». S'ils sont en couches, ce sont des altostratus ; s'ils sont boursoufflés, ce sont des altocumulus.

Les nuages se formant à basse altitude (en dessous de 2000 m) sont soit de la famille des cumulus, soit de celle des stratus. Ceux de la famille des cumulus sont boursoufflés. Ceux de la famille des stratus forment des couches qui couvrent de grandes étendues du ciel.

Les nuages qui sont sombres, menaçants et *effectivement pluvieux* reçoivent la désignation « nimbus ». Les nuages nimbostratus couvrent tout le ciel de larges couches et engendrent une pluie soutenue.

Les nuages nimbostratus sont plus étendus horizontalement que verticalement. La pluie associée aux nimbostratus est typiquement d'une intensité faible à modérée mais s'étend sur une grande zone pendant une période assez longue. Les cumulonimbus sont sombres à

leur base et boursoufflés à leur sommet, ont souvent une forme d'enclume et sont parfois appelés « annonceurs d'orages ». Ils ont tendance à engendrer de fortes pluies, généralement accompagnées d'éclairs et de coups de tonnerres.

### **Utiliser la photographie**

Cela ne devrait pas être difficile de trouver des clichés de nuages dans des livres, des tables ou des revues. Cependant, les élèves apprécieront de prendre leurs propres photos des nuages. Introduisez cela comme une activité après qu'ils ont réalisé des croquis des nuages et les ont décrits avec leurs propres mots. Filmer des nuages en mouvement présente aussi une nouvelle vision de la formation et du comportement des nuages, en particulier si vous pouvez utiliser un trépied et un mode accéléré.



## Partie 1 : Décrire des nuages avec vos propres mots

### **Que faire et comment le faire**

1. Regrouper les élèves par binôme. Envoyer les élèves observer les nuages à l'extérieur avec leur carnet « Science » de GLOBE. Chaque élève doit dessiner un croquis détaillé des nuages présents dans le ciel. S'il y a plusieurs sortes de nuages, ils doivent dessiner chaque sorte de nuage sur une page différente de leur carnet.
2. Chaque élève doit reporter le jour et l'heure de leur observation et décrire l'apparence des nuages présents à côté du croquis. Ils doivent utiliser autant de mots que nécessaire pour décrire l'apparence des nuages. Insister sur le fait qu'il n'y a pas de bonnes ou mauvaises réponses et qu'ils doivent utiliser tous les mots qui leur semblent appropriés. Voici certaines réponses possibles des élèves :  
*Taille* : petit, grand, lourd, lumineux, dense, épais  
*Forme* : élancé, filandreux, cotonneux, bosselé, déchiré, lisse, dissymétrique, en couches superposées, en lambeaux, ressemble à ...  
*Couleur* : gris, noir, blanc, argenté, laiteux  
*Description* : orageux, menaçant, sombre, flou, joli, strié, brumeux, mousseux, épars, en mouvement, tourbillonnant
3. Au moment de rentrer en classe, les binômes doivent se regrouper deux par deux et partager leurs descriptions. Demander à chaque groupe de 4 de constituer une « liste de groupe » de tous les mots qu'ils ont utilisés pour décrire chaque type de nuage observé. Ils doivent sélectionner les mots qu'ils pensent être les meilleurs pour décrire les nuages qu'ils ont vus.
4. En utilisant la table de classification des nuages GLOBE, les élèves doivent associer leurs croquis avec une des photographies et inscrire le nom scientifique du nuage à côté de leur croquis.

3. Répéter l'observation, la représentation et

## Partie 2 : Comparer vos descriptions aux descriptions officielles

### **Que faire et comment le faire**

1. (Vous pouvez choisir de reporter cette discussion jusqu'à ce que la classe ait accumulé des descriptions de plusieurs différents types de nuages.)  
Lancez une discussion dans la classe. Demandez à chaque groupe de quatre de dessiner un croquis de nuage au tableau et retenir les mots que le groupe utilise pour décrire le nuage. Si plusieurs différents types de nuages ont été observés, prenez un groupe différent pour chaque type. Demandez aux autres groupes de donner les mots supplémentaires qu'ils ont utilisés pour décrire ces nuages.  
Demandez aux élèves de regrouper les mots qu'ils ont utilisés par groupe de mots qui semblent aller ensemble. Demandez leur de nommer les caractéristiques précises des nuages (comme la taille, la forme, l'altitude ou d'autres caractéristiques) auxquelles leurs groupes de mots font référence. Est-ce que ces groupes de mots représentent les caractéristiques principales d'un nuage auxquelles un observateur devrait selon eux prêter attention ? Y a-t-il une caractéristique des nuages qui n'a pas été prise en compte ? D'après eux, sur quoi est fondé leur système, c'est-à-dire quelles sont les caractéristiques des nuages auxquelles il prête attention ?
2. Demandez aux élèves de donner les noms « officiels » des nuages dessinés au tableau. Expliquez que le système officiel classe les nuages au regard de trois caractéristiques des nuages : la forme, l'altitude et les précipitations qu'ils engendrent. Comparez le système officiel avec le système de classement qu'ils ont mis en place par eux-mêmes. Quelles caractéristiques des nuages sont incluses ou omises dans chacun d'entre eux ? Demandez aux élèves quels mots ils emploieraient pour décrire chacune de ces familles de nuages :
  - Les nuages stratus
  - Les nuages cumulus
  - Les nuages cirrus
  - Les nuages nimbus

la description de différents types de nuages lors de l'apparition de nouveaux nuages dans le ciel les jours suivants. Assurez vous que les élèves prennent une nouvelle page de leur carnet « science » de GLOBE pour chaque nouveau type de nuage observé. Faites les noter à la fois le nom officiel du nuage et leur description préférée de celui-ci. Continuez à leur parler des fondements du système de classification officiel.

### **Adaptations pour élèves plus jeunes ou plus âgés**

Les élèves plus jeunes peuvent décrire des nuages à partir de leur type basique de famille : cirrus, cumulus et stratus. Ils peuvent également décrire la hauteur des nuages : faible, moyenne ou élevée ; leurs formes : grand ou petit ; et leurs couleurs : blanc, gris ou noir.

Les élèves plus âgés peuvent relier les types de nuages avec l'apparition de certains types temps. Voir l'activité « Observation des nuages ». Les élèves peuvent également prêter attention à la succession des types de nuages au cours des jours et peuvent s'intéresser aux facteurs contribuant à la formation des nuages.

Cette activité peut présenter des opportunités de collaboration intéressantes avec un professeur de dessin ou de littérature. Chacun d'eux peut apporter une vision différente et peut-être non scientifique de la description des nuages.

### **Aller plus loin**

Examinez la corrélation entre le vent et les nuages. Reporter la direction et la vitesse du vent pour chaque type de nuage observable.

Expliquez les liens entre le cycle hydrologique et les conditions atmosphériques.

Les photos des satellites ou des navettes spatiales permettent d'observer la dynamique de notre atmosphère et d'examiner des phénomènes à grande échelle qu'il n'est pas possible d'observer de la Terre. Utilisez des clichés issus de l'imagerie spatiale pour prédire le temps ou pour suivre des tempêtes. Appréciez les avantages et les inconvénients des images spatiales par rapport aux informations et données météorologiques locales.

Suivez les tempêtes et les nuages à distance pour aider à la compréhension des conditions météorologiques locales. Utilisez des jumelles pour étudier les nuages et leurs formations à distance. Utilisez des cartes de la région pour vous aider à déterminer la distance des points de repères et la vitesse à laquelle les nuages se déplacent.

Concevez des jeux sur les nuages pour développer vos capacités d'identification ainsi que certains concepts :

**Jeu n°1 :** Faites faire aux élèves un premier jeu de cartes de 7\*12 cm comportant les noms de chacun des dix types de nuages et un second jeu de cartes comportant des illustrations de chacun des types de nuages. Des binômes mélangent les cartes et les posent faces cachées. Les joueurs retournent chacun à leur tour deux cartes à la fois et essayent d'obtenir une paire (nom correspondant à l'illustration). Le joueur qui obtient une paire peut rejouer. La partie continue jusqu'à ce que toutes les cartes aient formé des paires. Le gagnant est celui qui a obtenu le plus de paires.

**Jeu n°2 :** Des groupes d'élèves peuvent concevoir des questions sur les nuages : formation, forme, altitude et pourcentage de couverture dominante. Sur un jeu de cartes de 7\*12 cm, écrire la réponse à une question. Par exemple : « nuages épars » est la réponse à la question « Quelle est la couverture nuageuse quand entre un dixième et la moitié du ciel est couvert de nuages ? ». Formez des équipes au sein de la classe pour jouer. Les joueurs répondent aux cartes sous forme d'une question (Voir ci-dessus).

# Estimation de la couverture nuageuse : une simulation



## Objectif général

Aider les élèves à mieux comprendre les pourcentages de couverture nuageuse et à faire des observations plus précises de la couverture nuageuse.

## Objectif spécifique

En travaillant par paires ou par petits groupes, les élèves utilisent du papier cartonné pour imiter la couverture nuageuse. Ils évaluent le pourcentage de couverture nuageuse, représentée par des morceaux de papier déchiré sur un fond contrasté et mettent en place une classification de couverture nuageuse à partir des simulations de leurs camarades.

## Compétences

Les élèves comprennent les difficultés à estimer de visu le pourcentage de couverture nuageuse et acquièrent de l'expérience en évaluant la couverture nuageuse, la précision de ces évaluations, et en utilisant les fractions et les pourcentages.

## Concepts scientifiques

*Science de la Terre et de l'Espace*

Les nuages peuvent être décrits de manière quantitative.

Les nuages changent suivant des échelles temporelles et spatiales.

## Géographie

La nature et l'étendu de la couverture nuageuse influent sur les caractéristiques physiques géographiques.

## Compétences scientifiques

Estimer la couverture nuageuse.

Conception et conduite d'investigations scientifiques.

Utiliser l'outil mathématique pour analyser les données.

Communiquer les résultats et les explications.

## Durée

1 heure de cours

## Niveau

Tout niveau

## Matériel et instruments

Des feuilles de papier cartonné de couleur, une bleue et une blanche par élève.

Un bâton de colle, de la glue ou du scotch®.

## Préparation

Aucune

## Pré requis

Connaissance des fractions et des pourcentages

## Contexte

Même des observateurs confirmés ont des difficultés à évaluer la couverture nuageuse. Cela semble provenir, en partie, de notre tendance à sous-estimer l'espace libre entre les objets par comparaison avec l'espace occupé par les objets eux-mêmes, dans le cas des nuages. Les élèves ont la possibilité d'expérimenter cette distorsion perceptuelle par eux-mêmes, de réfléchir aux conséquences que cela entraîne sur leur travail scientifique, et de concevoir des stratégies pour améliorer leur capacité à évaluer la couverture nuageuse.

## Que faire et comment le faire

Présentez aux élèves l'idée d'observer et de quantifier la couverture nuageuse. Expliquez leur qu'ils devront simuler une couverture nuageuse à partir de papier cartonné et qu'ils devront estimer la quantité de nuages à partir de petits morceaux de papier blanc sur un fond bleu.

Montrez leur les procédures décrites ci-dessous dans les étapes 3-6 de manière à ce que les élèves comprennent comment procéder.

Vous pouvez relire le *Protocole relatif aux nuages* avec les élèves avant d'entamer cette activité ou utiliser cette activité comme un premier pas dans la présentation du protocole aux élèves. L'étape 7 ci-dessous requière que vous expliquiez les différentes catégories de la

nuages, temps dégagé, nuages isolés, dispersés, fragmentés, et temps couvert.

1. Répartissez les élèves par paire.
2. Fournir à chaque paire le matériel nécessaire :
  - une feuille de papier cartonné bleue
  - une feuille de papier cartonné blanche divisée en 10 morceaux de taille égale
  - un carnet de notes scientifiques GLOBE
  - Un bâton de colle, de la glue ou du scotch®.
3. Demandez aux différentes paires d'élèves de choisir le pourcentage de couverture nuageuse qu'ils souhaitent représenter. Ils doivent choisir un multiple de 10% (i.e 20%, 30%, 60%, etc. et non pas 5% ou 95%). Ils ne doivent révéler à personne d'autre le pourcentage qu'ils ont choisi.
4. Demandez à chaque paire de couper leur papier blanc de manière à représenter le pourcentage de couverture nuageuse qu'ils ont choisi. Par exemple, s'ils ont choisi 30%, ils doivent couper 30% de leur papier blanc et recycler les 70% restants.
5. Les élèves doivent ensuite déchirer leur papier blanc en petits morceaux aux formes irrégulières pour représenter les nuages.

classification mise en place – absence de

6. Demander aux élèves de coller ou de scotcher leurs nuages sur le papier bleu, en faisant attention à ne pas les faire empiéter les uns sur les autres. Au dos du papier bleu, faites leur écrire le pourcentage correspondant à leur couverture nuageuse.
7. Demandez aux élèves de se balader dans la classe en regardant les différentes simulations et en estimant à chaque fois, le pourcentage de couverture nuageuse. Pour chaque simulation, ils doivent choisir entre « temps dégagé, nuages isolés, dispersés, fragmentés, et temps couvert en utilisant le tableau AT-CO-1 ». Ils doivent ensuite écrire leurs différentes estimations sur leur carnet de notes GLOBE, en utilisant un tableau identique au tableau AT-CO-2. Demandez à tous les élèves de passer voir toutes les simulations ou bien diviser la classe de telle sorte que les élèves ne passent que devant certaines simulations.
8. Quand les élèves ont fini d'estimer les différents pourcentages de couverture nuageuse, dessiner au tableau un tableau pour comparer les différentes estimations avec le pourcentage réel. Reportez-vous au tableau AT-CO-3.
9. Dessiner un second tableau pour comparer les classifications correctes avec les incorrectes. Reportez-vous au tableau AT-CO-4.
10. Discutez en classe de la précision des estimations. Quelles étaient les plus précises — les estimations des pourcentages ou les classifications?

Pourcentage	Si moins de	Si plus de
10 %	Temps dégagé	Nuages isolés
25 %	Nuages isolés	Nuages dispersés
50 %	Nuages dispersés	Nuages fragmentés
90 %	Nuages fragmentés	Temps couvert

*Table AT-CO-1*

Prénoms	Pourcentage estimé	Classification
Jon et Alice	40 %	Nuages dispersés
Juan et José	70 %	Nuages fragmentés

*Table AT-CO-2*

<b>Prénoms</b>	<b>% réels</b>	<b>Sous-estimations</b>	<b>Estimations correctes</b>	<b>Surestimations</b>
Jon et Alice	60	4	5	12
Juan et José	70	6	9	6

*Table AT-CO-3*

<b>Prénoms</b>	<b>Classification exacte</b>	<b>Couverture trop faible</b>	<b>Couverture exacte</b>	<b>Couverture trop importante</b>
Jon et Alice	Nuages fragmentés	4	9	8
Juan et José	Nuages fragmentés	7	12	2

*Table AT-CO-4*

A quels endroits les erreurs les plus importantes apparaissent-elles?

Les élèves peuvent-ils trouver une estimation quantitative de leur précision collective ?

La classe a-t-elle tendance à sur- ou à sous-estimer la couverture nuageuse ?

Quels facteurs influencent la précision des estimations (par exemple la taille des nuages, le regroupement des nuages d'un côté du ciel, le pourcentage de ciel couvert par les nuages) ?

Les élèves ont-ils l'impression d'être naturellement doués pour les estimations, ou est-ce une capacité qu'ils peuvent développer ?

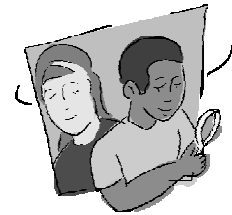
Dans quels autres domaines, ces capacités d'estimation spatiale peuvent-elles être utiles ?

Quelles classifications de nuages étaient les plus faciles et les plus difficiles à identifier ?

Quelles stratégies ont permis aux élèves d'estimer correctement la couverture nuageuse ?

Quelles stratégies peuvent permettre d'obtenir des classifications plus précises ?

# Observer la visibilité et la couleur du ciel



## Objectif général

Observer, documenter et classer les changements de visibilité et de couleur du ciel au cours du temps et comprendre les relations entre la couleur du ciel, la visibilité et les aérosols dans l'atmosphère.

## Objectif spécifique

Les élèves deviennent conscients des changements de visibilité et de la couleur du ciel dus aux particules en suspension dans l'air.

## Compétences

### Concepts scientifiques

*Sciences de la Terre et de l'Espace*

L'atmosphère est composée de différents gaz et aérosols.

### Géographie

Les activités humaines peuvent modifier l'environnement physique, particulièrement la qualité de l'air et la composition de l'atmosphère.

### Phénomènes Atmosphérique

Les aérosols diminuent la quantité d'énergie solaire qui atteint la surface de la Terre.

Les aérosols dans l'atmosphère augmentent la brume, diminuent la visibilité, et affectent la qualité de l'air.

### Compétences scientifiques

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Observer et décrire les conditions du ciel

Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.

Reconnaître et analyser les explications possibles.

Communiquer les résultats et les explications.

## Durée

Observations initiales : 20 minutes

Observations après explications : 10 minutes

## Niveau

Pour tous

## Fréquence

Observations initiales : pendant 5 à 10 jours, jours avec une faible couverture nuageuse de préférence

Observations après explications : tout au long de l'année, jours avec une faible couverture nuageuse de préférence

## Matériels et instruments

Stylos de couleur ou peinture à l'eau et pinceaux

Papier blanc

Optionnel : appareil photo ou échantillon de peinture (d'un magasin d'arts plastiques)

Feuille de données pour la visibilité et la couleur du ciel

Graphique pour résumer la visibilité et la couleur du ciel.

Ciseaux et bande adhésive.

## Préparation

Aucune

## Pré requis

Protocole de couverture nuageuse

## Contexte

Pourquoi un ciel clair est-il bleu ? L'atmosphère est constituée à première vue de molécules d'oxygène et d'azote. La lumière du soleil rebondit sur les molécules, selon un procédé appelé diffusion. La lumière avec les longueurs d'onde les plus courtes, dans le bleu du spectre visible, est diffusée plus fortement que les plus grandes longueurs d'ondes. Pour un observateur au sol, cette lumière diffusée remplit le ciel tout entier et un ciel clair apparaît bleu.

Cependant il y a aussi des particules solides et liquides appelées aérosols, en suspension dans l'atmosphère. Quand il y a relativement peu d'aérosols, le ciel apparaît clair. Par exemple, un bâtiment distant ou le pic d'une montagne apparaissent clairement définis, avec des couleurs similaires à ce que vous verriez si vous étiez beaucoup plus près de l'objet distant. Par un jour très clair, vous diriez que la couleur du ciel est bleu ou bleu profond et le ciel est clair voire inhabituellement clair. Les aérosols proviennent de sources naturelles comme la condensation et la vapeur d'eau congelée, les volcans, les tempêtes de poussière, et les cristaux de sel qui viennent de l'évaporation de l'eau de mer. Ils proviennent aussi des activités humaines comme la combustion des énergies fossiles et de la biomasse (c'est-à-dire le bois, le fumier et les feuilles sèches) ainsi que du labourage et du bêchage du sol. Les aérosols sont beaucoup plus gros que des molécules de gaz (ils vont d'une taille de  $10^{-6}$  m (1 micron) à  $10^{-7}$  m) et ils diffusent la lumière pour toutes les longueurs d'onde du visible. Les aérosols isolés sont trop petits pour être visibles par à l'oeil, mais leur présence affecte l'apparence du ciel. Quand la concentration en aérosol, et donc la diffusion de la lumière, augmente, le ciel apparaît moins bleu. La brume est l'effet visible des aérosols sur l'atmosphère ; c'est une condition qualitative que vous pouvez observer. Quand les concentrations en aérosols sont élevées, on peut dire que le ciel semble brumeux. Les concentrations en aérosols peuvent aussi être mesurées quantitativement.

Des ciels brumeux apparaissent bleu pâle ou presque blanc. En fonction du type d'aérosols présents dans l'atmosphère, le ciel peut aussi apparaître brunâtre ou jaunâtre. La diffusion de la lumière visible à travers un ciel brumeux affecte la visibilité horizontale, donc des objets distants apparaissent moins distincts, avec des couleurs délavées ou déformées. Les objets distants qui sont visibles par un jour clair peuvent dans ce cas disparaître un jour brumeux.



*Photograph © Forrest M. Mims III. Used by permission. May be freely reproduced with acknowledgment.*

Les aérosols, probablement produits par le nuage de pollution urbain, est à l'origine de la brume évidente sur cette photo de l'Empire State Building de New York. Pendant les dernières décennies, la visibilité horizontale a diminué autour du globe, en moyenne, à cause de l'augmentation des concentrations en aérosols. En conséquence, des vues pittoresques autour du globe ont été obscurcies.

## Support pour l'enseignant

Pendant cette activité, vos élèves observeront attentivement l'atmosphère pendant plusieurs jours et enregistreront leurs observations. Au travers de ces observations directes, ils comprendront que la visibilité et la couleur du ciel sont reliées et que toutes les deux sont dues à la présence ou absence relative d'aérosols.

Les élèves classeront la couleur du ciel, utilisant les catégories standard et représenteront la couleur du ciel en utilisant des peintures ou des crayons de couleur. Ils enregistreront aussi la visibilité basée sur l'observation d'un objet distant comme une montagne ou un immeuble. Il n'est pas important qu'ils fassent des observations chaque jour, mais ils devront essayer d'avoir une gamme de visibilité et de couleur du ciel assez large suivant le lieu. Ils devront essayer d'observer pendant des jours très clairs, pendant des jours brumeux, et pendant des jours intermédiaires. Après qu'ils aient observé et noté les exemples de jours très clairs, très brumeux, et de conditions intermédiaires, la classe notera les observations sur un tableau de résumé et verra si un lien émerge ou non entre visibilité et couleur du ciel.

### Visibilité

Par « visibilité », nous entendons la clarté avec laquelle les objets peuvent être vus au travers de la masse d'air qui les sépare. Afin de pouvoir juger de la visibilité ou de la clarté de l'atmosphère, les élèves ont besoin de pouvoir regarder assez loin, comme un immeuble distant ou une montagne ou une colline. En regardant la même scène ou le même objet chaque jour les élèves se rendront progressivement compte que le ciel peut être inhabituellement clair, clair, un peu brumeux, très brumeux, ou extrêmement brumeux. Il n'y a que la pratique, beaucoup d'exemples différents et une discussion qui peuvent rendre ces catégories claires. (sans jeu de mots)

### Couleur du ciel

Vous demanderez aussi aux élèves d'observer, de classer et de représenter la couleur du ciel. Ils classeront la couleur du ciel en utilisant des catégories qui seront listées en bas de la page de données. Elles représentent la couleur du ciel en utilisant de la peinture ou des crayons de couleur. Ils pourront aussi essayer d'utiliser des photographies ou des fragments de peinture de

couleur. En faisant plus d'observations, les élèves deviendront plus confiants dans leurs classifications et meilleurs pour représenter la couleur du ciel.

Il se peut que les élèves remarquent que le ciel a une couleur différente dans différentes parties du ciel. Près de l'horizon il est typiquement plus clair à cause de la présence des aérosols. La partie plus sombre du ciel peut souvent être vue à mi-chemin entre l'horizon et le zénith (juste au-dessus de la tête), dans la direction opposée au soleil, c'est-à-dire quand votre ombre est devant vous. Les élèves pourront essayer de localiser la partie la plus sombre (la plus bleue) du ciel et la noter.

### Corrélation entre visibilité et couleur du ciel

Un des buts de cette activité est que les élèves réalisent que durant les jours les plus clairs, avec la plus grande visibilité, le ciel est bleu profond, alors que durant les jours brumeux il apparaît laiteux. Les changements de visibilité et de couleur du ciel sont tous les deux dus aux changements de la concentration d'aérosols dans l'atmosphère. Comme les aérosols diffusent la lumière du soleil, les grandes concentrations en aérosols rendent plus difficile la vision des objets distants et fait apparaître le ciel plus clair. Durant les jours clairs où il y a peu d'aérosols, la visibilité est élevée et le ciel est bleu profond. Mais ne le dites pas aux élèves ; laissez-les le découvrir en reportant les observations de la classe dans le tableau *résumé de la visibilité et de la couleur du ciel*. La plupart des observations *devraient* à peu près tomber le long de la diagonale principale d'en haut à gauche à en bas à droite.

### Que faire et comment le faire

1. Amenez les élèves à discuter sur les aérosols, la visibilité et la couleur du ciel. Commencez par leur demander de ce qu'ils se souviennent durant les moments où le ciel était très brumeux. Comment était la visibilité ? Comment se rendaient-ils compte que la visibilité était faible ? De quelle couleur était le ciel ? Quand cela avait-il lieu ? Qu'est-ce qui selon eux causait cela ?
2. Continuez en leur demandant de se remémorer un moment où le ciel était très clair. A quoi ressemblait-il ? Quelle couleur ? Comment était la visibilité à travers l'atmosphère ? Quand cet



événement très clair a-t-il eu lieu ? Quel était le temps à ce moment-là ? Selon eux, à quoi est due la clarté de l'air à ce moment-là ?

3. Si cela n'a pas encore été évoqué durant la discussion, discuter du rôle des aérosols dans la formation de la brume. Discuter aussi de comment des aérosols comme la poussière peuvent parcourir de grandes distances et influencer des conditions locales.
4. Expliquer qu'ils vont entreprendre une recherche sur la couleur du ciel et sur la visibilité. Présenter la *Fiche de données sur la visibilité et sur la couleur du ciel* et discuter de la manière de l'utiliser. Faire des observations autant de jours qu'il faudra pour obtenir une bonne diversité de conditions atmosphériques dans les données.
5. Après que la classe ait fait un grand nombre d'observations, couvrant l'ensemble des conditions atmosphériques qui peuvent avoir lieu dans votre zone, rassembler les élèves pour une discussion de groupe sur les données récoltées. Impliquer les élèves dans un échange sur les conditions existantes lorsqu'ils ont observé les ciels les plus clairs et les plus brumeux. Comment était le temps ? Qu'est-ce qui, selon eux, expliquaient les ciels les plus clairs et les plus brumeux ? Quand le ciel était brumeux en particulier, la brume était-elle due à des facteurs locaux, régionaux ou plus éloignés ?
6. Au tableau ou sur du papier approprié, dessiner un graphique similaire au *Graphique de la visibilité et de la couleur du ciel*. Inviter les élèves à compléter le graphique avec leurs données en plaçant une croix dans le tableau de classification croisée, ce pour chaque observation.
7. Quand le graphique est complété par les observations de tous les élèves, vous devriez observer une tendance dans les données, formant une diagonale du coin en haut à gauche au coin en bas à droite. Demander aux élèves d'expliquer pourquoi cette tendance existe. Quelle est la cause commune à une faible visibilité et aux ciels laiteux ?

8. (Optionnel) Faire en sorte que chaque élève ou chaque équipe crée une « légende » pour les aider lors de futures observations. Choisir pour chaque niveau de visibilité/couleur de ciel un exemple de couleur de ciel, allant de « particulièrement clair » à « très brumeux ». Utiliser ces légendes pour uniformiser vos observations de conditions brumeuses. Les élèves peuvent continuer à faire des observations pendant l'année, et découvrir des corrélations avec les saisons, les orages, l'heure de la journée, la température, la direction du vent et d'autres conditions. En fonction de l'âge des élèves, ces légendes peuvent être des peintures de ciel, des photographies ou des jetons de couleurs peints pouvant être trouvés dans des magasins vendant des peintures d'intérieur.

### **Préparation des élèves pour observer la Visibilité et la Couleur du ciel**

Ne faites les observations que les jours où vous pouvez voir le ciel. N'essayez pas d'observer la visibilité ou la couleur du ciel les jours trop couverts. Chaque jour où vous faites une observation, enregistrer la date, l'heure locale, et votre estimation de la visibilité et de la couleur du ciel.

La visibilité et la couleur du ciel sont des classifications subjectives. Cela signifie que vous devez vous attendre à des variations parmi les observateurs et dans vos propres classifications à mesure que vous acquerez de l'expérience. Vous accumulerez de l'expérience en observant l'atmosphère et le ciel, et vous changerez d'avis sur certaines de vos classifications initiales. Vous déciderez peut-être que ce qu'à l'origine vous classiez comme un ciel bleu profond, vous le considérerez désormais comme simplement « bleu ». Ou, vous pourriez décider que ce que vous pensiez être « un peu brumeux » était « très brumeux ». Ne vous inquiétez pas outre mesure, et ne revenez pas en arrière en changeant vos anciennes observations. Vous pouvez vous attendre à ce que votre compétence dans la classification évolue et change. Progressivement, vous devriez gagner de la confiance dans votre aptitude à classer de manière cohérente.

### 1. Estimer la visibilité :

Choisir un objet distant – une chaîne de montagne, un bâtiment, ou tout objet à plusieurs kilomètres de distance. Utiliser cet objet en tant qu' « objet de référence » pour apprécier la visibilité chaque jour où vous faites une observation. Notez à quel point il vous paraît distinct, et choisissez une catégorie de visibilité ci-dessous et notez-la sur la *Fiche de données sur la visibilité et sur la couleur du ciel*.

Particulièrement clair

Clair

Un peu brumeux

Très brumeux

Extrêmement brumeux

### 2. Observer la couleur du ciel :

Maintenant, regardez le ciel et trouvez les parties qui ont les couleurs les plus sombres. Quand vous faites ceci, faites attention de ne jamais regarder le soleil directement, même s'il est partiellement obscurci par des nuages. Choisir une catégorie pour la couleur du ciel dans la liste ci-dessous et notez la sur la *Fiche de données sur la visibilité et sur la couleur du ciel*.

Bleu profond

Bleu

Bleu clair

Bleu pâle

Laiteux

3. Peindre ou dessinez avec des crayons de couleur votre représentation la meilleure de la couleur du ciel dans le cadre à « images ». Vous pouvez aussi utiliser des jetons de couleur peints ou des photographies pour représenter la couleur du ciel.

## Questions pour la compréhension

1. Quand vous voyez des ciels bleus, quelles autres conditions météorologiques sont susceptibles d'exister ? Que pouvez-vous observer d'autre les jours très clairs ?
2. Êtes-vous attentifs aux évolutions quotidiennes de la couleur du ciel et de la visibilité dans votre zone ? Est-ce d'habitude plus brumeux à certaines heures de la journée ? Quelle en est la cause ?
3. Comment la couleur du ciel et la brume sont-elles liées au temps ?
4. La couleur du ciel et la brume dans votre zone sont-elles liées à la quantité de vent et à sa direction ? Si oui, pourquoi ?
5. La couleur du ciel et la brume dans votre zone sont-elles liées à la période de l'année ? C'est-à-dire, y a-t-il une influence saisonnière sur vos données ?



# Tableau de résumé de la visibilité et de la couleur de ciel

Mettre un signe ou un « x » dans la cellule du tableau qui correspond à l'observation

Visibilité / couleur du ciel	Bleu profond	Bleu	Bleu léger	Bleu pale	laiteux
Inhabituellement clair					
Clair					
Un peu brumeux					
Très brumeux					
Extrêmement brumeux					

Que constatez-vous sur l'emplacement des croix dans ce tableau ?

---

---

---

---

---

---

---

---

Comment pouvez-vous expliquer cette figure ?

---

---

---

---

---

---

---

---



# Réaliser un cadran solaire

## Objectif général

Etudier le mouvement du soleil pendant la journée et déterminer le moment du midi solaire local.

## Objectif spécifique

Les élèves construisent un cadran solaire et l'utilisent pour observer le déplacement du soleil dans le ciel au cours de la journée en marquant les changements de position d'une ombre toutes les heures. Les élèves déterminent le moment approximatif du midi solaire au niveau de leur école grâce au temps indiqué pour l'ombre la plus courte.

## Compétences

Les élèves acquerront une meilleure compréhension du mouvement journalier du soleil dans le ciel. Ils s'essaieront également à la conduite d'un ensemble d'observations quantitatives simples.

## Concepts scientifiques

*Science de la Terre et de l'Espace*

Le mouvement diurne et saisonnier du soleil dans le ciel peut être observé et décrit.

*Géographie*

Les caractéristiques physiques d'un emplacement dépendent de sa latitude et de son lien avec les radiations solaires incidentes.

## Compétences scientifiques

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Conception et conduite d'investigations scientifiques.

Construire un instrument scientifique.

Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.

Communiquer les résultats et les explications.

## Durée

5 minutes par mesure par heure durant une journée d'école ensoleillée ; 15 minutes pour vérifier le cadran solaire les jours suivants ; du temps pour les discussions en salle de classe

## Niveau

Primaire et Collège

## Matériel et instruments

Un bâton en bois ou une piquet similaire d'au moins 50 cm de long

Des repères pour marquer les ombres (drapeaux, pierres, bâtons, clous, etc.)

Un mètre.

## Préparation

Aucune

## Pré-requis

Aucun

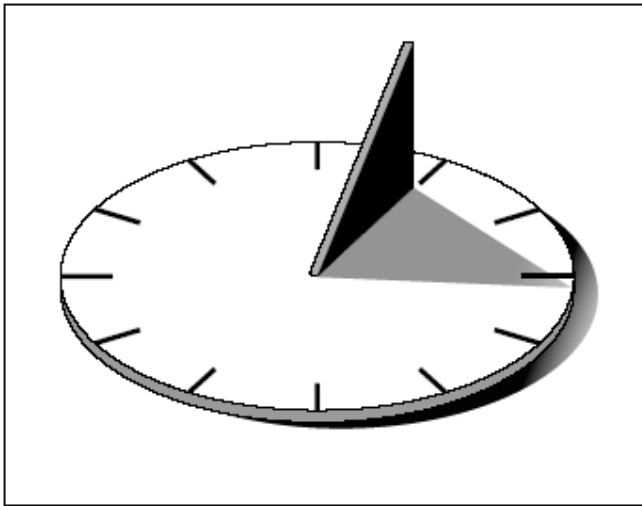
## Contexte

Peut être les élèves ont-ils remarqué en arrivant le matin à l'école que le soleil brille d'un côté de l'école et que lorsqu'ils repartent dans l'après-midi, le soleil brille de l'autre côté de l'école. Ceci a lieu car le soleil semble se déplacer de part en part du ciel tous les jours.

Avant l'invention des horloges, les gens utilisaient ce mouvement du soleil pour en déduire l'heure grâce à la réalisation de cadrans solaires. Ces cadrans solaires sont tout simplement des objets verticaux fixes, comme un bâton, placés sur une surface plane.

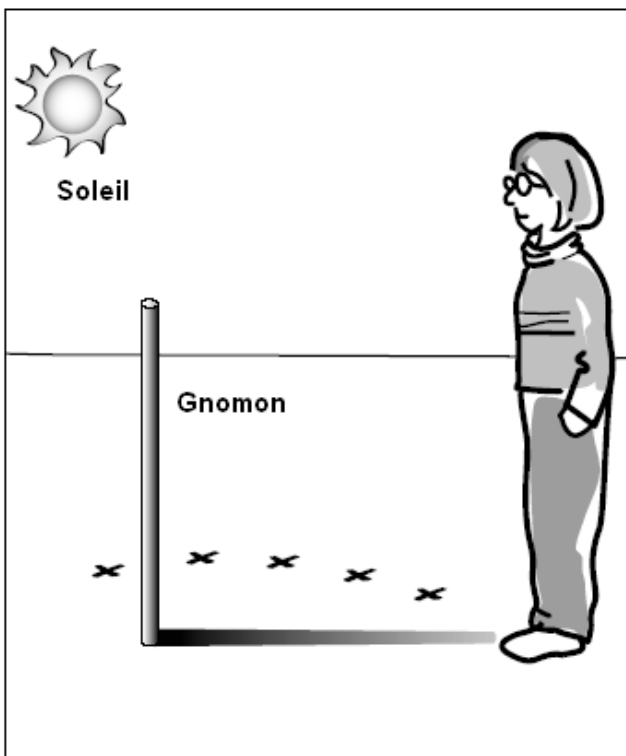
Le bâton s'appelle un gnomon et la surface plane un cadran. Au fur et à mesure que le soleil se déplace dans le ciel, la longueur et la position de l'ombre projetée sur le cadran par le gnomon sont modifiées. L'ombre est la plus longue au lever et au coucher du soleil et la plus courte au moment du midi solaire.

Grâce à cette activité, les élèves vont réaliser un cadran solaire en marquant chaque heure la position de l'ombre projetée par un gnomon et ce durant toute une journée d'école. Ils rendront visite à leur cadran les jours suivants pour voir s'ils arrivent à prédire l'heure grâce au cadran qu'ils auront réalisé.

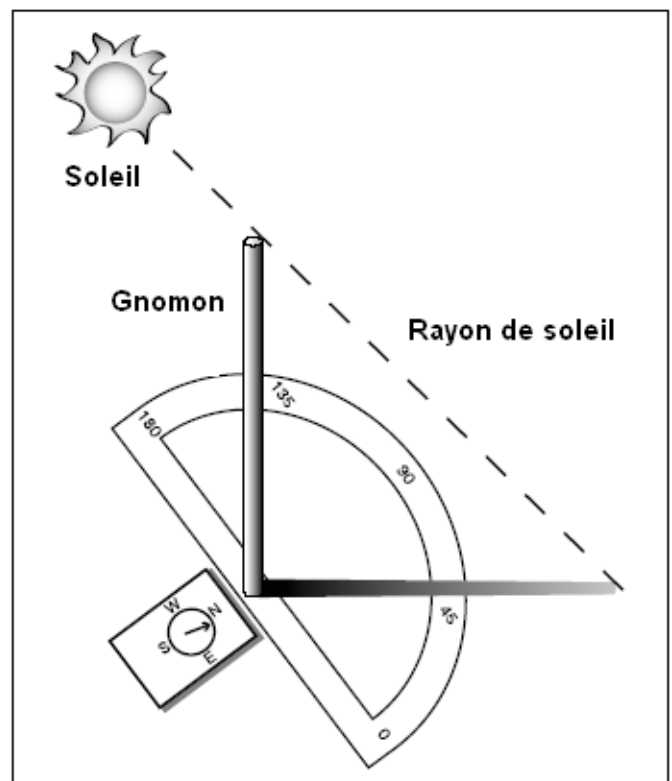


### Que Faire et Comment Le Faire

1. Sélectionner une journée qui restera ensoleillée pendant au moins 7 heures à partir de l'heure de début de l'école
2. Emmenez les élèves à une zone assez plate sur le terrain de l'école qui ne sera pas marquée par les ombres provenant des bâtiments et des arbres jusqu'à la fin de journée. Placez le bâton (gnomon) dans le sol en vérifiant bien qu'il est perpendiculaire au sol à l'aide d'un fil de plomb (un fil avec un poids au bout) ou d'un niveau de maçon. Mesurez et notez la hauteur depuis le sol jusqu'au sommet du piquet.

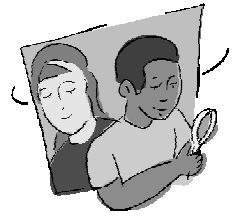


3. Dites aux élèves de marquer un '#1' sur le premier objet (pierre, drapeau, etc.) qu'ils utiliseront pour marquer la position de l'ombre. Ils placeront ce marqueur sur le sol au bout de l'ombre et noteront l'heure en regardant leurs montres.
4. Les élèves devraient mesurer la distance de la base du gnomon jusqu'au bout de l'ombre et la noter dans la table fournie. (Facultatif : faites-les également mesurer l'angle à l'aide d'un compas)
5. Dites à quelques élèves de vérifier le gnomon au moins une fois par heure durant le restant de la journée. A chaque fois, ils devraient mesurer la longueur de l'ombre (et éventuellement l'angle), placer un nouveau marqueur numéroté au bout de l'ombre et noter l'heure.
6. Demandez aux élèves d'utiliser la table pour déterminer quel marqueur est le plus proche du piquet. Il correspond à l'heure de l'ombre la plus courte qui est donc la plus proche du midi solaire. Si vous avez le temps, vous pourriez demander aux élèves de prendre des mesures plus fréquentes le lendemain aux environs de l'heure de cette observation pour avoir une meilleure estimation du midi solaire.





# Calcul de la masse d'air relative:



## Objectif général

Introduire aux élèves la notion de masse d'air et montrer comment l'angle d'élévation solaire modifie l'intensité du soleil qui atteint un observateur au sol.

## Objectif spécifique

Les élèves travaillent en groupes pour calculer des masses d'air grâce à de la géométrie simple.

## Compétences

Les élèves comprennent la relation entre l'angle d'élévation solaire et la masse d'air relative.

## Concepts scientifiques :

### *Science de la Terre et de l'Espace :*

Processus dynamiques tels que la rotation de la Terre ou le transfert d'énergie entre la Terre et le Soleil.

### *Phénomènes Atmosphérique*

La longueur du trajet d'un rayon solaire incident à travers l'atmosphère (la masse d'air relative) varie en fonction de l'angle d'élévation solaire.

## Compétences scientifiques

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Conception et conduite d'investigations scientifiques.

Utiliser l'outil mathématique pour analyser les données.

Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.

Identification et analyse des différentes hypothèses.

Communiquer les résultats et les explications.

## Durée

*Relevé des angles d'élévation (le matin) :*  
5 minutes par valeur. Ciel dégagé nécessaire.

*Calcul de la masse d'air :* 20 minutes

## Niveau :

Primaire et secondaire

## Matériel et instruments :

Mètre ou ruban gradué en centimètres  
Piquet d'au moins 50 cm de haut pour faire un cadran solaire

Feuille de calcul de masse d'air relative

## Pré-requis

Savoir faire un cadran solaire (pour les plus jeunes élèves)



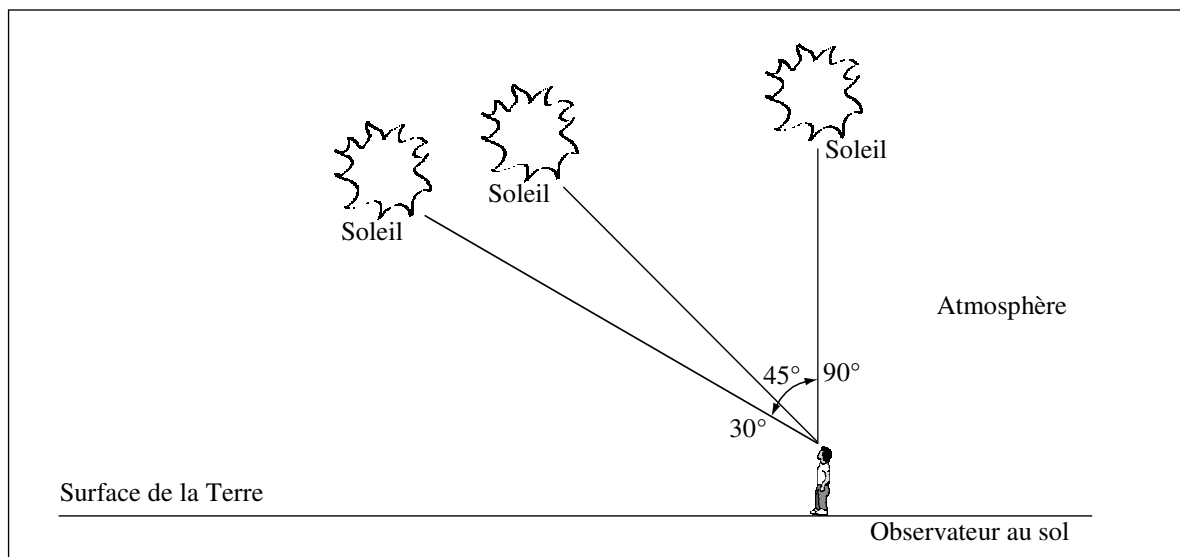


Figure AT-AM-1

## Support pour l'enseignant

### Contexte

La masse d'air relative est un quotient indiquant la quantité d'atmosphère qu'un rayon lumineux doit traverser avant d'atteindre un observateur au sol. Quand le soleil est au zénith, les rayons lumineux traversent le moins d'atmosphère : Ceci définit une masse d'air relative de 1,0. Dans cette situation, le soleil est à  $90^\circ$  au dessus de l'horizon. Quand le soleil se trouve à  $30^\circ$  au dessus de l'horizon, les rayons lumineux traversent deux fois plus d'atmosphère pour atteindre un observateur au sol, et dans cette situation la masse d'air relative est alors de 2,0. Ainsi, nous voyons que la masse d'air relative est une fonction de l'angle d'élévation du soleil.

Dans le 'protocole relatif aux aérosols', la quantité (intensité) de lumière atteignant l'instrument dépend aussi bien de l'atmosphère entre le soleil et l'instrument que de la quantité d'aérosols contenus dans celle-ci. Ainsi, la masse d'air relative calculée dans cette activité est importante pour interpréter les données issues du photomètre GLOBE. Dans « Looking at the data » concernant le 'protocole relatif aux aérosols', il est expliqué comment calculer l'épaisseur optique d'aérosols à partir des lectures de tension faites sur le photomètre. Ce calcul nécessite de connaître la masse d'air relative au moment où l'observation est effectuée.

Pour aider les élèves à comprendre de quelle manière l'angle d'élévation est lié à la masse d'air relative, faites quelques dessins au tableau,

comme ceux ci-dessus, ou bien utilisez un rétroprojecteur pour afficher les schémas au tableau ou sur un mur. Ensuite, invitez quelques élèves à se servir d'un mètre gradué pour mesurer la distance entre l'observateur au sol et le sommet de l'atmosphère pour des valeurs de l'angle d'élévation de  $90$ ,  $45$  et  $30$  degrés. Les élèves devraient remarquer que plus l'angle d'élévation du soleil diminue, plus le trajet des rayons lumineux à travers l'atmosphère augmente. Faites calculer aux élèves le quotient des différents trajets lumineux par rapport au chemin lumineux obtenu pour un angle de  $90^\circ$ . Ces quotients sont les longueurs relatives des trajets, mais sont aussi égaux aux masses d'air relatives.

Sur le terrain, la masse d'air relative peut-être obtenue en utilisant la longueur de l'ombre produite par un piquet vertical. Un piquet utilisé dans ce but est appelé un gnomon solaire. D'après la figure AT-AM-2A, la longueur d'atmosphère traversée ( $p$ ) est une fonction de l'angle d'élévation ( $e$ ). La distance du sommet de l'atmosphère au sol ( $d$ ) peut être supposée constante.

Comme le montre la figure AT-AM-2A, les rayons du soleil atteignant notre gnomon solaire produisent une ombre, créant ainsi un triangle droit. Les trois cotés de ce triangle droit sont : la hauteur du piquet ( $h$ ), la longueur de l'ombre sur le sol ( $r$ ), et l'hypoténuse ( $c$ ).

L'angle d'élévation du soleil ( $e$ ) est le même dans les deux triangles rectangles, en faisant

ainsi des triangles semblables dont les quotients de l'hypoténuse au côté opposé à l'angle ( $e$ ) sont égaux. Ainsi, il est possible de mesurer la masse d'air relative ( $p/d$ ) en mesurant le triangle formé du piquet et de son ombre.

Il y a plusieurs méthodes pour déterminer la masse d'air relative en fonction du niveau en mathématiques de vos élèves. S'ils ne connaissent que l'arithmétique, faites leur mesurer  $c$  directement comme suggéré dans les étapes suivantes :

**Equation 1** Masse d'air relative =  $\frac{c}{h}$

Si vos élèves connaissent un peu la géométrie et les racines carrées, il vous est possible de mesurer la longueur de l'ombre ( $r$ ) et la hauteur du piquet ( $h$ ) et :

**Equation 2** Masse d'air relative =  $\frac{c}{h}$

$$= \sqrt{\frac{h^2 + r^2}{h^2}} = \sqrt{1 + \frac{r^2}{h^2}}$$

Si vos élèves connaissent les fonctions trigonométriques, vous pouvez mesurer l'angle ( $e$ ) et :

**Equation 3**  $\sin(e) = \frac{h}{c}$

**Equation 4** Masse d'air relative =  $\frac{c}{h} = \frac{1}{\sin(e)}$

Demandez à vos élèves d'estimer qualitativement de quelle manière la masse d'air relative influe sur l'intensité lumineuse qu'un observateur au sol verrait. Le concept important pour des élèves est qu'ils comprennent que plus le trajet dans l'atmosphère est long, moins il y a de lumière à l'arrivée. Ceci se produit même par ciel clair : les élèves pourront observer que la lumière du solaire est plus faible à l'aube ou au crépuscule qu'à midi.

Il faut aussi remarquer qu'en dehors des tropiques, le soleil n'est jamais au zénith et qu'ainsi, la masse d'air relative est toujours supérieure à 1.

Des élèves demanderont parfois pourquoi le soleil se teinte de rouge au lever et au coucher. Le trajet des rayons lumineux à travers l'atmosphère est plus long au lever et au coucher,

de telle manière que les molécules qui peuvent diffuser la lumière du soleil sont plus nombreuses à ces instants. Les gaz dans l'atmosphère diffusent le bleu plus fortement que le rouge. Au crépuscule, quand la masse d'air relative est élevée, les couleurs oranges et rouges dominant parce que presque tout le bleu, violet, vert et le jaune ont été diffusés, ne laissant plus que les nuances de rouge et d'orange (les longueurs d'ondes). Les quantités relatives des différentes longueurs d'ondes dans la lumière du soleil combinées aux quantités relatives de diffusion par l'atmosphère nous donne un ciel bleu. Durant la plupart de la journée lorsque nous regardons en direction du ciel (et non du soleil), la lumière qui atteint nos yeux est de la lumière du soleil diffusée dont le bleu est la couleur prédominante. Les aérosols dans le ciel ont tendance à rendre le ciel moins bleu et plus laiteux.

### Que faire et comment le faire

1. Divisez la classe en groupe de travail de 3 élèves
2. Choisissez un jour ensoleillé. A moins que votre école ne soit située à une latitude élevée (aux alentours de 50° N ou S), il est préférable d'effectuer cette activité avant 10h du matin ou après 15h.
3. Trouver un site dégagé qui ne se trouvera pas ombragé pendant la durée de l'activité. Placez un piquet (où n'importe quel autre objet filiforme) de telle sorte que son sommet soit au moins à 50cm du sol. Utilisez une ficelle lestée à une extrémité pour vérifier la verticalité de votre piquet. Maintenant, mesurez la hauteur de votre piquet et notez la dans la feuille de calcul de masse d'air relative. Ensuite, mesurez la distance entre le sommet du piquet et l'extrémité de l'ombre portée. Cette distance représente l'hypoténuse du triangle. Vous pouvez utiliser un ruban ou une ficelle pour cette mesure. Faites faire à chaque groupe de trois élèves ces mesures de manière indépendante et consignez les résultats dans *la feuille de calcul de la masse d'air relative*.
4. Faites moyenniser aux élèves la longueur de l'hypoténuse

Figure AT-AM-2A : Model simple de la masse d'air relative

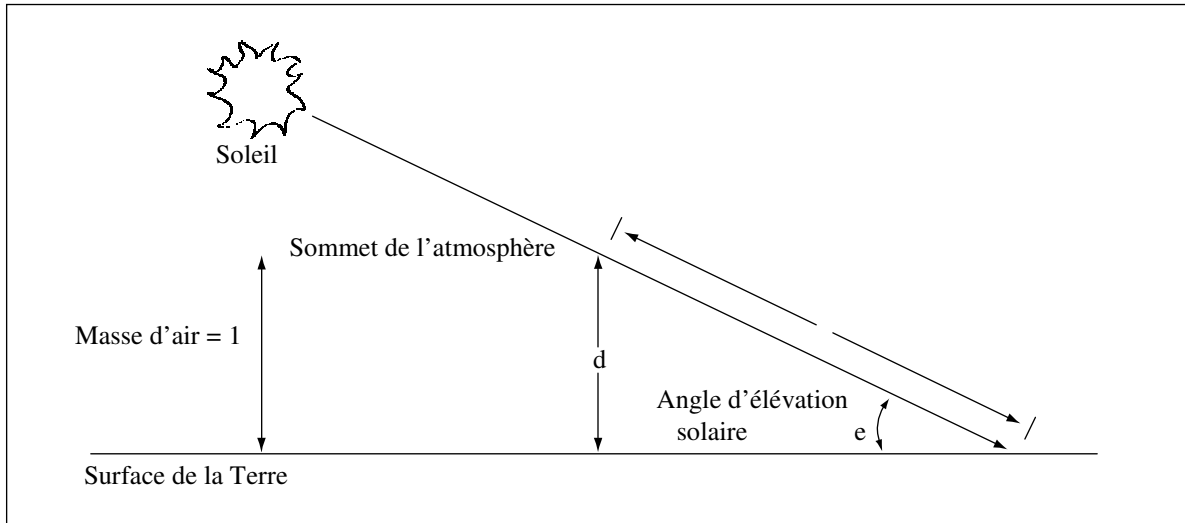
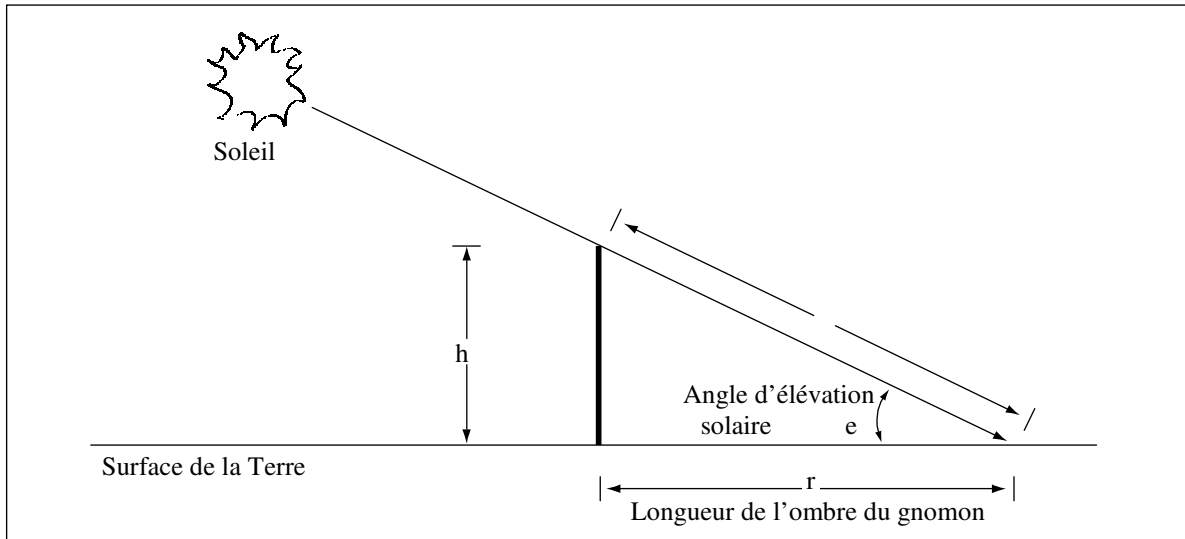


Figure AT-AM-2B : Model simple de la masse d'air relative



*Applications à la masse d'air relative :*

1. Calculez la masse d'air relative pour chacun des cinq jours en utilisant les équations 1&2
2. Posez aux élèves les questions suivantes : De quelle manière pensez-vous que vos mesures de masse d'air relative changeraient si vos mesures avaient été faites à différents moments de la journée ? Dans quelle mesure les masses d'air relatives varieraient si les mesures avaient été faites au même moment de la journée, mais à des moments différents de l'année.

**Variations pour des élèves plus âgés**

Faites mesurer et moyenné à des élèves la longueur de l'ombre à la place de l'hypoténuse et calculer la masse d'air relative en se servant de l'équation 2.

Faites mesurer à des élèves l'angle d'élévation du soleil et utiliser les équations 3&4 pour le calcul de la masse d'air relative.

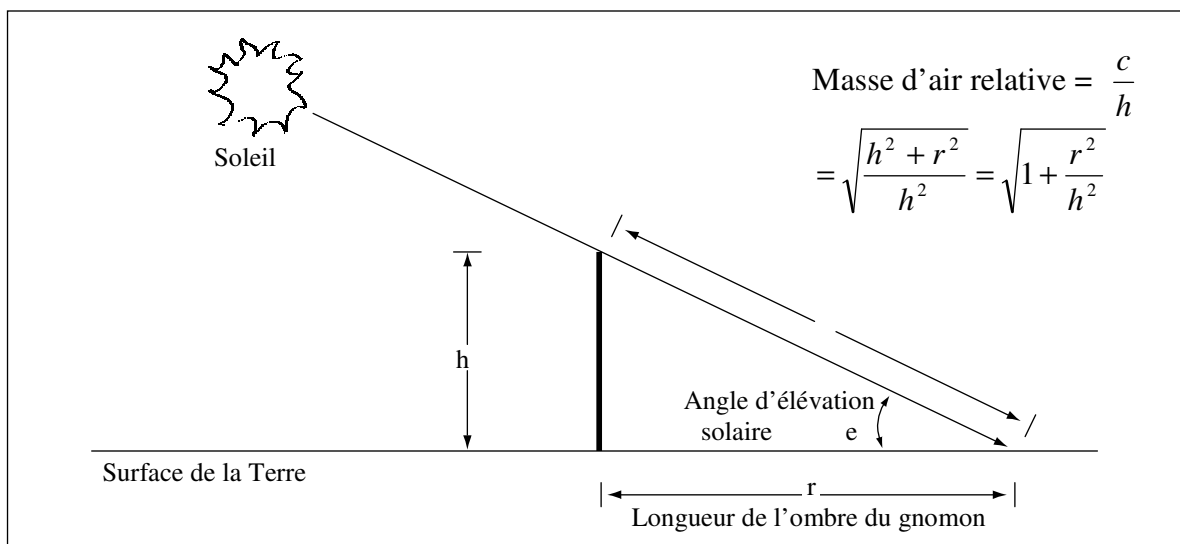
# Calcul de la masse d'air relative

## Fiche de relevé de données

1. Pendant une matinée ensoleillée, installez un piquet. Travaillez en groupe de trois et mesurez la hauteur de votre piquet ainsi que la longueur de l'hypoténuse du triangle formé du piquet et de son ombre, en utilisant soit un mètre, soit un ruban gradué si l'ombre est trop grande. Faites vous aidez par un autre membre du groupe pour maintenir en place le mètre (ou le ruban) au sommet du piquet pendant que vous mesurez la longueur de l'ombre à son extrémité. Faites faire ces mesures par chaque personne de votre groupe.

Inscrivez ensuite vos noms et le résultat de vos mesures dans le tableau ci-dessous.

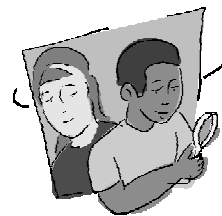
Nom de l'élève	Heure locale	Heure universelle	Hauteur du piquet (h)	Longueur de l'hypoténuse (c)
1				
2				
3				
Moyenne				



2. Calculez la longueur moyenne de l'hypoténuse en additionnant les trois mesures puis en divisant cette somme par trois. Inscrivez la longueur moyenne de l'hypoténuse pour votre groupe dans le tableau ci-dessus.



# Etude de l'abri à instruments météo



## Objectif général

Découvrir pourquoi un abri à instrument météo est bâti de telle façon

## Objectif spécifique

Les élèves construisent des abris aux propriétés différentes et les placent au même endroit, ou bien ils placent des abris identiques dans des endroits différents pour comparer les relevés de températures pris sous chaque abri. Les élèves devraient être capables de prédire ce qui va se passer pour chacun des abris ou des emplacements, ainsi que d'effectuer les différentes étapes d'une recherche d'élève.

## Compétences

Les élèves augmentent leur compréhension pour les spécifications du projet GLOBE pour les abris à instruments, et effectuent un projet scientifique de manière encadrée.

## Concepts scientifiques

*Les sciences Physique :*

Les transferts de chaleurs se font par radiation, conduction et convection

*Géographie :*

La mesure de variables atmosphériques aide à décrire les caractéristiques physiques d'un environnement

*Phénomènes atmosphériques :*

Les mesures de la température atmosphérique sont influencées par l'emplacement de l'abri ainsi que ses caractéristiques

## Compétences scientifiques

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Conception et conduite d'investigations scientifiques.

Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.

Communiquer les résultats et les explications

## Durée

Un créneau d'emploi du temps pour discuter de l'abri et de l'expérience. Deux ou trois créneaux en plus pour l'expérience proprement dite avec les abris.

## Matériel et instruments

Au moins deux planches de cartons pour chaque propriété à étudier (Ex : Paquet de céréales, Boîte à chaussure, Brique de lait ...)

Deux ou trois thermomètres identiques

En fonction du nombre de caractéristiques à étudier, il faudra en plus :

Peinture blanche et peinture noire (pour étudier les effets de la couleur)

Deux pinceaux (si de la peinture est utilisée)

Gros ciseaux (nécessaires si les abris sont faits à partir de planche de cartons, ou bien pour étudier l'effet d'aérations sur les abris)

Papier (pour comparer les effets des différents matériaux de construction d'abris)

Deux thermomètres ou plus par groupe d'élèves (en fonction du nombre de paramètres à étudier en même temps)

Ficelle

Un ou plusieurs poteaux de bois, suffisamment solides pour être plantés dans le sol et supporter l'abri à instruments (les abris pourront être cloués au sommet des poteaux)

Clous (pour attacher les abris aux poteaux)

Mètre

L'abri à instruments météo GLOBE (si indisponible, les élèves devraient disposer d'une image et d'une description physique de l'abri, disponible dans *Construction d'instrument, Sélection du Site, et Set-Up*)

## Préparation

Aucune

## Pré requis

Un abri à instruments météo assemblé (hautelement recommandé)

## Fonctionnement

Alors qu'il pourrait sembler facile de mesurer la température de l'air, ce n'est pas nécessairement simple pour les météorologistes de faire leurs mesures toutes de la même manière afin de pouvoir être comparées entre elles. Des paramètres tels que le vent, le soleil, le rayonnement thermique du sol ou des murs à proximité ainsi que l'humidité peuvent influencer sur un thermomètre. Il faut ainsi protéger ces instruments en les plaçant dans un abri construit suivant des spécifications précises qui isolent le thermomètre de tous ces différents paramètres tout en lui permettant de rester en contact avec l'air. De plus, l'endroit où est placé l'abri ainsi que la façon dont est positionnée le thermomètre à l'intérieur sont aussi des paramètres d'importance critique.

En suivant une approche cohérente de la construction et du placement des abris d'instruments météo GLOBE, les scientifiques et élèves peuvent être raisonnablement certains que les différences de températures enregistrées correspondent aux vraies différences de température de l'air. Bien entendu, il existe des variations inévitables d'un site à l'autre, et c'est pourquoi GLOBE autorise quelques exceptions aux rigoureuses exigences de placements des abris d'instruments météo, pourvu que ceux-ci soit documentés au moyens de commentaires (aussi appelés meta-donnés) et transmis au GLOBE *Data Archive*

## Que faire et comment le faire

### Jour 1

1. Il faudrait commencer un débat en demandant aux élèves d'identifier les principales caractéristiques d'un abri d'instruments météo GLOBE qui pourraient influencer la température à l'intérieur. Parmi ceux-ci :
  - La couleur de l'abri météo
  - Les fentes sur les côtés des abris météo
  - Les matériaux avec lesquels les abris météo sont construitsLe débat devrait s'orienter vers pourquoi les élèves pensent que ces caractéristiques sont importantes.

2. Le débat sur les caractéristiques techniques de l'abri météo devrait être suivi par un débat sur le placement de l'abri météo lui-même ainsi que le placement du thermomètre à l'intérieur. Les questions à poser sont :
  - Pourquoi un abri météo doit être éloigné des bâtiments et des arbres ?
  - Pourquoi doit-il être placé au-dessus d'une surface naturelle, comme l'herbe ?
  - Pourquoi doit-il être placé à une hauteur d'1,50m au dessus du sol ?
  - Pourquoi l'abri météo doit-il être orienté la porte vers le nord dans l'hémisphère nord et la porte vers le sud dans l'hémisphère sud ?
  - Pourquoi le thermomètre ne doit pas toucher l'abri météo ?

Les élèves doivent prédire les effets de chacun des paramètres précédents sur la mesure de la température (par exemple, si l'abri météo est installé au dessus d'un trottoir au lieu d'herbe la température mesurée sera plus élevée)

### Jour 1 / Jour 2 (en fonction du temps qu'ont prises les discussions)

1. Les élèves doivent être séparés en groupes. Le nombre de groupes sera déterminé par le nombre de propriétés à étudier, la disponibilité du matériel et le nombre d'élèves. Il pourra être formé jusqu'à huit équipes pour étudier les huit paramètres de base dont il est question au dessus. Plus il y a d'élèves disponibles pour décider quoi étudier et comment le faire, plus les élèves seront proches de faire une enquête scientifique complète.
2. Chaque équipe doit construire deux abris. Ceci est une chose facile si les élèves utilisent des boîtes toutes faites comme les boîtes de chaussures, mais peut être plus compliqué si les élèves partent de feuilles de cartons.

Si les abris doivent être construits de cette dernière façon, la forme de l'abri (qu'elle soit cylindrique comme pour les boîtes de flocons d'avoine ou rectangulaire comme pour les boîtes à chaussure) est moins importante que le fait que tous les abris devraient avoir autant la même forme que possible.

Ceci est un facteur clé concernant tous les projets scientifiques pour élèves. Il faut garder un maximum de facteurs identiques, et n'en changer qu'un de manière systématique.

3. Chaque groupe d'élèves choisit une propriété à étudier (ou bien l'enseignant en effectue la répartition). Pour les groupes s'occupant des propriétés physiques de l'abri, d'autres expériences seront à mener. Parmi celles-ci, il est envisageable de modifier les abris des façons suivantes :
  - Peindre un abri en blanc et un autre en noir
  - Faire des fentes pour un abri, et un autre sans (les deux étant peints en blanc)
  - Si des boîtes toutes faites sont utilisées, prenez du papier blanc pour construire un abri de même taille et forme que ceux faits en carton. Peignez l'abri en carton en blanc. Utilisez une boîte de conserve et une boîte de la même taille et forme.
4. Les abris doivent être fixés sur des poteaux les uns à côté des autres et à la même hauteur, à moins qu'un des groupes n'étudie les effets de la hauteur ou de l'emplacement. Pour la plupart des groupes, il n'est généralement pas nécessaire que les poteaux dépassent un mètre de hauteur. Le groupe s'occupant des effets de la hauteur au dessus du sol doit placer un abri au niveau du sol et un autre à environ 1,50 au dessus du sol.
5. Chaque groupe reçoit deux thermomètres identiques. Avant de placer ceux-ci dans les abris, les élèves doivent d'abord s'assurer que les thermomètres fournissent les mêmes valeurs à l'intérieur de la salle de classe. Si ce n'est pas le cas, il faut soit qu'ils échangent leurs thermomètres de manière à en avoir une paire qui fournit les mêmes valeurs de température, soit qu'ils notent la différence de température existante entre les deux thermomètres en la prenant en compte dans leurs mesures futures. Par exemple, si le thermomètre A indique 18,0°C et le thermomètre B 19,5°C alors qu'ils sont l'un à côté de l'autre dans la pièce, les élèves devront soustraire 1,5°C de chaque mesure faite avec le thermomètre B.

Le cadre pédagogique de cette activité ne nécessite pas que les thermomètres soient précisément calibrés, à l'opposé des relevés de températures faites pour l'expérience GLOBE.

#### *Jour 3 / Jour 4*

1. Choisissez un jour assez ensoleillé et idéalement, avec un peu de vent. Pour la plupart des mesures, il est déconseillé d'avoir un ciel chargé en nuages, ou bien un temps pluvieux.
2. Chaque groupe commence à relever la température indiquée par les thermomètres. Encore une fois, les thermomètres doivent être identiques, ou bien il faut noter leurs biais.
3. Ensuite, les thermomètres doivent être placés dans les abris de telle manière qu'ils ne touchent pas les cloisons (à moins qu'un groupe n'étudie cet effet). Si des boîtes toutes faites sont utilisées, il est possible de suspendre le thermomètre à l'intérieur de celles-ci avec une ficelle attachée au sommet de l'abri.
4. Chaque groupe apporte ensuite ses deux abris (avec les thermomètres à l'intérieur) à l'extérieur. Les groupes s'occupant des propriétés physiques de l'abri doivent trouver une zone dégagée loin des bâtiments, de préférence un champ. Les équipes étudiant l'influence de la localisation des abris météo seront divisées en deux sous-groupes : La première situera son abri au « bon » endroit (un endroit avec de l'herbe, loin de bâtiments), alors que la deuxième le placera dans un « mauvais » endroit. Ainsi, pour étudier les effets du placement de l'abri il faut : Mettre un abri dans un endroit idéal, un autre près de la face ensoleillée d'un bâtiment, un autre au milieu d'un parking (ou tout autre surface goudronnée), un à 1,5 m du sol et un autre sur le sol, au pied du poteau.
5. Les élèves commencent à mesurer la température cinq minutes environ après avoir installé leur abri. Ils attendent ensuite 5 nouvelles minutes, et font une nouvelle mesure. Les températures doivent être mesurées toutes les 5 minutes, jusqu'à ce qu'elles soient stables (pas de variations entre deux mesures consécutives).



Il est possible que la stabilisation de la température ne prenne pas le même temps pour tous les abris. En d'autres termes, un thermomètre peut mettre plus longtemps qu'un autre pour atteindre la température maximale. C'est pourquoi il est important de vérifier les deux thermomètres.

6. Une fois que la température est stable dans les deux abris, les élèves peuvent ramener les abris et leurs mesures dans la salle de classe.
7. Chaque groupe présente rapidement ses mesures à l'ensemble de la classe et discute ensuite de ses résultats.
8. Chaque groupe écrit ensuite un petit rapport montrant les mesures de températures effectuées, discute de la manière dont les paramètres étudiés ont affectés la mesure de la température, et doit arriver à des conclusions dont la véracité doit pouvoir être justifiée.

### **Adaptations pour des élèves plus âgés**

*Pour des élèves plus âgés* : Les élèves plus âgés peuvent étudier lesquels des différents paramètres sont les plus importants, en comparant qualitativement les résultats des différentes paires d'abris testées. Ils peuvent également tester les effets combinés de différents facteurs en fabricant plus que deux abris dans différentes catégories.

Par exemple, ils peuvent essayer les effets combinés de la couleur et de la ventilation en construisant un abri noir et un abri blanc sans fentes, ainsi qu'un abri blanc et un noir avec des fentes de ventilation. Ils peuvent aussi étudier de quelle manière les différentes conditions météorologiques ont un impact sur leurs mesures : l'expérience peut être faite pour un ciel dégagé et un

ciel chargé, ou bien pour un jour calme et un jour avec du vent.

Les élèves peuvent également étudier des lots de trois abris ou plus. Un exemple : ils peuvent placer trois abris identiques à côté d'un bâtiment, à 5m de celui-ci, et à 10m. Ou bien encore un abri sans fentes, un autre avec quelques fentes, et un dernier avec beaucoup de fentes.

### **Evaluation des élèves**

La compréhension des élèves concernant la construction et le placement des abris peut être évaluée à l'aide des points suivants :

- Les conclusions qu'ils en tirent lors de leurs rapports écrits ou de leurs interventions orales
- La compréhension des phénomènes qu'ils montrent lors des discussions en classes
- Leurs capacités à faire face à d'autres questions telles que : Quel serait l'impact d'une grosse couche de poussière recouvrant un abri peint en blanc ?
- La justesse de leurs mesures.

Les progrès des élèves dans cette étude peut être évalué de la manière suivante :

- Participation et créativité dans la mise en place de l'expérience
- Utilisation des mathématiques et de valeurs quantitatives dans leurs différentes analyses
- Logique du raisonnement des élèves pour arriver à leurs conclusions
- De quelle manière les élèves discutent et raisonnent à propos des possibles développements de l'expérience

# Construire un thermomètre



## Objectif général

Fabriquer un thermomètre qui pourra être utilisé pour mesurer la température de l'eau.

## Objectif spécifique

Les élèves construiront un thermomètre avec une bouteille de soda, lequel sera similaire au thermomètre utilisé par les écoles GLOBE. Les deux sont basés sur le principe suivant lequel la majorité des matériaux se dilatent et se contractent quand la température varie. Cette expérience mettra également en évidence le principe du transfert de chaleur.

## Compétences

Les élèves comprendront pourquoi et comment un thermomètre standard fonctionne.

## Concepts scientifiques

*Sciences de la Terre et de l'Espace*

Les substances se dilatent et se contractent lorsqu'ils sont chauffés et refroidis.

*Géographie*

La variation de température d'une région affecte les caractéristiques du système géographique de la Terre.

## Compétences scientifiques

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Conception et conduite d'investigations scientifiques.

Fabriquer un instrument scientifique.

Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.

Communiquer les résultats et les explications.

## Durée

Deux périodes de classe

1. Pour expérimenter – une période de classe
2. Pour discuter des principes de dilatation, contraction, et transfert de chaleur par conduction et convection – 15 à 30 minutes
3. Pour relever les données de la classe sur le tableau ou sur projecteur, et tracer les graphiques – 30 minutes

4. Pour que chaque groupe présente à la classe ses résultats, ses idées concernant d'autres variables à tester, et les problèmes rencontrés – 30 minutes

## Niveau

Moyen

## Matériel et instruments

(par groupe d'élèves)

De la glace

De l'eau

Une bouteille plastique de soda (d'un litre)

Une paille plastique translucide ou blanche

De l'argile pour modeler. Un bloc d'argile de 500 g devrait suffire pour 25 à 30 thermomètres.

Deux bouteilles de soda, chacune de 2 litres – les parties supérieures de ces bouteilles devront être coupées

Des ciseaux ou un couteau pour couper le dessus des bouteilles de 2 litres

Des colorants de cuisine (le jaune est moins adapté que le rouge, bleu ou vert)

Une montre ou une horloge

Une règle métrique

Un marqueur, crayon gras, ou stylo-bille pour marquer sur la paille

Fiche d'Activité : Fabrication d'un thermomètre

## Préparation

Rassembler le matériel.

Revoir les principes du transfert de chaleur.

## Pré-requis

Etre capable de tracer un graphique

## Contexte

Plusieurs principes scientifiques sont appliqués dans cette activité. L'un de ces principes est celui de la dilatation et de la contraction. La plupart des substances se dilatent quand elles sont chauffées, et se contractent quand elles sont refroidies. Sur la gamme de températures parcourues dans cette expérience, l'eau aussi se dilate quand chauffée, et se contracte quand refroidie. (Quand l'eau s'approche de son point de solidification, celle-ci se dilate à nouveau.)

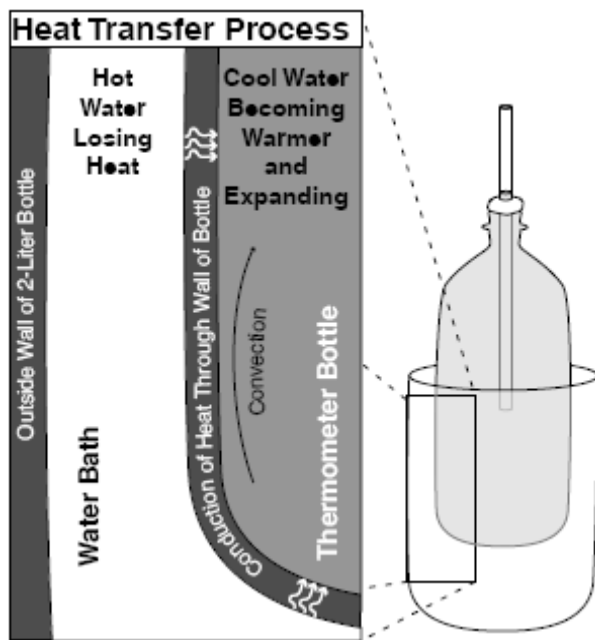


Figure AT-TH 4

Les substances se dilatent quand chauffées parce que leur énergie cinétique, ou énergie de mouvement, augmente avec la température. Les molécules se déplacent plus rapidement et se dispersent davantage, ce qui entraîne une expansion du matériau. Quand la substance est refroidie, le mouvement moléculaire diminue et la substance se contracte.

Dans le cas de l'eau, le coefficient de dilatation est assez faible, d'où le très faible pourcentage d'augmentation du volume de l'eau. Néanmoins, étant donné que toute l'augmentation de volume est canalisée dans la paille de faible diamètre, le phénomène d'expansion est visible.

Cette expérience illustre également le transfert de chaleur par conduction. La conduction se produit quand de l'énergie est transférée d'une molécule à une autre par contact direct, ce qui se passe par exemple quand la poignée métallique d'une casserole devient chaude. Les métaux sont de bons conducteurs de chaleur. Le bois est un piètre conducteur. Dans cette expérience, l'eau chaude dans le récipient extérieur transfère de la chaleur par conduction à travers le mur plastique de la bouteille de 1 litre, à l'eau dans la bouteille interne.

La convection est un mouvement à grande échelle d'un liquide ou gaz, qui sert à redistribuer la chaleur dans tout un volume. Un exemple répandu du phénomène de convection est l'eau qui bout dans une casserole. Dans ce cas, l'eau en contact avec le fond de la casserole (où se trouve la source chaude) chauffe et devient moins dense que l'eau au-dessus d'elle. Cette eau chaude monte, et est remplacée par l'eau plus fraîche du dessus, qui à son tour est chauffée par contact avec le fond.

## Préparation

Cette activité fonctionne bien en équipes de deux ou trois élèves. Voici quelques tâches et descriptions :

1<sup>er</sup> élève : l'assembleur – rassemble le matériel nécessaire et assemble le thermomètre

2<sup>ème</sup> élève : chronométreur/reporter – chronomètre des intervalles de 2 minutes à partir du début de l'expérience – marque la paille pour montrer de combien l'eau s'est déplacée – mesure les marques sur la paille à la fin de l'expérience et communique les résultats à l'enregistreur – communique les résultats de l'expérience à la classe

3<sup>ème</sup> élève : l'enregistreur – sauvegarde les mesures du chronométreur – transfère les mesures du groupe sur les *Fiches de Données*.

Faites une copie de la feuille d'activité *Fabriquer un thermomètre* pour chaque groupe d'élèves.

Le professeur devrait rassembler le matériel avant que la classe commence. Si de petits groupes sont prévus, ils devraient être assignés à l'avance. Les élèves devraient apporter les bouteilles de soda de 1 et 2 litres. Accordez leur une semaine pour rassembler le matériel nécessaire si les élèves doivent fournir les bouteilles. Passez en revue les problèmes éventuels ci-dessous avant de commencer l'expérience en classe.

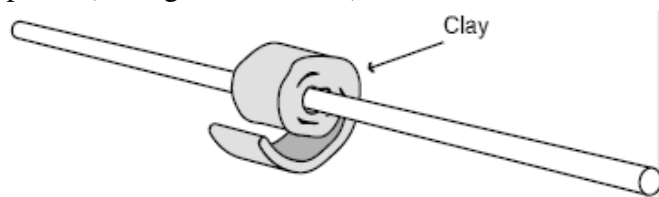
Soyez certains de comprendre les principes du transfert de chaleur (conduction et convection) ainsi que la dilatation et contraction des matériaux. Quelques exemples pour chaque phénomène dans diverses situations pourraient être utiles pour entamer une discussion. Il se pourrait que vous deviez passer en revue comment mesurer en millimètres avec les élèves.

### **Que faire et comment le faire**

Cette activité peut être faite comme démonstration, mais elle est probablement plus efficace si les élèves (ou les groupes d'élèves) font leurs propres thermomètres. Ces instructions apparaissent également sur la fiche d'activité *Fabriquer un thermomètre* fournie en annexe, qui peut être copiée et distribuée aux élèves.

### **Fabriquer le thermomètre**

1. Remplissez la bouteille de soda de 1 litre jusqu'à ras bord avec de l'eau froide.
2. Ajoutez quatre gouttes de colorant de cuisine. Il sera ainsi plus aisé de distinguer le niveau d'eau. Bleu, vert ou rouge marchent le mieux.
3. Formez un peu de pâte à modeler en une boule d'un diamètre approximatif de 25 mm. Roulez le ensuite en un cylindre des dimensions d'un crayon. Aplatissez le "crayon" de pâte à modeler en un ruban épais. Enroulez ce ruban autour du point central de la paille (cf. Figure AT-TH-5).



**Figure AT-TH 5**

### **Fiche de Données de l'Equipe (mesures en millimètres)**

2 minutes	
4 minutes	
6 minutes	
8 minutes	
10 minutes	

### **Fiche de Données de la Classe**

	Groupe A	B	C	D	Moyenne
2 minutes					
4 minutes					
6 minutes					
8 minutes					
10 minutes					

4. Placez la paille dans la bouteille et utilisez la pâte à modeler pour sceller la bouteille. Faites attention à ne pas obstruer la paille en la pinçant. Evitez également les trous ou fissures dans la pâte à modeler qui pourraient laisser fuir l'eau. Une moitié de la paille sera à l'intérieur de la bouteille, l'autre moitié à l'extérieur. Enfoncez le bouchon de pâte à modeler suffisamment dans l'ouverture de la bouteille, de sorte que le niveau d'eau remonte dans la paille et soit visible (cf. Figure AT-TH-6).

### Expérience

1. Placez la bouteille de 1 litre (le « thermomètre-bouteille ») dans le récipient plastique (bouteille coupée) de 2 litres. Mettez une marque sur la paille correspondant au niveau d'eau.

2. Remplissez le récipient de 2 litres avec de l'eau chaude. Attendez deux minutes. Mettez une marque sur la paille correspondant au niveau d'eau. Répétez ce marquage tous les deux minutes, pendant dix minutes. Après ces dix minutes, utilisez une règle pour mesurer la distance séparant les marques de la marque initiale au bas de la paille. Notez vos mesures sur la Fiche des Données de l'Equipe.

Observez attentivement s'il y a des changements. En voyez-vous ? Décrivez vos observations.

3. Mettez de la glace et de l'eau dans le second récipient de 2 litres.

4. Placez le thermomètre-bouteille dans l'eau glacée. Notez vos observations.

5. Que se passe-t-il avec le niveau d'eau dans la paille quand le thermomètre est placé dans de l'eau chaude? (réponse : l'eau monte d'approximativement 4 cm pour une différence de 25°C.)

Que se passe-t-il avec le niveau d'eau quand le thermomètre est placé dans de l'eau froide? (réponse : le niveau chute.)

6. Expliquez pourquoi à votre avis cela arrive.

7. En vous basant sur votre réponse à la question 6, comment fonctionne le thermomètre à

maximum/minimum, utilisé par GLOBE pour mesurer les températures à l'heure de midi ?

8. Quelles sont les deux autres variables qui, si modifiées, peuvent changer le déroulement de cette expérience? (quelques réponses : la quantité d'eau au contact du thermomètre-bouteille, la température de l'eau, la taille du récipient, le diamètre de la paille.)

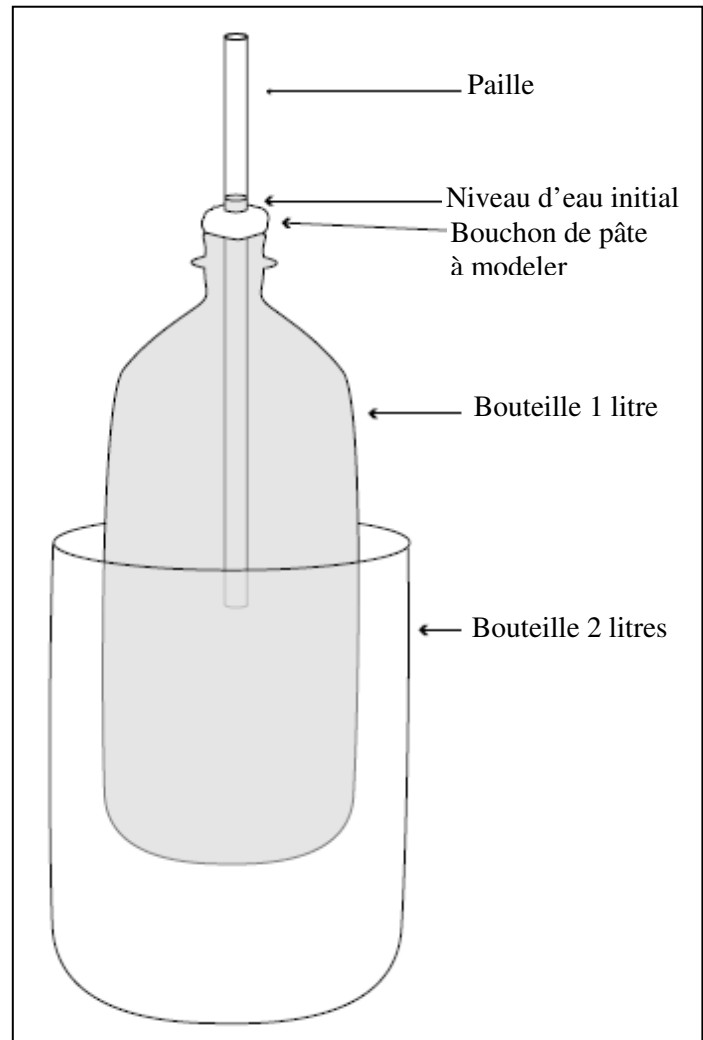


Figure AT-TH 6

9. Portez les mesures notées sur la fiche de données de votre équipe, en un graphique. L'axe des x (horizontal) devrait être le temps (en minutes) et l'axe des y (vertical) devrait être les mesures prises à partir du niveau d'origine (avant que l'eau chaude ne soit ajoutée). Soyez sûr de donner un titre à votre graphique et de nommer les axes, de sorte que quelqu'un d'autre puisse aisément l'interpréter.

10. Faites une fiche de classe au tableau ou sur une grande feuille. Notez vos données sur la Fiche

de *Données de la Classe*. Combinez vos données avec ceux de vos camarades de classe pour trouver le mouvement moyen de l'eau pour chaque période de 2 minutes.

11. Ajoutez les valeurs moyennes du mouvement à votre graphique. Soyez sûr de nommer cette nouvelle courbe. En quoi le graphique de vos mesures diffère-t-il de celui de la moyenne de la classe.

12. Expliquez le graphique. Que raconte votre graphique? Pouvez-vous tirer des conclusions?

13. Pourquoi peut-il être important d'avoir plus d'un essai avant de tirer des conclusions?

### *Problèmes éventuels lors de l'expérience*

- Le bouchon en pâte à modeler présente des fissures, et laisse fuir l'eau
- Si la bouteille d'eau de 1 litre n'est pas remplie à ras bord, il faudra plus de temps à l'eau pour monter dans la paille. Il se pourrait même que l'eau ne monte pas dans la paille.
- La différence de température entre l'eau dans la bouteille de 1 litre et l'eau dans la bouteille de 2 litres n'est pas suffisante. Une différence de 25°C ou plus est optimale. Si la différence est inférieure à 25°C, les mouvements d'eau dans la paille ne seront pas très importants. La différence entre l'eau chaude et l'eau froide du robinet devrait suffire pour l'expérience.
- Les élèves oublient de marquer le niveau initial sur la paille. Soyez sûr qu'ils aient compris que la marque doit être faite immédiatement après avoir placé la bouteille de 1 litre dans la bouteille de 2 litres, avant d'ajouter l'eau chaude.
- S'il est difficile pour vous de vous approvisionner en glace ou d'en garder dans la classe, vous pouvez omettre cette partie de l'expérience, ou juste le présenter comme démonstration à la classe.

### **Adaptations aux élèves plus jeunes et plus âgés**

*Pour des élèves plus jeunes:* des élèves plus jeunes peuvent construire le thermomètre et observer les mouvements de l'eau dans la paille, mais sans marquer le niveau d'eau toutes les deux minutes. Le professeur devrait couper le récipient plastique de 2 litres à l'avance.

*Pour des élèves plus âgés:* d'autres variables pourraient être testées, tels que des pailles de taille différentes, des récipients d'eau chaude plus ou moins larges, ou des récipients pour thermomètres de tailles différentes. Les élèves peuvent concevoir leur propre expérience, le mener à bien, et présenter leurs résultats à la classe. Ils peuvent calibrer leur thermomètre avec un thermomètre standard.

### **Approfondissement**

1. Utilisez un thermomètre standard pour mesurer la température de l'eau à l'intérieur du thermomètre-bouteille, et comparez-la à la température de l'eau à l'extérieur du thermomètre. Est-ce que le niveau de mouvement de l'eau dans la paille change quand il y a des températures différentes? Exécutez une expérience, gardez des notes, et présentez vos résultats à la classe.

2. Est-ce que la taille des récipients influence la manière dont fonctionne le thermomètre? Concevez une expérience qui teste ce concept, mener à bien l'expérience, et tracez un graphique présentant vos résultats.

3. Allez à la bibliothèque et faites une recherche sur les matériaux utilisés pour faire les thermomètres. Soyez certain d'apprendre leurs principes de fonctionnement. Présentez vos résultats à la classe.

4. Appelez les stations de météo locales, ou les stations de télévision ou radio, pour leur demander quels types de thermomètres ils utilisent. Visitez la station de météo. Prenez des photos et faites un poster pour partager avec la classe.

5. Faites des thermomètres en utilisant différents diamètres de paille et voyez s'il y a des différences. Que pensez vous pourrait être à l'origine des éventuelles différences observées? Est-ce que cela pourrait influencer la fabrication de vrais thermomètres?

6. Renseignez-vous sur les méthodes employées pour mesurer les températures à différentes profondeurs de l'océan. Sur une carte des océans, montrez les températures moyennes de l'eau. Faites un graphique pour partager avec la classe.

### **Evaluation**

Les élèves devraient être capable de répondre aux questions de l'expérience de la fiche d'activité. Ils devraient également pouvoir expliquer comment fonctionne un thermomètre en classe ou lors d'un test.

# Fiche d'Activités de Fabrication d'un Thermomètre

## Objectif général

Vous aider à comprendre comment et pourquoi un thermomètre à liquide fonctionne.

## Objectif spécifique

Le « thermomètre-bouteille » que vous construisez dans cette activité est semblable au thermomètre utilisé dans l'abri d'instruments météo de GLOBE. Cependant, il y a des différences. Tous deux emploient des liquides, mais ces liquides sont différents. Savez-vous quel liquide est utilisé dans le thermomètre standard de GLOBE ? De plus, le thermomètre que vous fabriquerez n'aura aucune inscription de degrés. Mais les principes de fonctionnement sont les mêmes pour les deux types de thermomètres.

Le thermomètre que vous utilisez pour des mesures et les instruments que vous construirez, se basent sur le principe que les substances se dilatent et se contractent quand leur température change.

Ce laboratoire démontre également le principe du transfert thermique. Quand un objet chaud est placé contre un objet froid, la chaleur est transférée du corps chaud au corps froid par conduction. Par exemple, si en hiver vous placez votre main nue sur une automobile, votre main transfère de la chaleur au métal par la conduction. Habituellement, quand vous avez un job, vous faites partie d'une équipe. Dans cette activité, vous serez également membre d'une équipe. Voici vos descriptions de travail :

1<sup>er</sup> élève : l'assembleur – rassemble le matériel nécessaire et assemble le thermomètre

2<sup>ème</sup> élève : chronométreur/reporter – chronomètre des intervalles de 2 minutes à partir du début de l'expérience – marque la paille pour montrer de combien l'eau s'est déplacée – mesure les marques sur la paille à la fin de l'expérience et communique les résultats à l'enregistreur – communique les résultats de l'expérience à la classe

3<sup>ème</sup> élève : l'enregistreur – sauvegarde les mesures du chronométreur – transfère les mesures du groupe sur les *Fiches de Données*

## Matériel et instruments

(par groupe d'élèves)

De la glace

De l'eau

Une bouteille plastique de soda (d'un litre)

Une paille plastique translucide ou blanche

De la pâte à modeler (une boule d'un diamètre approximatif de 25 mm)

Des ciseaux ou un couteau pour couper le dessus des bouteilles de 2 litres

Deux bouteilles de soda chacune de 2 litres – les parties supérieures de ces bouteilles devront être coupées pour qu'elles puissent être utilisées comme des récipients contenant de l'eau et la bouteille plastique de 1 litre

Des colorants de cuisine (le jaune est moins adapté que le rouge, bleu ou vert)

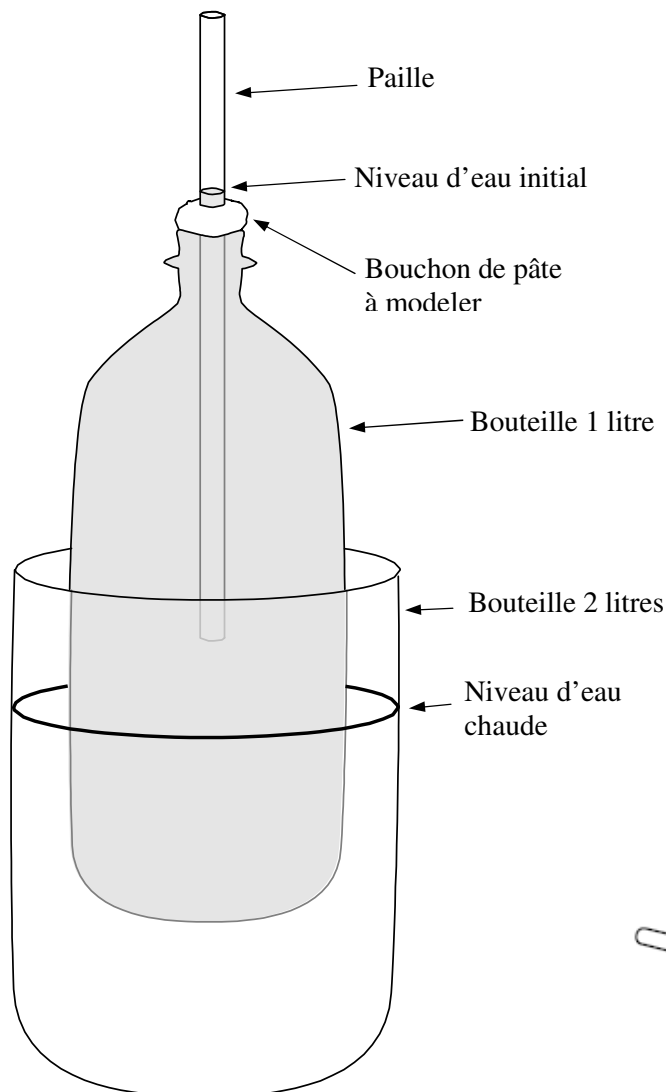
Une montre ou une horloge

Une règle métrique

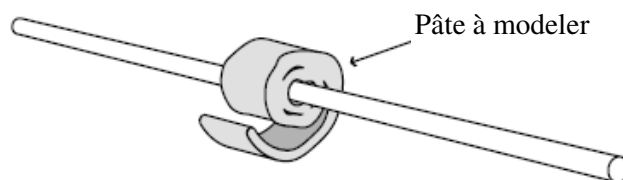
Un marqueur, crayon gras, ou stylo-bille pour marquer sur la paille

## Fabriquer le thermomètre

1. Remplissez la bouteille de soda de 1 litre jusqu'à ras bord avec de l'eau froide.
2. Ajoutez quatre gouttes de colorant de cuisine. Il sera ainsi plus aisé de distinguer le niveau d'eau. Bleu, vert ou rouge marchent le mieux.
3. Formez un peu de pâte à modeler en une boule d'un diamètre approximatif de 25 mm. Roulez le ensuite en un cylindre des dimensions d'un crayon. Aplatissez le "crayon" de pâte à modeler en un ruban épais. Enroulez ce ruban autour du point central de la paille.



4. Placez la paille dans la bouteille et utilisez la pâte à modeler pour sceller la bouteille. Faites attention à ne pas obstruer la paille en la pinçant. Evitez également les trous ou fissures dans la pâte à modeler qui pourraient laisser fuir l'eau. Une moitié de la paille sera à l'intérieur de la bouteille, l'autre moitié à l'extérieur. Enfoncez le bouchon de pâte à modeler suffisamment dans l'ouverture de la bouteille, de sorte que le niveau d'eau remonte dans la paille et soit visible.



## Expérience

1. Placez la bouteille de 1 litre remplie (le thermomètre-bouteille) dans le récipient plastique de 2 litres vide. Marquez le niveau d'eau sur la paille.
2. Remplissez le récipient de 2 litres avec de l'eau chaude du robinet. Attendez deux minutes. Marquez le niveau d'eau sur la paille. Répétez ce marquage toutes les deux minutes, pour les dix prochaines minutes. Au bout des dix minutes, utilisez une règle pour mesurer la distance entre chaque marque et la marque initiale en bas de la paille. Notez vos mesures en millimètres dans la colonne « Eau chaude » du tableau ci-dessous.



**Fiche de Données de l'Equipe**

<i>Temps</i>	<i>Eau chaude</i>	<i>Eau froide</i>
2 minutes		
4 minutes		
6 minutes		
8 minutes		
10 minutes		

Regardez attentivement s'il y a des changements. En voyez-vous ? Décrivez ce que vous observez.

---

---

3. Mettez de la glace et de l'eau froide dans le second récipient de 2 litres.
4. Placez le thermomètre-bouteille dans l'eau glacée. Notez vos observations en millimètres dans la colonne « Eau froide » du tableau ci-dessus.
5. Qu'arrive-t-il au niveau d'eau dans la paille lorsque le thermomètre est placé dans de l'eau chaude?

---

---

---

Qu'arrive-t-il au niveau d'eau dans la paille lorsque le thermomètre est placé dans de l'eau froide?

---

---

---

6. Expliquez pourquoi à votre avis ces changements ont lieu.

---

---

---

7. En vous basant sur votre réponse à la question 6, comment fonctionne le thermomètre à maximum/minimum, utilisé pour les mesures de GLOBE ?

---

---

---

8. Quelles sont les deux autres variables qui, si modifiées, peuvent changer le déroulement de cette expérience?

---

---

---

9. Portez les mesures notées sur la fiche de données de votre équipe à l'étape 2, en un graphique. L'axe des x (horizontal) devrait être le temps (en minutes) et l'axe des y (vertical) devrait être les mesures prises (en millimètres) à partir du niveau d'origine avant que l'eau chaude ne soit ajoutée. Soyez sûr de donner un titre à votre graphique et de nommer les axes, de sorte que quelqu'un d'autre puisse aisément l'interpréter.

10. Faites une *Fiche de Données de la Classe* au tableau ou suivant les instructions de votre professeur. Combinez vos données avec ceux de vos camarades de classe pour trouver le mouvement moyen de l'eau pour chaque période de 2 minutes.

11. Ajoutez les valeurs moyennes du mouvement à votre graphique. Soyez sûr de nommer cette nouvelle courbe. En quoi le graphique de vos mesures diffère-t-il de celui de la moyenne de la classe.

---

---

---

---

12. Expliquez le graphique. Que raconte votre graphique? Pouvez-vous tirer des conclusions?

---

---

---

---

13. Pourquoi peut-il être important d'avoir plus d'un essai avant de tirer des conclusions?

---

---

---

---

# Observation des nuages



## Objectif général

Découvrir les relations entre les différents types de nuages, la couverture nuageuse et le temps et encourager les élèves à s'intéresser à l'observation des différents nuages.

## Objectif spécifique

Les élèves observent les différents nuages, la couverture nuageuse et les conditions météorologiques sur une période de cinq jours et confrontent ces informations. Les élèves font des prévisions et les vérifient en utilisant ces observations.

## Compétences

Les élèves apprennent à tirer des conclusions de leurs observations, à faire des prévisions et à les vérifier.

## Concepts scientifiques

*Science de la Terre et de l'Espace*

Le temps change suivant les jours et les saisons.

Les nuages influent sur le temps et le climat.

*Géographie*

La nature et l'étendue de la couverture nuageuse influent sur les caractéristiques du système physique géographique.

*Phénomènes Atmosphérique*

Les nuages nous permettent de comprendre et de prévoir le temps.

## Compétences scientifiques

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Conception et conduite d'investigations scientifiques.

Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.

Communiquer les résultats et les explications.

## Durée

10 minutes, une à trois fois par jours pendant cinq jours ; plus une demi-heure en classe pour en discuter

## Niveau

Tout niveau

## Matériel et instruments

Les cartes de nuages fournies par GLOBE

## Préparation

Aucune

## Pré requis

Aucun

## Que faire et comment le faire

Sur une période de cinq jours, les élèves doivent regarder attentivement les nuages et reporter par écrit ce qu'ils voient sur leurs carnets de bord GLOBE. Si à ce moment là, ils ne connaissent pas encore le nom des nuages, ils peuvent essayer de les trouver parmi les nuages de la charte de nuages GLOBE, ou ils peuvent décrire par écrit ce à quoi ressemblent les nuages. Le mieux, c'est qu'ils puissent observer le ciel trois fois par jour : une première fois le matin (en allant à l'école) ; une deuxième fois au milieu de la journée (vers l'heure du repas) ; et une troisième fois en fin d'après-midi ou en début de soirée (par exemple sur le chemin du retour de l'école). L'heure exacte des observations n'est pas cruciale, bien que cela aide si les observations sont prises approximativement aux mêmes

moments de la journée. (Par exemple, les observations du matin peuvent toutes être prises vers 8h, plutôt qu'à 7h une journée et 10h le lendemain. C'est également vrai pour les observations du midi et du soir). Si les élèves ne peuvent faire qu'une seule observation par jour, il vaut mieux choisir de la faire aux alentours du midi solaire local, à une heure près.

A la fin de chaque journée, les élèves doivent également noter le temps qu'il a fait. Y a-t-il eu un matin pluvieux et un après-midi dégagé ? A-t-il neigé toute la journée ? Le temps était-il calme et humide ? Les élèves n'ont pas besoin de quantifier leurs compte-rendu (i.e, ils n'ont pas besoin d'écrire « 21 millimètres d'eau » ou « 79% d'humidité relative »), mais ils doivent décrire le temps qu'il a fait de manière aussi claire et complète que possible.

Pendant que les élèves reportent leurs observations sur les nuages et le temps, ils doivent rechercher les tendances climatiques. Par exemple, est-ce que les altocumulus du matin sont d'habitude suivis par des orages dans l'après-midi ? Est-ce que les petits nuages gonflés du matin ou du midi ont déjà été associés avec des précipitations plus tard dans la journée ? Est-ce que des traînées de condensation isolées, le matin sont suivies par des cirrus ou des altocumulus de grande envergure plus tard dans la journée ?

Après une semaine à relever les nuages et le temps, demander aux élèves d'utiliser leurs observations pour prévoir le temps. Peuvent-ils prévoir le matin le temps qu'il fera dans l'après-midi ? Peuvent-ils prévoir le temps qu'il fera le lendemain ? Demandez aux élèves d'expliquer leurs prévisions. Faites leur garder une trace de leurs prévisions et de la véracité de ces dernières. Ils peuvent ainsi acquérir un certain respect vis-à-vis de la difficulté des prévisions météorologiques.

## **Question Fréquentes**

**Que faire si les nuages et les conditions météorologiques sont identiques cinq jours de suite ?**

Cela peut arriver à certains endroits et à certaines périodes de l'année. Si vous avez besoin de passer à de nouveaux sujets, vous pouvez faire discuter les élèves sans leur faire faire des prévisions et continuer. En prévision météorologique, prévoir que le temps du lendemain sera le même que celui de la journée est connu comme « une prévision persistante », et elle s'avère vrai plus de la moitié du temps. Pour qu'un système de prévision soit bon, il doit être plus précis que ne le serait une « prévision persistante » pendant des mois et des années. D'autres approches consistent à demander aux élèves de poursuivre leurs observations au-delà des cinq jours jusqu'à ce qu'ils observent différents nuages et d'autres conditions météorologiques. Parfois, le temps ne change pas pendant un mois ou plus, et vous pouvez avoir d'avantage de succès en faisant reprendre les observations à une date ultérieure.

# Construire un modèle de ppmv de l'ozone de surface



## Objectif général

Construire un modèle qui donnera aux élèves une représentation visuelle des parties par milliard par volume (ppmv) de l'ozone surfacique dans l'air.

## Objectif spécifique

Les élèves travailleront en équipe pour construire des cubes de volumes différents, et pour les comparer afin d'avoir une idée de la notion de parties par million par volume et de parties par milliard de volume.

## Compétences

Les élèves auront une notion des faibles quantités de gaz, tel que l'ozone, présentes dans l'atmosphère de la Terre.

## Concepts scientifiques

*Sciences de la Terre et de l'Espace*

L'atmosphère est constituée de différents gaz et aérosols.

*Phénomènes Atmosphérique*

La concentration d'ozone surfacique dans l'atmosphère est variable.

*En général*

Les modèles à l'échelle nous aident à comprendre certains concepts.

## Compétences scientifiques

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Conception et conduite d'investigations scientifiques.

Utiliser l'outil mathématique pour analyser les données.

Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.

Identification et analyse des différentes hypothèses.

Communiquer les résultats et les explications.

## Durée

Deux ou trois périodes de classe

## Niveau

Moyen et secondaire

## Matériel et instruments

Copies des ébauches des cubes à construire

Des ciseaux

Du ruban adhésif transparent

Règle métrique graduée en mm

Des bâtons métriques

Du ruban adhésif transparent

Des blocs centimétriques pour former des cubes de tailles différentes

Modèle du Mètre Cubique Oaktag ou un carton avec un motif de cube centimétrique, des doigts (pièces en bois utilisées pour assembler des pièces plus grandes), des pièces en coin, du ruban adhésif ou du Velcro

## Préparation

Copier les feuilles avec le motif pour les élèves, pour construire des modèles de cubes centimétriques de tailles différentes.

Construire et afficher un modèle d'un mètre cube.

## Pré requis

Etre capable de mesurer correctement en mm, cm, m

Etre capable de calculer l'aire d'un rectangle

## Introduction

Les scientifiques de tout domaine d'étude construisent des modèles pour décrire les choses qu'ils ne peuvent pas directement observer. Des exemples de tels modèles sont par exemple les modèles à l'échelle du système solaire, ou des molécules et des atomes. Cette activité se concentre sur la construction d'un des rapports de mélange chimique exprimés en parties par million par volume et parties par milliard par volume. En *Hydrologie*, l'activité d'étude *Modeler votre Bassin hydraulique* est un autre exemple de construction d'un modèle physique pour aider à comprendre l'environnement.

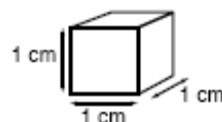
Les expériences éducatives des élèves pouvant varier, une certaine instruction peut être nécessaire pour comprendre un modèle de parties par milliard par volume (ppmv). La première activité est conçue pour fournir une exploration manuelle des centimètres cubes et pour enseigner aux élèves comment le volume d'un cube est calculé. Elle commence par un modèle très basique, dans lequel les élèves peuvent directement voir et compter les éléments. L'activité évolue vers un modèle dans lequel certains composants sont cachés, et doivent être comptabilisés par réflexion pour déterminer le volume, à moins de démanteler le modèle pour révéler les composants internes. Cette première activité fournit une base commune à partir de laquelle un groupe d'élèves peut explorer des modèles cubiques de volume plus complexes. Des blocs centimétriques peuvent être utilisées pour démontrer le volume de cubes de différentes tailles. Dans le cas où aucun cube ne serait disponible, un motif avec les consignes pour construire des modèles en carton, a été fourni dans l'annexe.

Les élèves de la classe n'ont pas nécessairement le même bagage mathématique. Pour développer un niveau commun de compréhension, les élèves peuvent être introduits à la notion de volume cubique en commençant par des cubes ayant une hauteur, largeur et profondeur d'un centimètre. Ceci développera le concept rudimentaire d'un centimètre cube comme une unité.

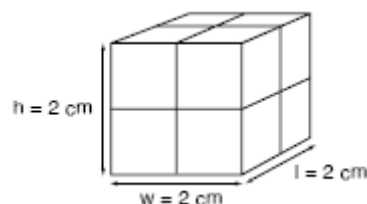
## Que faire et comment le faire

Demandez à la classe s'ils savent ce qu'est une partie par milliard. Autorisez une brève discussion, mais attendez-vous à ce que ce concept soit nouveau pour les élèves.

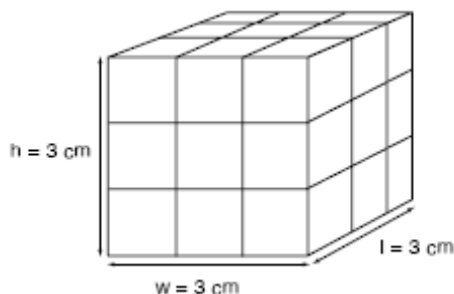
Faites observer à chaque équipe un cube d'un centimètre. Demandez aux élèves de mesurer et noter la longueur, la largeur et la hauteur de leur cube. Définissez pour les élèves qu'un cube avec les dimensions 1 cm x 1 cm x 1 cm a un volume de 1 centimètre cube, ce qui peut être noté 1 cm<sup>3</sup> (ou 1 cc).



Demandez aux groupes d'élèves d'assembler un cube de 2 cm x 2 cm x 2 cm. Demandez-leur de déterminer le volume de ce cube. Demandez-leur d'identifier s'ils ont compté, additionné, ou multiplié pour obtenir leur réponse, et laissez-les brièvement discuter leurs choix.



Demandez aux groupes d'élèves d'assembler un cube de 3 cm x 3 cm x 3 cm. Demandez-leur de déterminer le volume de ce cube. Demandez-leur d'identifier s'ils ont compté, additionné, ou multiplié pour obtenir leur réponse, et laissez-les brièvement discuter leurs choix. Demandez-leur s'ils voudraient compter ou additionner pour déterminer le volume d'un cube bien plus large.



Demandez aux groupes d'élèves d'assembler un cube de 5 cm x 5 cm x 5 cm. Demandez-leur de déterminer le volume de ce cube. Demandez à chaque groupe comment ils ont calculé le volume de leur cube. Le volume vaut 125 centimètres cubes ou 125 cm<sup>3</sup>.

*Combien de blocs pouvez-vous distinguer dans le cube?*

*Combien de cubes pensez-vous ne sont pas visibles, mais tout de même dans le cube ?*

*Comment pouvez-vous calculer le volume de ce cube?*

*Comment pouvez-vous prouver que votre calcul du volume de ce cube est correct?*

Introduisez le modèle de mètre cube. Demandez à chaque groupe de placer un seul centimètre cube dans le mètre cube.

*Combien de centimètres cubes faut-il pour remplir un mètre cube? Réponse : (1 million)*

Expliquez aux élèves que le cube (un centimètre cube) est une partie par million par volume du mètre cube.

Donnez aux élèves un cube de un millimètre cube coupé d'un carton. Demandez-leur de le placer dans un des centimètres cubes du mètre cube.

*Combien de millimètres cubes faudra-t-il pour remplir un centimètre cube? Réponse : (mille)*

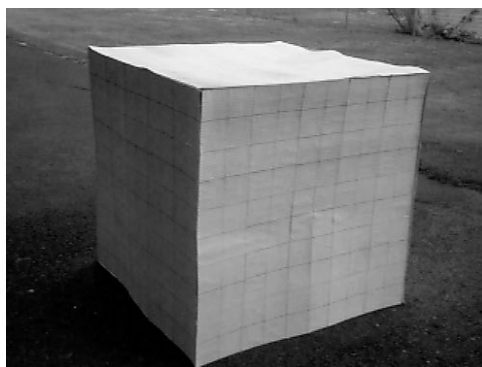
*Combien en faut-il pour remplir un mètre cube? Réponse : (1 milliard)*

Expliquez que cela signifie que le cube de 1 mm est une partie par milliard par volume du mètre cube.

Informez les élèves qu'ils mesureront (ou mesurent) les concentrations d'ozone en parties par milliard par volume, et demandez aux élèves de discuter au sein de leur groupe quelle est la relation entre une partie par milliard

Mètre Cube

$$1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ mètre cube} = 1 \text{ m}^3$$



d'un mètre cube et la concentration d'ozone qu'ils mesureront. Demandez aux groupes de partager leurs idées avec la classe.

### **Fiche élève**

La fiche élève explique les étapes à suivre pour déterminer le volume d'un cube. Ces consignes suivent ceux de la section « Que faire et comment le faire » du plan de leçon du professeur. Les élèves auront besoin du mètre cube pour compléter la section défi de la fiche élève.

### **Activités supplémentaires**

Dans cette extension de l'activité d'étude, les élèves représenteront la quantité d'ozone qu'ils auront mesuré dans l'atmosphère, comme une partie du volume total de leur classe.

### **Matériel**

Un modèle d'un mètre cube disposé dans la classe

Un jeu de blocs métriques par équipe ou des copies des motifs sur carton mince

Des données sur l'ozone provenant de votre école ou d'une autre source locale, telle qu'une école GLOBE ou un article de journal

Des ciseaux et de la colle, pour permettre à chaque équipe de faire leur propres modèles pour résoudre les problèmes

Les fiches élèves à lire et à compléter en équipe après l'introduction à la leçon

### **Préparation des élèves**

Organisez la classe en équipes de 3 ou 4 élèves, et demandez à chaque équipe de décider qui sera l'enregistreur, l'animateur, l'ingénieur et le reporter. Si possible, chaque élève devrait avoir la possibilité de jouer chaque rôle.

Donnez à l'animateur de chaque équipe des copies des fiches d'élève pour chaque membre de l'équipe.

Donnez à l'ingénieur de chaque équipe le matériel et les directions nécessaires pour construire les modèles et pour compléter les activités de résolution de problèmes.

*Enregistreur* – prend des notes pour l'équipe  
*Animateur* – se procure les directions que l'équipe devra suivre, et s'assure que chacun dans l'équipe comprend les directions.

L'animateur encourage aussi tous les membres de l'équipe à partager leurs idées et d'être impliqués dans les procédures utilisées par l'équipe.

*Ingénieur*- se procure le matériel et guide la construction des modèles.

*Reporter*- le porte-parole de l'équipe, il présente le travail de l'équipe à la classe.

### **Que faire et comment le faire**

Demandez aux élèves de mesurer et calculer le volume de leur classe en mètres cubes. Ensuite, demandez leur de déterminer le nombre de millimètres cubes requis pour physiquement représenter la concentration d'ozone en ppm mesurée à l'extérieur.

*Procédure:*

1. Mesurez la longueur, largeur et hauteur de la classe en mètres. Multipliez longueur x largeur x hauteur pour déterminer le nombre total de mètres cubes d'air dans la classe.
2. Construisez un modèle des parties par milliard d'ozone surfacique mesurées à l'extérieur au cours de cette journée, pour chaque mètre cube d'air identifié dans la classe. Ceci est réalisé en multipliant la quantité d'ozone surfacique extérieure en ppm par le nombre de mètres cubes de la classe.
3. Accrochez les parties par milliard d'ozone mesurées pour chaque mètre cube d'air dans la classe. Ce modèle illustrera la quantité d'ozone qui existerait dans un volume d'atmosphère de la taille de la classe. Si vous ne collectionnez pas encore des données d'ozone, recherchez les mesures d'ozone journalières d'une école GLOBE à proximité, ou cherchez dans le journal les valeurs d'ozone locales.

**Exemple:** les élèves ont mesuré 20 ppmv comme concentration d'ozone. La classe fait 6 mètres de large, 9 mètres de long et 3 mètres de haut, ce qui donne un volume de  $6 \times 9 \times 3 = 162 \text{ m}^3$ . Un 20 milliardième de ce volume est  $3240 \text{ mm}^3$  ou  $3,24 \text{ cm}^3$ . Donc, pour représenter la quantité d'ozone mesurée, les élèves doivent accrocher 3 centimètres cubes et 240 millimètres cubes, ou 3240 millimètres cubes, dans la classe. Alternativement, les élèves pourraient

construire 20 cubes dimensionnés à un milliardième du volume de la classe (c-à-d 6 mm x 9 mm x 3 mm).

### **Evaluation**

Rubrique pour l'évaluation des Notes Scientifiques d'Etudiant GLOBE (*GLOBE Student Science Log*)

Liste de contrôle pour la collaboration d'équipe

Question des Notes Scientifiques: *On vous demande d'expliquer votre mesure d'ozone surfacique de 55 ppmv. Ecrivez une description de ppmv qui expliquerait la mesure, et qui illustrerait visuellement combien un ppmv représente dans l'atmosphère.*

La rubrique d'échantillons peut être utilisée pour évaluer la réponse de l'élève dans le journal. L'évaluation se fait après que les élèves aient partagé et aient eu le temps de modifier leurs réflexions comme résultat des discussions. Donnez aux élèves une copie de la rubrique d'échantillons (ou d'un autre modèle développé avec les élèves pour les évaluer) pour définir les critères d'évaluation de leurs réponses.

### **Conseils utiles**

Surveillez les discussions d'équipes et aidez les à clarifier certains points, lorsqu'ils parcourent les activités ci-dessus.

### **Questions fréquentes**

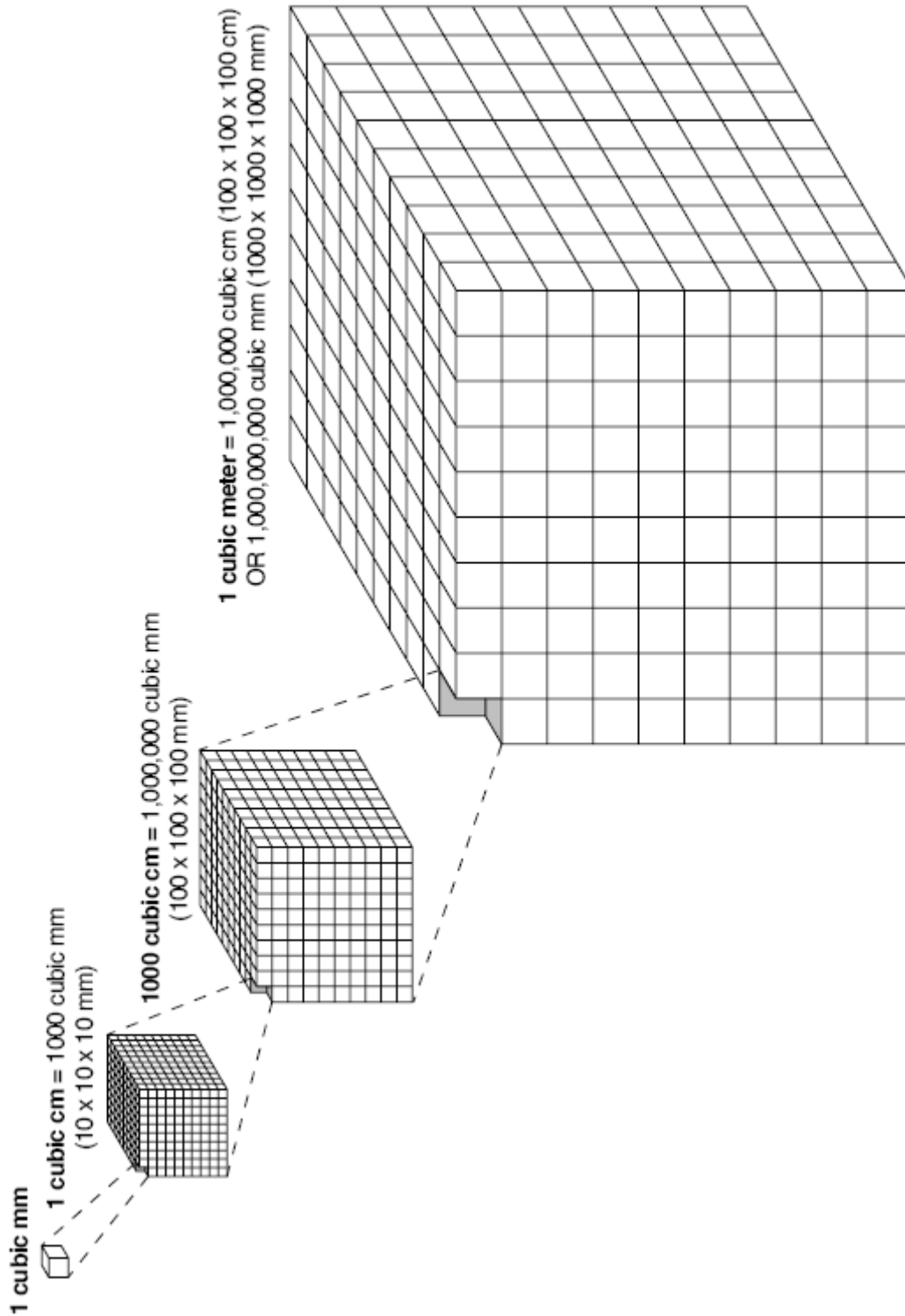
#### **1. Quel est un niveau sécuritaire d'ozone surfacique pour nous ?**

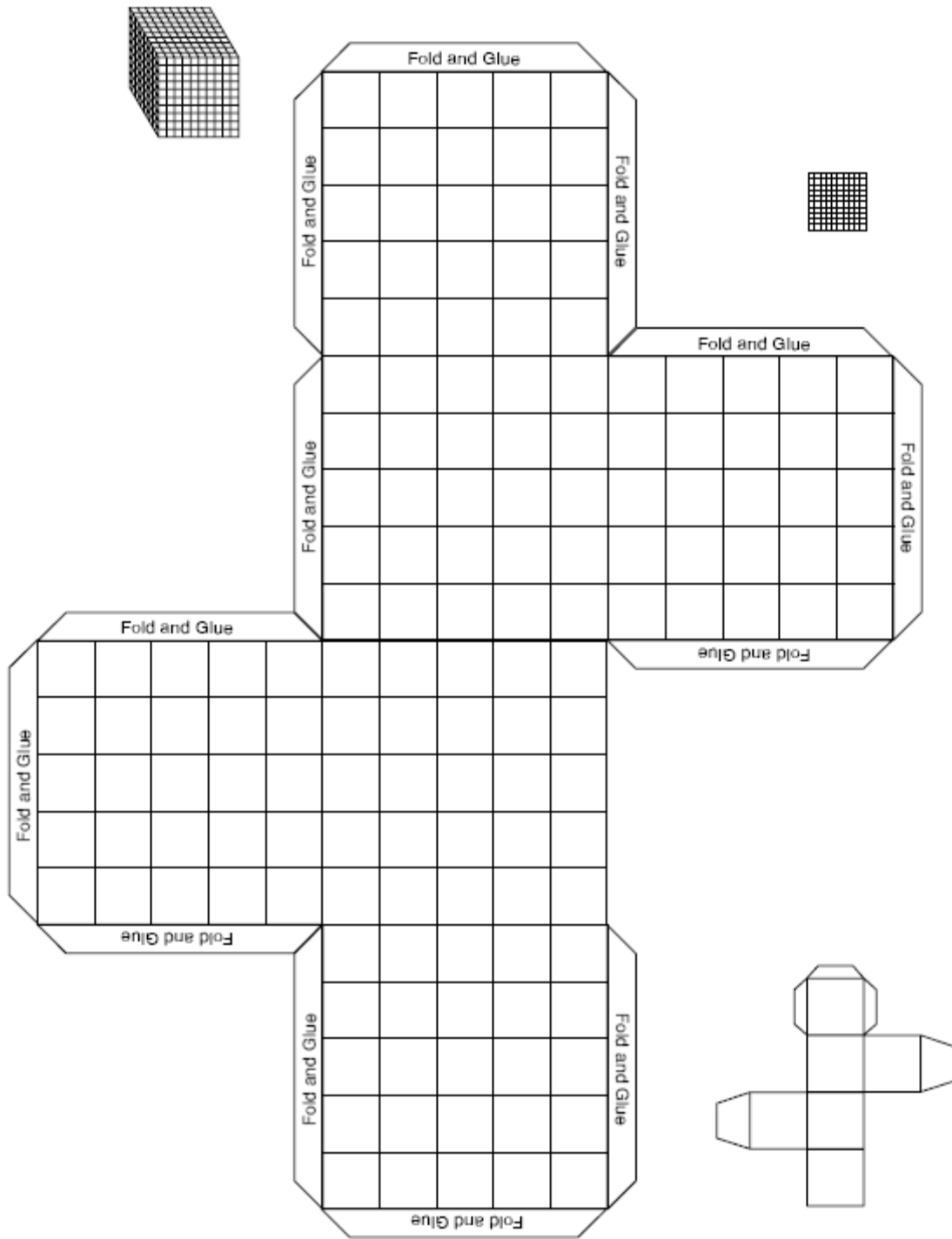
L'Agence de Protection Environnementale Américaine a déclaré comme nocif pour la santé une concentration d'ozone dépassant 80 ppmv pendant huit heures ou plus.

#### **2. Y a t il autant d'ozone surfacique dans notre classe qu'à l'extérieur ?**

Non, l'ozone surfacique devrait être beaucoup plus concentré à l'extérieur qu'à l'intérieur de la classe. L'ozone est détruit alors qu'il entre en contact avec le bâtiment et d'autres objets à l'extérieur.



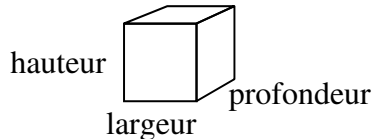




# Construire un modèle de ppmv de l'ozone de surface

## Fiche de travail

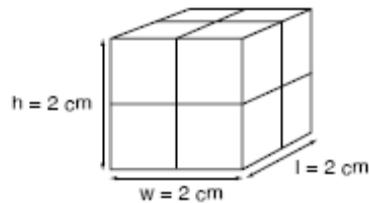
1. Observez le petit cube. Quelle est la longueur (l), la largeur (w) et l'hauteur (h) du cube ?



Longueur =  
Largeur =  
Hauteur =  
Un centimètre cube est noté .....

2. Dessinez un cube de 2 cm x 2 cm x 2 cm

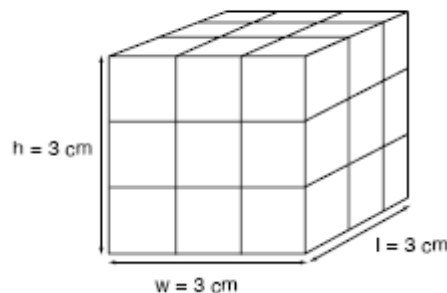
- a. Déterminez le volume du cube.  
b. Décrivez comment vous avez déterminé le volume de votre cube.



3. Dessinez un cube de 3 cm x 3 cm x 3 cm

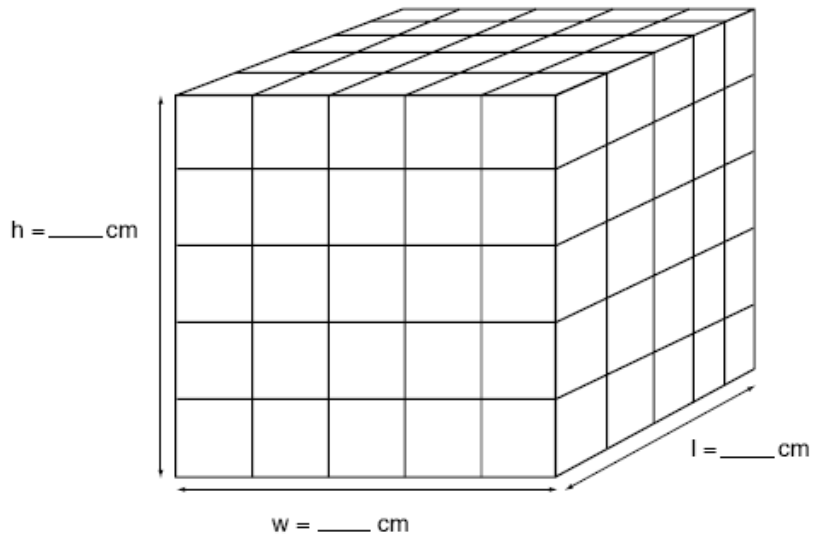
- a. Identifiez le volume de ce cube.  
b. Décrivez comment vous avez déterminé le volume de votre cube.

Volume (V) = \_\_\_\_\_ cm<sup>3</sup>

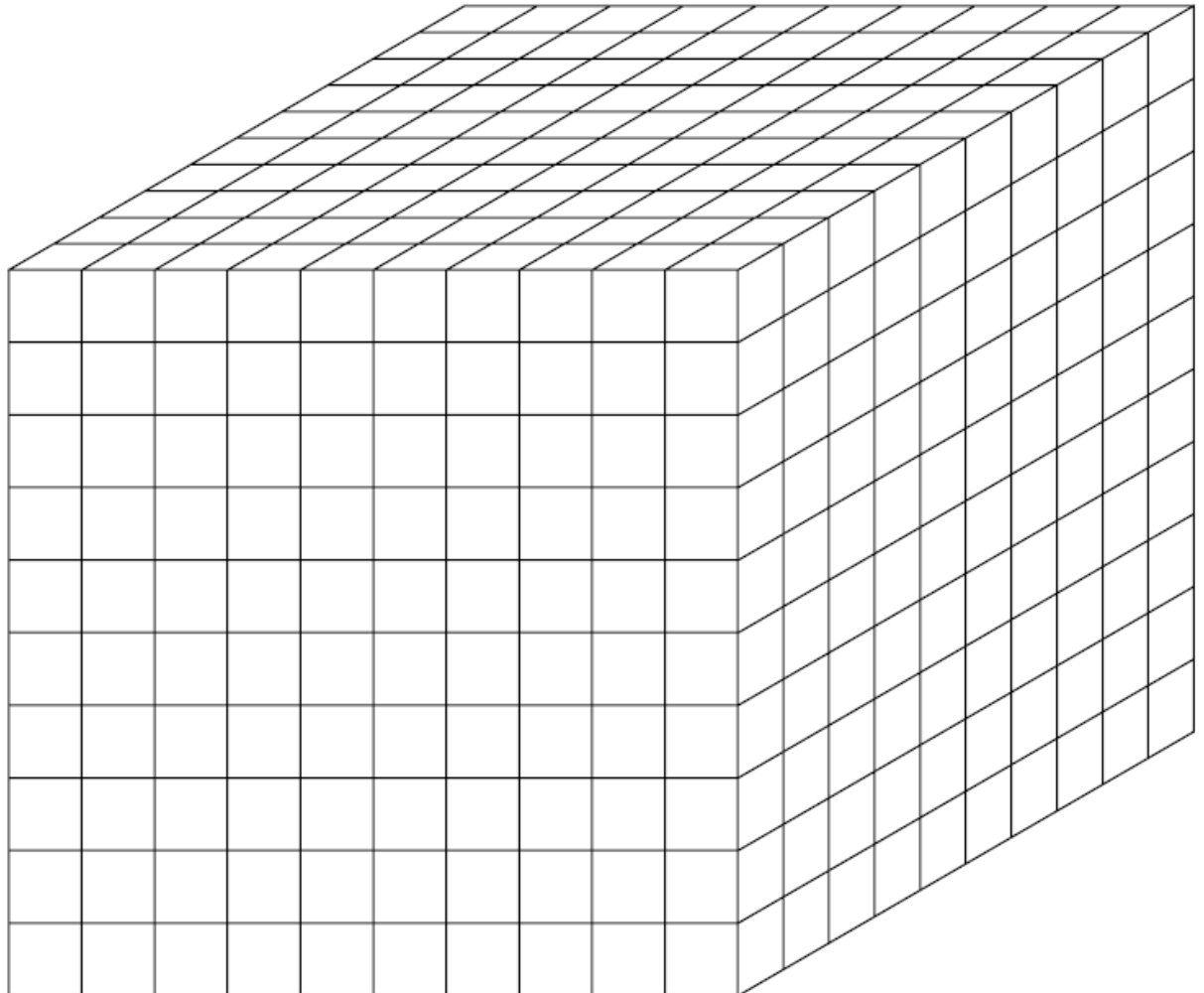


4. Construisez ce cube et déterminez le volume :

$V = \dots\dots\dots \text{cm}^3$



- 5. a. Combien de cubes du même type que celui ci-dessus pourrait-on mettre dans le cube ci-dessous ?
- b. Quel est le volume de ce cube ? .....  $\text{cm}^3$
- c. Déterminez comment vous avez trouvé le volume de ce cube.



## **Le défi**

Travaillez avec votre équipe pour résoudre les questions suivantes. Dans l’espace sous chaque question, notez les étapes que vous avez traversées pour résoudre vos problèmes.

1. Combien de centimètres cubes faut-il pour remplir un mètre cube ?

---

---

---

---

---

2. Combien de millimètres cubes faut-il pour remplir un mètre cube ?

---

---

---

---

---

3. Quel est le volume d’un cube qui est une partie par million par volume dans un mètre cube ?

---

---

---

---

---

4. Quel est le volume d’un cube qui est une partie par milliard par volume (ppmv) dans un mètre cube ?

---

---

---

---

---

# Tracer une carte hypsométrique



## Objectif général

Apprendre à tracer des cartes hypsométriques à la main.

## Objectif spécifique

Les élèves placent les valeurs des autres écoles affiliées à GLOBE sur une carte avec les méridiens et les parallèles et relient les valeurs placées avec des courbes.

## Compétences

Les élèves acquièrent une meilleure compréhension des courbes de niveau.

## Concepts scientifiques

### *Géographie*

Les représentations géographiques aident à regrouper et organiser les informations relatives aux endroits, aux environnements, et aux habitants.

### *Concepts généraux*

Les représentations graphiques des données aident à analyser et interpréter ces informations.

## Compétences scientifiques

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Utiliser les bons outils et les techniques appropriées.

Utiliser l'outil mathématique pour analyser les données.

Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.

Communiquer les résultats et les explications.

## Durée

1 heure de cours

## Niveau

Moyen. CM1 et plus.

## Matériel et instruments

Des stylos ou des crayons (plusieurs couleurs possibles) et une copie d'une carte vierge.

## Préparation

Imprimer une copie de la feuille d'opération « Tracer une carte hypsométrique » ainsi qu'un tableau des données pour chaque élève ou chaque équipe.

## Pré requis

Aucun

## Contexte

Les cartes hypsométriques sont un moyen simple de visualiser les relations entre les données et la distribution spatiale des valeurs (par exemple, où fait-il plus chaud ou plus froid, où pleut-il et quelle quantité).

## Que faire et comment le faire

1. Fournissez à chaque élève ou chaque équipe une copie de carte vierge et le tableau des données fournis en annexe.
2. Examinez la carte avec les élèves pour être sûr qu'ils reconnaissent et comprennent les méridiens et parallèles et qu'ils comprennent qu'une longitude négative est la même longitude mais à l'Ouest, et qu'une latitude positive est la même mais au Nord.

3. Examinez avec les élèves le concept de courbes de niveau. Insistez sur le fait que les courbes de niveau relient les endroits de la carte où une variable (par exemple, la température moyenne de l'air) a une même valeur et que, d'un côté de la courbe, les valeurs seront supérieures à la valeur sur la courbe (ex : 20°C) et que de l'autre côté, les valeurs seront inférieures. Les cartes météorologiques, associées aux cartes topographiques, sont de bons exemples et les deux types de carte doivent devenir familiers aux élèves.
4. Montrez aux élèves comment placer la première valeur de température moyenne de l'air, relevée le 5 avril 2000 par le lycée Portola (la première ligne du tableau de données).

- a. Situez  $-120.5^\circ$  de longitude ( $=120.5^\circ$  O) qui est à mi-chemin entre le méridien 1200 et le premier méridien à sa gauche.
  - b. Tracez cette ligne jusqu'à  $39.8^\circ$  de latitude ( $=39.8^\circ$  N), situé juste en dessous du parallèle 40N.
  - c. Marquez la valeur 8.0 à cette intersection sur la carte.
5. Demandez aux élèves de marquer les valeurs de température moyenne pour les trois premières écoles du tableau de données.
  6. Demander aux élèves de localiser et de placer sur leurs cartes les endroits où ils estiment que la température moyenne est de  $10^\circ\text{C}$  et  $20^\circ\text{C}$ .
  7. Discutez avec les élèves du fait qu'avec trois points uniquement, il est difficile de savoir comment tracer les courbes de niveau sauf entre ces trois points.
  8. Demandez aux élèves de marquer les valeurs des trois écoles suivantes sur le tableau de données et d'étendre leurs marques initiales pour les températures de  $10^\circ\text{C}$  et  $20^\circ\text{C}$  de manière à tracer les courbes de niveau associées à ces températures.
  9. Demandez aux élèves de marquer les valeurs des trois écoles suivantes et d'étendre leurs courbes de niveau tant qu'ils le jugent raisonnable, compte tenu des neufs valeurs prises en compte.
  10. Demandez aux élèves de regarder les valeurs des trois écoles suivantes et demandez leur ce qu'ils vont faire et s'ils trouvent un problème. (Il y a un problème car ces trois écoles sont toutes dans la même région géographique, et leurs valeurs vont se retrouver les unes au-dessus des autres sur la carte.) Laissez-les décider quelle est la meilleure manière de résoudre cette difficulté.
  11. Demandez aux élèves de marquer les valeurs restantes et d'ajouter les courbes de niveau pour les températures moyennes de  $15^\circ\text{C}$  et  $25^\circ\text{C}$  s'ils le peuvent.
  12. Demandez aux élèves s'ils peuvent ajouter la courbe de niveau de  $5^\circ\text{C}$ . La discussion doit faire ressortir le fait que puisque aucune école n'a de valeur à moins de  $5^\circ\text{C}$ , il n'y a aucune raison de supposer qu'un endroit sur la carte ait

une température moyenne aussi basse ce jour-là.

## **Prolongement de l'apprentissage de base**

Demandez aux élèves de créer une carte hypsométrique en utilisant les données sur les précipitations du mois d'avril 2000. Dans ce cas là, avec une des écoles ayant une valeur plus de cinq fois plus élevée que l'école avec la deuxième valeur la plus élevée, même des augmentations sur les courbes de niveau ne seront pas appropriées. Mathématiquement parlant, une interpolation linéaire entre ces valeurs ne sera pas non plus une bonne approximation de la répartition des valeurs.

Demandez aux élèves de créer une carte hypsométrique en utilisant les valeurs de couverture nuageuse du 5 avril 2000. Les courbes de niveau doivent marquer les frontières entre les différents types de couverture nuageuse. (ex : entre une couverture nuageuse dispersée et éparse et 50% de couverture nuageuse). Dans ce cas là, les données reportées ne sont pas des valeurs numériques, mais représentent différentes variétés de couverture nuageuse. Les élèves doivent discuter pour savoir à quel point cela affecte le placement de leurs courbes de niveau. Deux écoles (Birch Lane et Millview) ont reporté des données en utilisant les catégories de GLOBE 2000 ; vous pouvez choisir d'omettre les résultats de ces deux écoles par mesure de simplicité ou débattre pour savoir comment représenter les différences significatives dans le report de ces données.

Demandez aux élèves de créer une carte d'altitude en plaçant les valeurs d'altitude fournies par les écoles. Maintenant, les courbes de niveau doivent indiquer les montagnes et les vallées. Il n'y a pas assez de points pour faire cela avec précision. Discutez avec les élèves des stratégies possibles pour tracer une carte plus précise avec les données fournies. Combien de points pensent-ils être nécessaires ?

A quel point les données peuvent-elles être proches sur la carte ? Doivent-elles être collectées à partir d'un maillage régulier ? Est-ce que d'autres données GLOBE peuvent être utilisées ? Demander aux élèves de chercher sur le site web de GLOBE les explications pour comprendre comment les représentations de cartes hypsométriques sont faites. Ils peuvent lire les explications ; ensuite, appliquer les formules par eux-mêmes avec les

données de température moyenne de l'air dans le tableau de données et comparer avec les résultats qu'ils ont obtenus avec les cartes hypsométriques qu'ils ont faites en interpolant entre les différents points.

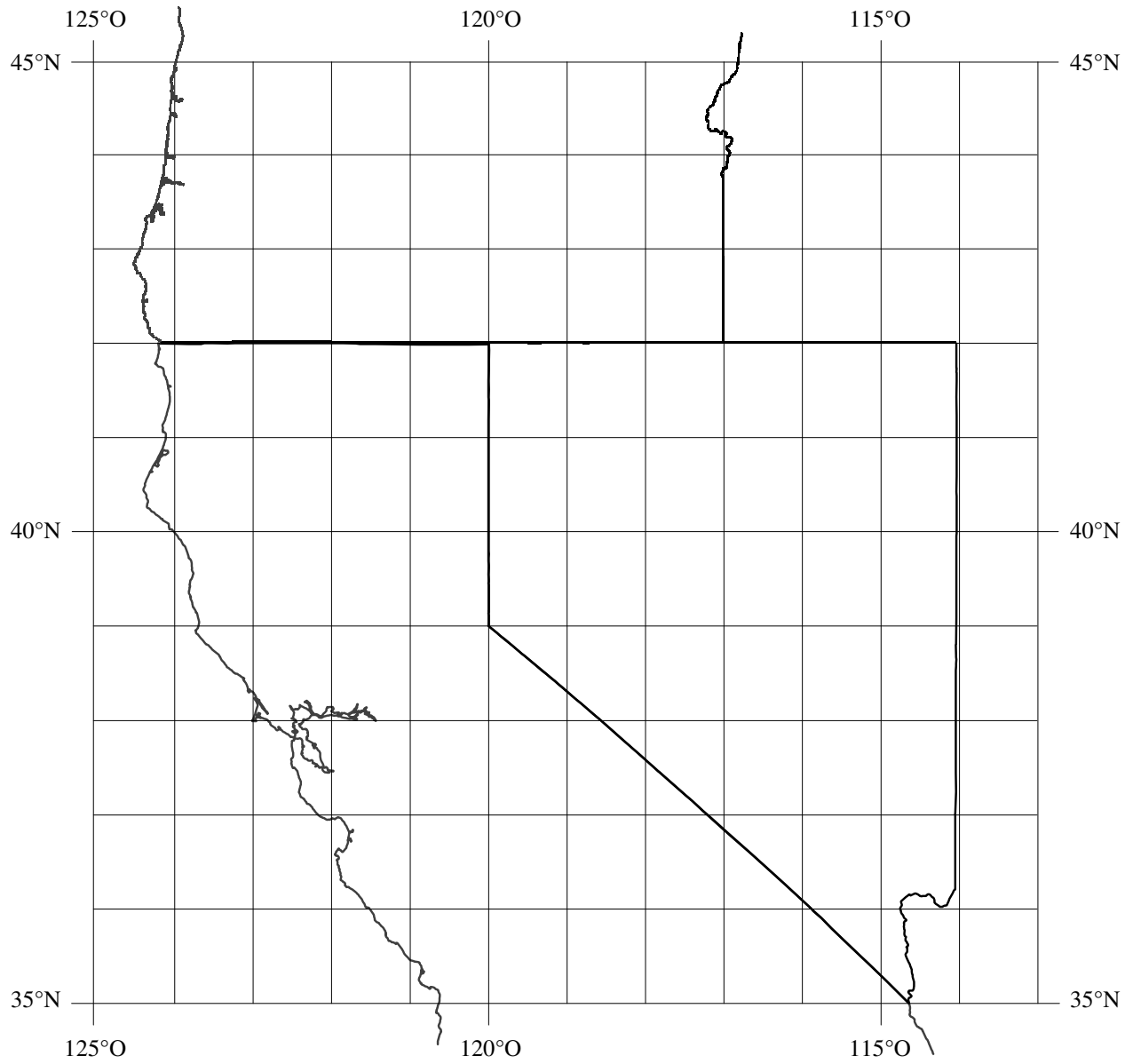
Les élèves peuvent examiner la relation entre l'altitude et la température, décrite dans *Science du système terrestre*. Les valeurs de température moyenne peuvent être ajustées pour des différences dans l'altitude et une nouvelle carte hypsométrique dessinée à partir des valeurs que chaque école pourrait avoir récoltées au niveau de la mer. Ce concept est expliqué dans le *Protocole optionnel relatif à la pression barométrique* pour la pression mais il peut être étendu à la température comme exercice. Les élèves doivent discuter des défauts de cette approche, ce qui tient pour analyse scientifique, et décider quelles valeurs de température peuvent se révéler utiles. Le défaut de cette approche vient du fait que la relation entre l'altitude et la température de l'air, ou celle entre la latitude et la température de l'air sont approximativement correctes pour des moyennes de température sur le long terme, mais pas pour des valeurs prises une seule journée.

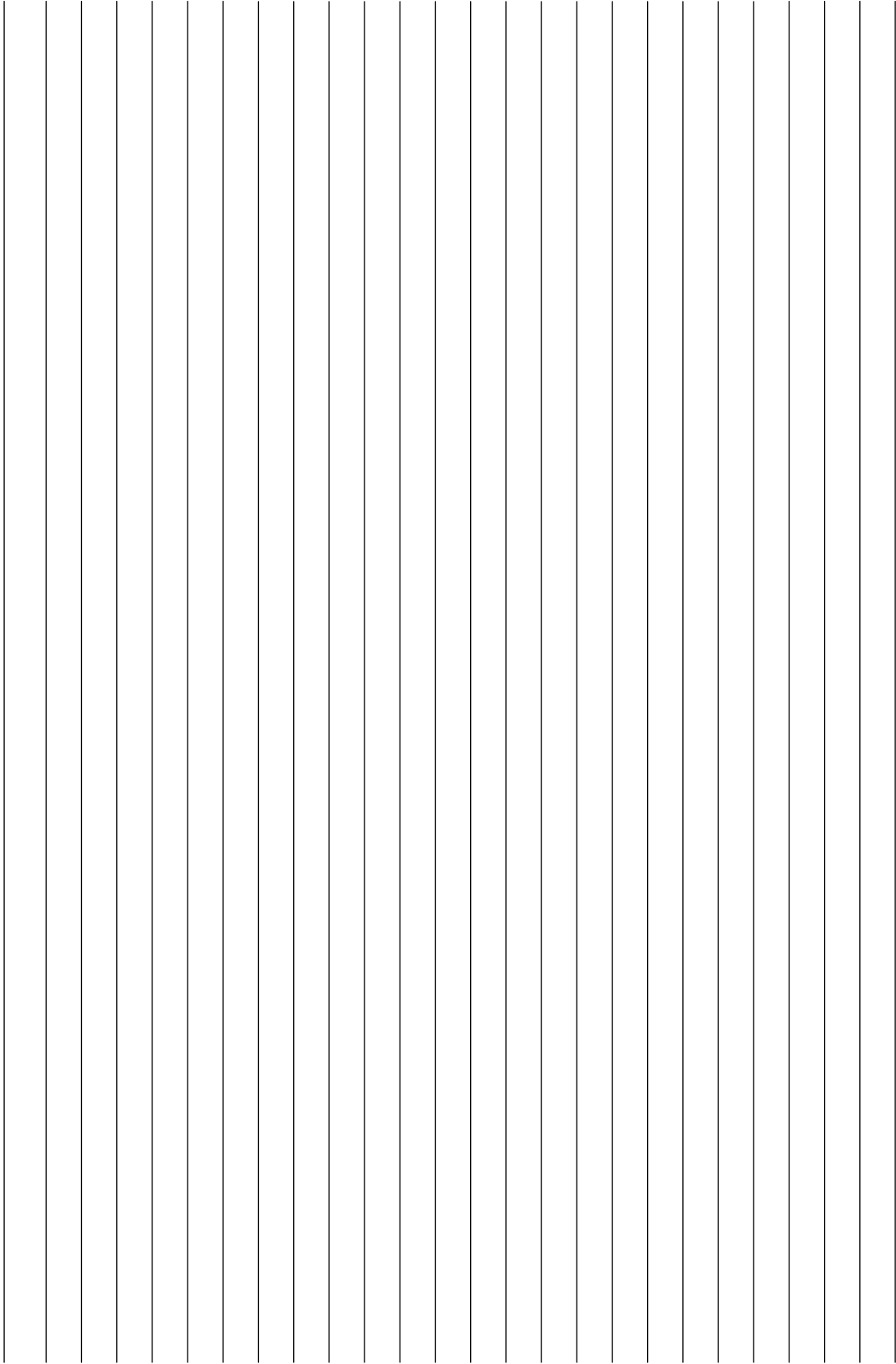
## **Evaluations des élèves**

Chacun des deux premiers prolongements peut être utilisé pour évaluer la compréhension globale des élèves et leur capacité à tracer des cartes hypsométriques. Une autre alternative consiste à fournir un tableau de données, obtenu à partir du site web GLOBE, avec différentes variables qui peuvent être confrontées dans la zone géographique ; les élèves doivent tracer une carte hypsométrique en utilisant ces données.

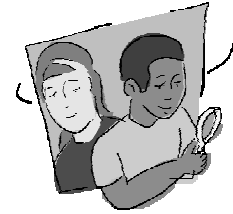


# Feuille de travail pour Construire une carte hypso





# Dessiner votre propre graphique



## Objectif général

Apprentissage sur les graphiques en en concevant un et en le construisant

## Objectif spécifique

Les élèves dessinent un graphique basée soit sur leurs intérêts et leurs idées sur le monde ou basée sur les données GLOBE. Les élèves doivent justifier les choix de conception qu'ils font et interpréter les graphiques de leurs camarades.

## Compétences

Les élèves apprennent à identifier et communiquer des modèles importants dans un ensemble de données en dessinant un graphique et commencent à interpréter ces modèles.

Les élèves sélectionnent et précisent les couleurs, les unités et les plages de valeurs afin de communiquer les données de manière efficace dans un graphique.

## Concepts scientifiques

### *Approche Générale*

Les modèles visuels nous aident à analyser et interpréter des données.

### *Géographie*

Les graphiques de type géographique aident à organiser les informations sur les endroits, l'environnement et les populations.

## Compétences scientifiques

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Utiliser des outils et techniques appropriés.

Utiliser l'outil mathématique pour analyser les données.

Développer les descriptions et les prévisions, à partir de preuves.

Communiquer les résultats et les explications.

## Durée

Une séance de 45 minutes

## Niveau

Moyen

## Matériel et instruments

Cartes en papier blanches

Du matériel de coloriage pour chaque élève : crayons à papier, crayons de couleur, peinture à l'eau, ou pastel.

Des globes terrestres et des atlas pour que les élèves puissent les consulter pendant qu'ils dessinent leurs graphiques.

## Préparation

Reproduire la carte vierge et la Feuille de Travail pour chaque élève.

## Pré requis

Aucun.

## Contexte

Nous utilisons tous des données tout le temps : par exemple, nous pourrions vérifier des statistiques sportives, regarder une carte météo ou trier des papiers.

Les données peuvent être présentées suivant différentes manières. Quelquefois les données sont présentées sous la forme de nombres comme dans les tableaux de mesure de GLOBE, tels que la pluviométrie ou la qualité de l'eau. Les tables de données offrent des valeurs précises qui sont adéquates pour les calculs et les comparaisons. Cependant, les tableaux de nombres peuvent être difficiles à comprendre d'un seul coup d'œil, particulièrement avec des ensembles larges ou complexes de données scientifiques.

Les graphiques représentent un moyen de transformer les données en image afin de les rendre plus facile à la compréhension. Les graphiques nous aident à commencer à expliquer le sens de ces données, à trouver les modèles inhérents, et les utiliser pour répondre aux questions sur le monde. Cette activité est une introduction au graphique: une occasion de concevoir et d'en dessiner un sur le sujet qui vous intéresse.

Un graphique peut être conçu de plusieurs manières différentes – il n'y a pas une unique « bonne manière » pour dessiner un graphique. Les auteurs font des choix de conception afin de communiquer quelque chose de précis. Une carte topographique, par exemple, est une manière courante de montrer des modèles d'altitude. Les cartes topographiques utilisent des lignes de niveau pour représenter les zones de même altitude.

Dans cette activité, vous allez utiliser la couleur comme un moyen d'illustrer les modèles dans les données. Les couleurs que vous utilisez, et ce qu'elles représentent, dépendent de ce que vous voulez que votre graphique reflète.

Il y a quatre questions fondamentales à se poser lorsque l'on réalise un graphique :

Quel est le but de ce graphique ?

Travaillez-vous avec des données numériques ou catégoriques ?

Quelles couleurs allez-vous utiliser et que représentent-elles ?

Quelle est la zone géographique qui est couverte ?

### **But**

Un graphique est réalisé dans le but de communiquer quelque chose aux personnes qui le regardent. Par exemple, une carte météorologique avec des plages de températures de différentes couleurs aident à montrer différents modèles de temps sur l'ensemble de la région concernée. La première étape dans la conception d'un graphique est de décider ce qu'il a l'intention de communiquer.

### Type de Données/Unités/Plages de Valeurs

Les données qui sont exposées dans un graphique peuvent être numériques ou catégoriques.

Avec des données numériques, le graphique montre une quantité de quelque chose : le nombre d'espèces d'oiseaux dans différentes parties du pays, ou la moyenne des températures à minuit dans différents endroits du monde. Afin d'être clair sur ce que représentent les nombres, l'on précise des unités de mesure. Par exemple, la température sera exprimée en degrés Celsius, Fahrenheit ou Kelvin.

Afin de simplifier l'illustration des données et mettre en évidence des modèles, l'on peut diviser les données numériques en plages de valeurs et associer une couleur à chaque plage. Un graphe de température pourrait utiliser une couleur pour des températures entre  $-20^{\circ}\text{C}$  et  $0^{\circ}\text{C}$ , et une autre couleur pour les températures situées entre  $0^{\circ}\text{C}$  et  $20^{\circ}\text{C}$ . Si les valeurs exactes ne sont pas connues, il est aussi possible d'utiliser des valeurs qualitatives (des mots descriptifs comme élevée, moyenne, et basse pour des hauteurs de nuages). Habituellement, il vaut mieux utiliser les plages numériques puisqu'elles sont plus précises et uniformes ; ce qui est « tiède » pour une personne peut être « chaud » pour une autre, mais tout le monde s'accorde sur la signification de  $20^{\circ}\text{C}$ .

Quelques graphiques montrent des données qui ne sont pas du tout numériques. Par exemple, le sport le plus populaire dans différentes villes (« hockey », « football », etc...) ou les types de végétation dans différentes régions. (« forêt d'arbre à feuillage persistant et large », « désert », etc...). Ce type de données est qualifié de catégorique. Avec des données catégoriques, le concepteur du

graphique doit décider s'il est préférable de regrouper des catégories similaires pour mettre en évidence des modèles. Par exemple, selon la question à laquelle le graphique « sport favori » est censée répondre, cela pourrait être important de montrer chaque type d'activité nautique ou être plus facile de tout regrouper dans la catégorie « sports nautiques ».

### **Les couleurs**

Lorsque les plages ou les catégories sont choisies, l'étape suivante est le choix des couleurs pour les représenter. Quelquefois, c'est possible de choisir des couleurs qui ressemblent au phénomène représenté (par exemple, dans un graphique du type de végétation, on pourra utiliser le vert pour représenter les forêts). L'utilisation des couleurs de cette façon contribue à rendre le graphique facile à comprendre. Une autre stratégie serait d'utiliser une suite de couleurs de référence comme les couleurs de l'arc-en-ciel par exemple, afin que les valeurs qui sont proches aient des couleurs qui se rapprochent. Par exemple, un graphique de température pourrait utiliser des nuances de bleu et de violet pour des températures froides et des nuances de rouge et d'orange pour des températures chaudes. Ces techniques visuelles peuvent aider à mieux reconnaître et comprendre des modèles dans les données.

Dans la plupart des graphiques réalisées à la main, 4 à 6 couleurs suffisent ; trop de couleurs compliquent l'image et la rendent difficile à lire.

### **Géographie et Echelle.**

Beaucoup de graphiques montrent des données qui sont recueillies dans des endroits différents : par exemple, un graphique peut montrer la moyenne de la pluviométrie dans différentes parties du monde. Afin de préciser d'où viennent les données, beaucoup de graphiques sont réalisés sur des cartes. Les cartes ont des éléments géographiques (par exemple, le contour des continents) afin de montrer la disposition spatiale d'un seul coup d'œil, comme la localisation des terrains pluvieux près des baies. Lorsque vous dessinez un graphique, il est important de commencer avec une carte vierge qui montre les parties du monde d'où proviennent les données. Il est également très important de choisir une échelle pour le graphique : celle-ci

montrera-t-elle la pluviométrie du mois de Juillet dans un pays en particulier ou dans le monde ? L'échelle choisie dépendra des données que vous avez et de ce que le graphique veut communiquer.

### **Préparation**

Donnez des crayons (ou tout autre matériel de coloriage) à chaque élève et distribuez les globes terrestres et autres atlas disponibles.

Chaque élève aura également besoin d'une carte vierge sur laquelle il dessinera son graphique. Une mappemonde avec les contours des pays est fournie avec cette activité et peut être agrandie à la photocopieuse afin de montrer un continent ou une région en particulier. Pour des cartes plus précises, vous (ou les élèves) pouvez utiliser le service de génération des cartes accessible sur le site de GLOBE.

### **Que faire et comment le faire ?**

Suivre les quatre étapes suivantes :

1. Introduction aux graphiques
2. Les élèves conçoivent et dessinent un graphique
3. Discussion de groupe et interprétation
4. Discussion en classe

#### *Etape 1 : Introduction aux graphiques*

Commencez avec une discussion sur les raisons pour lesquelles les graphiques sont importantes, en sciences comme dans la vie de tous les jours.

- Montrer des exemples de graphiques que les élèves auraient pu voir récemment dans le journal (exemple : une carte météo) ou demander aux élèves de trouver un exemple comme devoir.
- Utiliser un atlas, qui présente souvent des graphiques sur la Terre ou les sciences relatives à la Terre.
- Discuter sur les raisons pour lesquelles il est plus facile de comprendre des graphiques qu'un tableau de nombres. Que permet le graphique de voir en un seul coup d'œil, que ne permet pas un tableau de nombres ? Quels types d'interprétation implique-t-elle ?
- Relier la discussion à une activité que vous

prévoyez pour votre classe en utilisant les données GLOBE : en quoi les graphiques peuvent être utiles dans cette activité ?

Dire aux élèves qu'ils vont concevoir leur propre graphique au cours de cette activité. Il y a deux manières de le faire :

1. Vous pouvez demander aux élèves de dessiner un graphique sur un sujet qui leur est familier, de représenter sur une carte des données où ils s'y connaissent déjà quelque peu.
2. Les élèves peuvent utiliser des mesures provenant du programme GLOBE, comme la température de l'air, la pluviométrie ou la couverture nuageuse.

Si vous choisissez l'option 1, les élèves ont la possibilité d'être créatifs et ont l'occasion de connecter le concept de graphique à quelque chose qui les intéresse, potentiellement hors du domaine scientifique. Par exemple, les élèves peuvent choisir de dessiner un graphique sur les récoltes agricoles dans diverses régions du monde ou sur le nombre de langues parlées dans chaque pays. Si les élèves ont des problèmes pour imaginer un sujet sur lequel ils pensent avoir suffisamment de données pour dessiner, parlez-leur et trouvez ensemble des données adaptées à une représentation spatiale, en les redirigeant vers des sujets plus appropriés si nécessaire.

Si vous choisissez l'option 2, les élèves peuvent commencer à explorer les concepts qui sont derrière les mesures de GLOBE et comprendre une étape importante dans l'analyse de données – visualisation spatiale des données pour en dégager des modèles. Si les élèves réalisent leur graphique sur un sujet lié à des données qu'ils collectent actuellement ou collecteront. Vous aurez peut-être envie de voir les graphiques sur le site de GLOBE lors d'une séance ou inciter quelques élèves à le faire. Sur le site, les élèves peuvent voir comment les données de GLOBE sont dessinées sur des cartes.

Lorsque vous présentez l'activité, expliquez aux élèves que leur mission est de communiquer un ensemble de données d'une façon qui rendra la compréhension plus facile pour les autres. Il n'y a pas de « bonne » ou de « mauvaise » façon de concevoir un graphique. Les choix de conception des élèves peuvent rendre plus

facile ou plus difficile pour quelqu'un la compréhension de ce qu'ils essaient de communiquer.

### *Etape 2 : Les élèves conçoivent et dessinent un graphique*

Donner à chaque élève une des cartes vierges que vous avez préparées. Chaque élève choisira un sujet et dessinera son propre graphique.

La Feuille de Travail pour cette activité va pousser les élèves à prendre des décisions nécessaires afin de concevoir leur propre graphique comme décrit dans la section Contexte. Pendant qu'ils travaillent, vous pourrez les guider.

- Les élèves peuvent avoir besoin d'aide dans la définition du but de leur graphique, ainsi que dans les choix de conception qui leur permettront de communiquer clairement les données (par exemple, diviser les données numériques en plages et choisir des couleurs)

- Encouragez les élèves à faire des croquis au crayon à papier avant de les colorier, puisque les élèves peuvent se focaliser d'abord sur une valeur ou une plage de valeurs sans garder de l'espace pour le reste des données.

- Vous devez encourager les élèves à terminer leurs réalisations assez rapidement (environ 15 minutes)

- La Feuille de Travail demande également aux élèves de regarder leur graphique et de vérifier leur travail afin de voir si celui-ci est facile à comprendre. Les élèves risquent d'avoir besoin d'aide pour réfléchir soigneusement sur leurs dessins. Lorsque vous travaillez avec des élèves de manière individuelle, faites référence aux propos exposés dans le But sur leurs Feuilles de Travail. En se basant sur ces propos, demandez-leur de penser aux questions sur ces données, questions auxquelles leur dessin serait utile pour y répondre. Aidez-les ensuite à vérifier que leur dessin est en accord avec cette analyse.

S'il n'y a que des crayons de disponibles et aucun autre matériel de coloriage, les élèves peuvent utiliser des motifs différents ou des hachures pour représenter différentes zones.

### *Etape 3 : La critique du travail des autres.*

Lorsque les élèves sont en train de dessiner leurs

graphiques, divisez-les en petits groupes. Demandez aux élèves d'interpréter les graphiques des autres membres du groupe, en décidant ce que les graphiques tentent de communiquer. Est-il facile pour les élèves de comprendre ce que le graphique tente de communiquer, et ce que représentent les couleurs ? Quels sont les choix de conception qui ont été utiles pour communiquer efficacement les données ? Quels sont les choix de conception qui offriraient une meilleure communication ? Donnez aux élèves la possibilité d'effectuer des modifications après cette discussion, si nécessaires, pour améliorer leurs graphiques.

#### *Etape 4 : Discussion de groupe*

Rassemblez ensuite le groupe pour un débat sur ce qui permet d'obtenir un bon graphique. Si le temps le permet, invitez des élèves à présenter leur graphique de manière individuelle ou un graphique qu'ils ont observée au sein de leur groupe, et à dire quels sont les aspects de conception qui le rendre facile ou difficile à comprendre. Ce débat est une bonne occasion pour relier l'outil général que constitue le graphique aux données GLOBE avec lesquelles les élèves travaillent ou vont travailler, et pour discuter des raisons pour lesquelles les graphiques rendent les données plus faciles à analyser.

### **Recherches Supplémentaires**

Réaliser des graphiques peut être pris comme un projet de groupe en utilisant un graphique vierge de la taille d'une affiche. Celle-ci peut être créée en reproduisant l'image sur un mur grâce à un rétroprojecteur et en recopiant cette image sur une affiche blanche. Ces grands graphiques conviennent particulièrement à des présentations de groupe puisqu'elles sont visibles par l'ensemble de la classe. Réaliser un graphique en groupe est un bon moyen de conduire une analyse préliminaire d'un ensemble de données GLOBE.

L'activité basique définie dans « Ce qu'il faut faire et comment le faire » est une introduction générale au langage de visualisation comme outil pour interpréter et communiquer des données. Les points ci-dessous suggèrent des activités spécifiques d'analyse que vous pouvez choisir selon vos buts pour ce groupe.

- Demandez à chaque élève de penser à une question qui peut être répondue grâce à leur graphique ; par exemple : « quelle ville a la plus grande densité de population dans le pays ? ». Echanger les graphiques avec d'autres groupes et demandez-leur d'utiliser le graphique pour répondre à la question. Cette activité renforce la perception de le graphique comme un outil pour résoudre les problèmes.
- Demandez à chaque élève d'imaginer un titre ou une légende pour leur graphique comme cela est le cas dans des journaux, et d'écrire les premières phrases de l'histoire. Par exemple, la légende sur une carte météo pourrait être « une vague chaleur touche la côte Ouest ! ». Cette activité renforce la perception du graphique comme un outil pour communiquer les modèles dans les données.
- Si vous utiliser des données GLOBE pour cette activité, ajoutez une discussion de groupe durant laquelle vous allez prédire les tendances des données que vous allez recueillir en vous basant sur le graphique. Par exemple, vous voudrez peut-être prédire comment va évoluer le graphique au fur et à mesure que des données vont être collectées durant l'année. Cette activité aide à établir l'idée que les graphiques seront utiles dans le travail qu'effectuera votre groupe avec GLOBE au fur et à mesure que vous répondrez aux questions sur le Monde durant cette année.

### **Ressources**

Des cartes vierges peuvent être conçues sur le site internet de GLOBE et imprimées pour les élèves. (A partir de la page d'accueil de GLOBE, sélectionner Graphiques puis Cartes GLOBES. Sous Autres Options sur la page des Cartes, vous pouvez choisir Créer une carte vierge.)

L'affiche GLOBE sur le Système Terre montre de bons exemples de graphiques en couleur issues de données scientifiques sur la Terre ainsi que de modèles qui peuvent être mis en évidence dans les données par les graphiques.

Internet dispose d'une grande collection de graphiques scientifiques créées par des organismes de recherche. En cherchant le mot « visualisation » associé au nom d'une science de l'environnement peut apporter un ensemble utile d'exemples.

# Dessiner votre propre graphique

## Feuille de Travail

Nom \_\_\_\_\_

Dans cette activité, vous allez dessiner un graphique de quelque chose qui vous intéresse, en utilisant des couleurs et une carte vierge. Un graphique est une image qui rend un ensemble de données plus facile à comprendre et peut vous aider à reconnaître des modèles dans ces données. C'est à vous de décider quelles sont les données que vous voulez communiquer dans ce graphique.

Cette Feuille de Travail est destinée à vous guider dans le processus de conception d'un graphique. Rappelez-vous que vos choix de conception peuvent rendre votre graphique plus facile ou plus difficile à comprendre pour quelqu'un d'autre.

1. Quel est le but de votre graphique ? Par exemple vous voudrez peut-être montrer les modèles de température dans une région ou la hauteur moyenne des arbres dans différentes régions. Ecrivez le but de votre graphique ici.

---

---

---

---

---

Sur votre carte vierge, donnez à votre graphique un titre qui communique ce but.

---

2. Quelle est la zone géographique qui est couverte par votre graphique? Des exemples sont : le monde entier, l'Afrique, votre ville. Précisez ici la zone que couvre votre graphique, et soyez sûr que vous avez à votre disposition une carte qui montre la région du monde qui vous convient.

---

---

---

---

---

3. Vos données sont-elles numériques ou catégoriques ? (entourez la bonne réponse)

Les données sous forme de nombre sont appelées données numériques, et les données sous forme de catégories sont appelées données catégoriques.



4. Pour des données numériques, répondre a et b, pour des données catégoriques répondre c.

a. Quelles sont les unités de mesure (degrés Celsius, hauteur en mètres) ?

---

b. Quelles sont les plages de valeur que vous allez montrer ? Rappelez-vous, une plage regroupe des données similaires sous une même couleur afin que les modèles soient plus faciles à identifier. Si vous représentez des températures, vous pourriez utiliser des plages comme  $-20^{\circ}\text{C}$  à  $0^{\circ}\text{C}$  et de  $0^{\circ}\text{C}$  à  $20^{\circ}\text{C}$ . Précisez ici les plages de valeurs que vous allez utiliser, et passez à la question 5.

---

---

---

---

*Pour des données catégoriques :*

c. Quelles sont les valeurs que vous allez montrer ? Par exemple, si vous montrez des écosystèmes, les valeurs peuvent inclure des déserts et des forêts. Précisez ici les valeurs que vous allez montrer.

---

---

5. Maintenant choisissez les couleurs que vous allez utiliser pour représenter chaque plage de valeur. Rappelez-vous, que quand c'est possible, cela aide d'utiliser des couleurs qui signifient quelque chose sur les données (exemple : rouge pour le chaud ou vert pour les forêts) ou qui aident à illustrer un modèle particulier (exemple : les températures proches les unes des autres ont des couleurs similaires). Écrivez une description du schéma de couleur que vous avez choisi et dites pourquoi vous l'avez choisi.

---

---

---

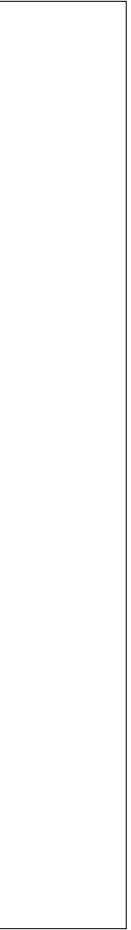
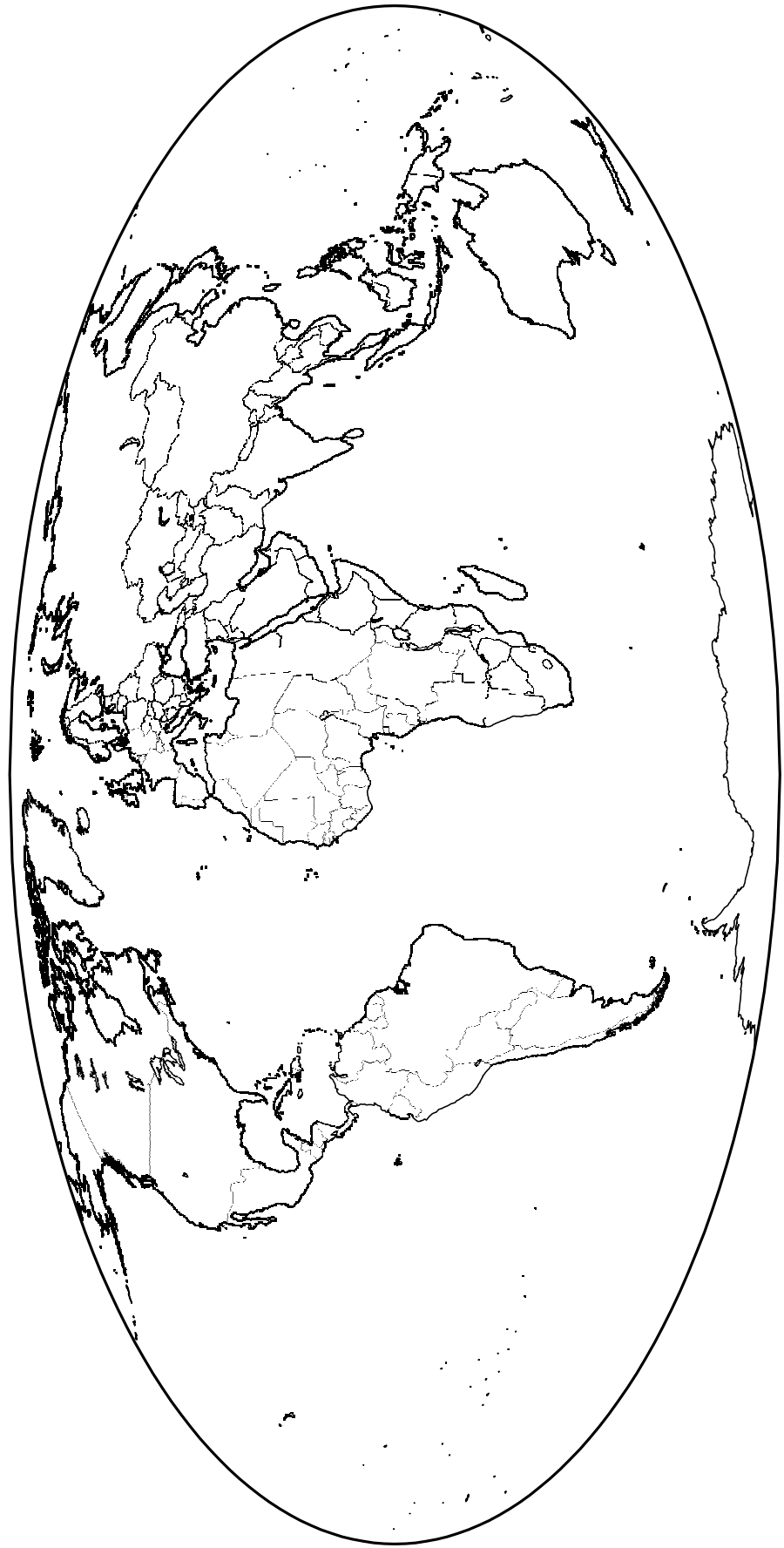
---

---

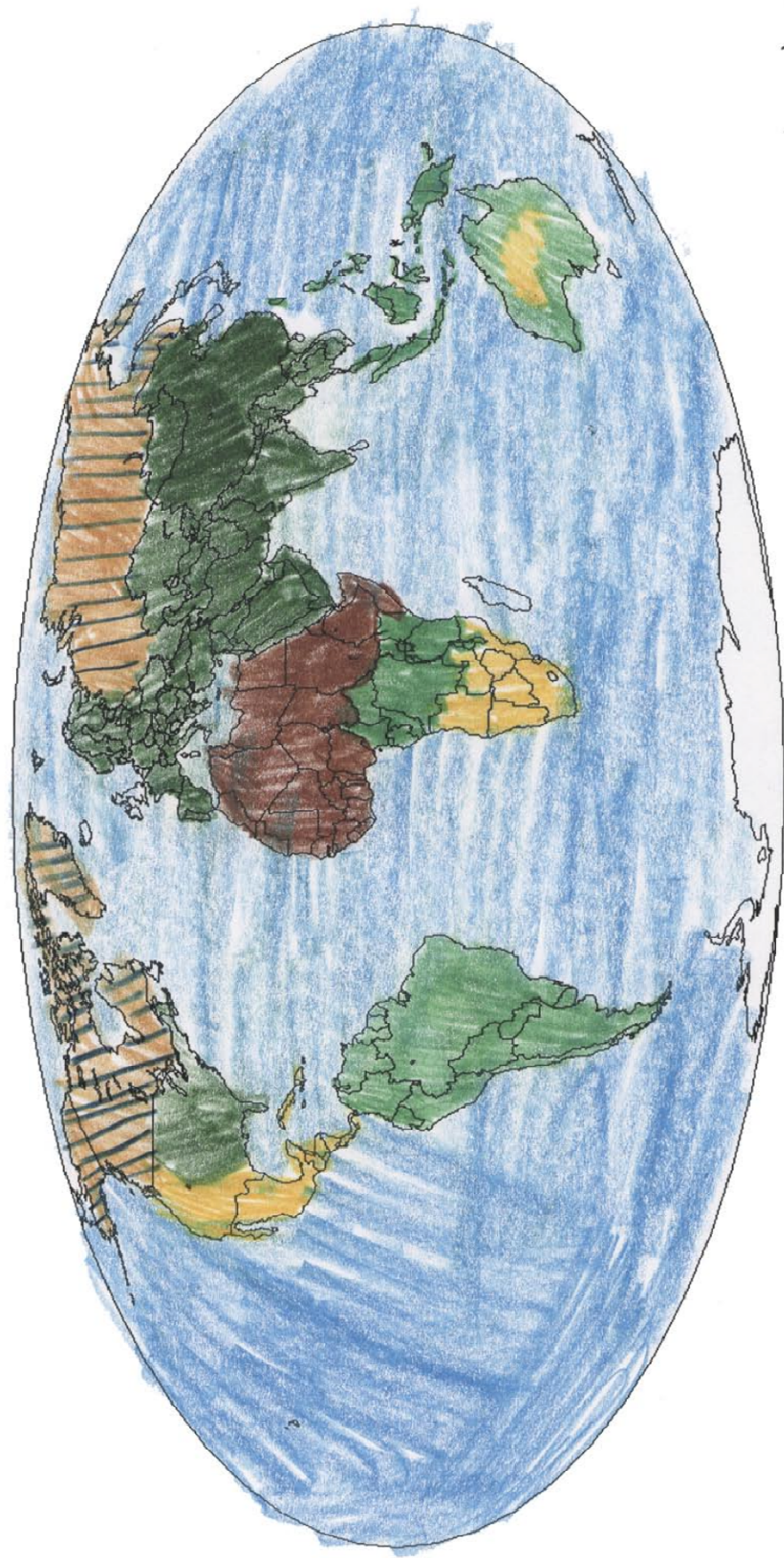
---

Sur votre carte, créez une légende qui montre chaque valeur ou plage de valeur et à côté représentez la couleur que vous allez utiliser.

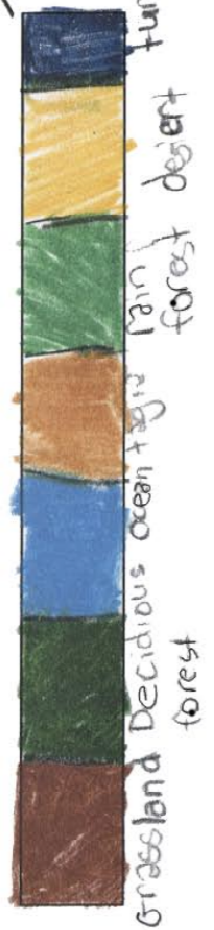
6. Dessinez votre graphique. Maintenant prétendez que vous n'avez jamais vu ce graphique auparavant. Seriez-vous capable d'en saisir le sens ? Est-ce que tout est clairement précisé et dessiné ? Retravaillez votre graphique si nécessaire.



# The 7 Biomes of the world.



When colors have lines of diff. colors on them the area is also inhabited by that biomes also



# Dessiner votre propre graphique

## Rubrique

Pour chaque critère, évaluer le travail des élèves en utilisant les niveaux de notations suivants :

3 = Traduit clairement la réussite ou le dépassement de la performance désirée.

2 = A atteint dans l'ensemble la performance désirée

1 = A accompli quelques parties des réalisations attendues, mais quelques points sont à améliorer

0 = N'a pas réussi à atteindre les objectifs ou recours à une mauvaise méthodologie

1. Conception d'un graphique utilisant les éléments clés que constituent la qualité, les unités et les plages de valeur (si les données sont numériques) et les catégories (si les données sont catégoriques), aussi bien que l'organisation des couleurs utilisées, de la zone géographique et de l'échelle.

### A. La couleur

- L'élève a-t-il choisi les couleurs qui se démarquent bien les unes des autres ?
- Les couleurs sont-elles organisées de manière juste ?

Niveau de Notation	Description
3	Les couleurs se démarquent bien les unes des autres ; l'utilisation des couleurs est organisée et appropriée pour le but souhaité. Par exemple, si l'élève illustre un ensemble continu de données, les couleurs sont graduées ; si les données sont catégoriques, les couleurs sont choisies pour représenter des catégories distinctes. Sur la Feuille de Travail, l'explication de l'élève sur le choix des couleurs traduit le fait que ce choix est à la fois conscient et logique.
2	Les couleurs sont difficiles à distinguer les unes des autres à quelques endroits et/ou les couleurs peuvent être mieux organisées pour atteindre les objectifs. Par exemple, dans un graphique de température, les couleurs sont sélectionnées aléatoirement pour chaque plage de valeurs ou n'illustrent pas une progression continue du chaud vers le froid. La Feuille de Travail a des défauts.
1	L'utilisation ou le choix des couleurs est inapproprié ou incohérent ; les couleurs ne sont pas liées aux plages de valeurs ou aux catégories de données. L'explication de la Feuille de Travail n'est pas claire.
0	Travail non fait ou inachevé.

## B. Les unités et les plages de valeur

- Le choix de l'élève dans les unités correspond-il à la quantité visualisée ?
- Le choix dans les plages de valeur correspond-il à la quantité visualisée ?
- Les couleurs sont-elles correctement représentées dans la plage de valeur choisie ?

Niveau de Notation	Description
3	Les unités sont clairement précisées et sont appropriées à la quantité mesurée. Les plages de valeurs sont adéquates et clairement précisées et les valeurs sont généralement divisées entre 4-6 plages. Les plages de valeurs retenues couvrent l'ensemble des valeurs rencontrées ; par exemple, une catégorie « autre » existe si nécessaire.
2	Le travail montre des signes de compréhension dans l'utilisation des unités et des plages de valeurs dans la conception et la réalisation des graphiques, mais quelques points ci-dessus peuvent encore être améliorés. Par exemple l'unité choisie peut ne pas être totalement appropriée pour la quantité qui est visualisée, ou le choix des plages de valeurs peuvent laisser vides de larges parties du graphique.
1	Le travail traduit une faible compréhension dans l'utilisation des unités et des plages de valeurs dans la conception et la réalisation des graphiques, et tous les points peuvent être améliorés (unités et plages de valeurs)
0	Travail non fait ou inachevé. Les unités ou les plages de valeurs ne sont pas précisées.

## 2. Utilisation d'un graphique afin de communiquer des données.

L'élève a-t-il été capable de mettre en évidence, d'interpréter et de communiquer les modèles qui se dégagent des données ?

Niveau de Notation	Description
3	Dans l'ensemble, le graphique est un outil efficace afin de communiquer le message ou l'idée voulus. Les couleurs et les plages de données sont choisies de manière à bien montrer les modèles qui se dégagent des données. Par exemple dans un graphique de population, les zones à plus fortes densités sont faciles à identifier.
2	Dans l'ensemble, le graphique communique quelques aspects du message ou de l'idée voulus, mais reste ambiguë sur quelques points. Par exemple, le graphique est correctement légendé, mais le choix des plages de valeurs masque des modèles importants.
1	Dans l'ensemble, le graphique ne parvient pas à communiquer le message ou l'idée voulus et des corrections basiques sont nécessaires afin de pouvoir utiliser le graphique comme un outil efficace de communication.
0	Travail non fait ou inachevé ou confus si bien qu'aucun modèle ne peut-être reconnu.

# Apprendre à utiliser des Graphiques :



## Un exemple avec l'altitude et la température

### Objectif général

Présenter aux élèves les graphiques comme un outil pour résoudre des problèmes scientifiques, avec l'altitude et la température comme exemples.

### Objectif spécifique

Durant cette activité, les élèves se servent des graphiques pour interpréter des données de température et d'altitude et comprendre les relations entre elles. Les élèves mettent en couleur la température et l'altitude afin de faire ressortir les motifs importants.

Ils étudient la relation entre les 2 variables en calculant *le gradient adiabatique*, taux de diminution de la température avec l'altitude.

### Compétences

Les élèves peuvent identifier et échanger les tendances importantes d'un ensemble de données en dessinant des graphiques ; ils peuvent aussi commencer à interpréter ces tendances.

Ils étudient les corrélations entre 2 variables en se servant de graphiques.

### Concepts scientifiques

#### Général

Les graphiques aident à l'analyse et l'interprétation des données

#### Géographie

Les graphiques géographiques permettent d'organiser l'information sur les endroits, les environnements et les gens.

### Compétences scientifiques

Identification des questions susceptibles d'obtenir une réponse.

Mettre en œuvre les outils et techniques adéquats

Modéliser à partir des données

Communiquer les résultats et les explications.

### Durée

45 minutes, mais plus de temps serait souhaitable

### Niveau

Collège, lycée

### Matériel et instruments

Un rétroprojecteur et les transparents des graphiques, ou bien des copies couleur de la figure AT-V-1

Une copie de la Feuille de Travail pour chaque élève

Règles, stylos ou crayons de couleur

### Préparation

Si vous prévoyez d'utiliser les extensions des données GLOBE, il peut être utile de trouver des écoles appropriées en avance. Voir la section « *Aller plus loin* »

### Pré requis

Les élèves doivent savoir calculer des ratios. Il est aussi souhaitable qu'ils aient déjà utilisé des graphiques pour des activités comme « *Dessiner votre propre graphique* » par exemple.

## Contexte

Les représentations scientifiques de la planète sont très courantes. Beaucoup de journaux incluent des cartes colorées avec la température, et les infographies sur la formation du trou de la couche d'ozone ont fait la une de nombreux magazines. Ces graphes permettent en effet d'appréhender plus facilement des données scientifiques complexes.

Cette activité se sert des représentations graphiques de la même manière, pour faire ressortir des motifs d'ensemble dans des données et s'en servir pour résoudre un problème.

La première étape face à un graphique est de *s'orienter* : comprendre comment il est conçu, ce qu'il représente, et le relier à des éléments connus (comme le point « Vous êtes ici » sur les plans de ville). Ainsi face à un nouveau graphe, il faut rechercher les éléments suivants :

### 1. Les informations sur les données, comme le type, les unités ou bien encore la date.

Le *type* correspond à la valeur physique représentée. Sur la figure AT-V-1A, les types sont l'altitude (par rapport au niveau de la mer) et la profondeur. Les *unités* sont les mètres, positifs au dessus du niveau de la mer, négatif en dessous. Les valeurs sont les moyennes par zones, et non les maxima en chaque point. La *date* est un élément important sur la seconde figure, AT-V-1B, puisque les températures fluctuent beaucoup au cours de l'année.

### 2. Utilisation des couleurs.

La gamme de couleur qui donne les valeurs clés. Par exemple orange peut représenter les températures entre 20 et 30°C. La *légende* montre la disposition des couleurs, et la gamme que chacune couvre. Le choix d'une couleur permet de mettre en évidence des motifs importants, ou un point de vue spécifique.

Les graphes de la figure AT-V-1 utilisent les couleurs de façon stratégiques : elles sont choisies en fonction des différents phénomènes naturels. Dans le graphe A, la profondeur est donnée par les teintes de bleu. Les terres sont en marrons et les montagnes en blancs. Ce type de légende

permet de dégager les grandes tendances, puisque les données sont ainsi regroupées et codées par leurs couleurs.

On met en évidence les tendances en utilisant des « valeurs repères », qui marquent la gamme dans laquelle un phénomène spécifique prend place. Ces valeurs repères sont les points auxquels ont lieu les changements significatifs dans une légende. Par exemple, une valeur repère peut être 0°C, température de solidification de l'eau. Utiliser des couleurs distinctives pour ces valeurs importantes facilite la lecture du graphique.

Le graphe AT-V-1B se sert des associations inconscientes que l'on fait avec certaines couleurs. Ainsi les couleurs chaudes (jaune, marron ou rouge) représentent les températures positives, tandis que les couleurs froides (bleu, violet) correspondent aux températures négatives. La légende de la carte permet toujours de savoir ce que les couleurs représentent.

### 3. Les éléments géographiques,

qui positionnent les données : à quels endroits sur la planète s'appliquent ces valeurs ? Sur la carte AT-V-1B par exemple, les contours des continents permettent de constater que les côtes sont plus fraîches que l'intérieur des terres.

### 4. La résolution de la carte.

Elle donne la valeur de la plus petite surface sur laquelle 2 valeurs différentes peuvent être représentées. Sur la carte AT-V-1A, chaque donnée couvre surface de 1°x1°, ce qui donne la résolution. Ceci signifie que l'on peut y voir les différences d'altitudes entre 23°Nord et 24°N, mais pas entre 23,1°N et 23,2°N.

Sur la feuille de travail 1, dont vous vous servirez pour cet exercice, les données sont données sur des surfaces de 3°x3°, ce qui signifie que chaque zone est beaucoup plus grande : l'image est donc moins précise. Par conséquent tout calcul fait à partir d'une lecture de cette carte ne sera qu'approximatif.

Les 4 points ci-dessus font la force des graphes qui communiquent l'information de façon à donner des indices sur les données et le monde, afin de résoudre des problèmes. Dans cette activité, vous allez vous servir de graphes pour mettre en relation l'altitude et la température et en déduire le gradient adiabatique depuis les côtes de l'Océan Indien aux sommets de l'Himalaya.

*Le gradient adiabatique* est le taux de diminution de la température de l'air en fonction de l'altitude. Quand on monte au sommet d'une colline ou d'une montagne, on sent la chute de température : il fait plus froid au sommet.

Les scientifiques le calculent pour un déplacement purement vertical. Les données proviennent de ballons atmosphériques qui embarquent des instruments pour mesurer la température de l'air, la pression et l'humidité durant l'ascension. La position de ces ballons est enregistrée et les données qu'ils mesurent (ainsi que leur position) sont envoyées vers des stations au sol. Avec ces valeurs, et des modèles du climat, les scientifiques ont calculé un gradient adiabatique théorique constant de  $-9.8^{\circ}\text{C}$  par km.

La valeur réelle peut être différente de cette constante pour de nombreuses raisons compliquées. Le taux dépend par exemple de l'humidité de l'air. Si le sol est sec, il n'y a pas d'évaporation en surface. Ceci peut provoquer de très fortes températures près du sol qui diminuent vite avec l'altitude. L'air humide influe plus lentement sur la température, par la condensation de l'eau qu'il contient, sous forme de gouttes ou de buée. L'énergie stockée dans la vapeur d'eau est émise lors de la condensation, augmentant la température. Ainsi, le gradient moyen pour de l'air humide n'est que de  $-5.4^{\circ}\text{C}/\text{km}$ , bien loin des  $9.8^{\circ}\text{C}/\text{km}$  théoriques.

## Préparatifs

Des crayons (ou tout autre support coloré) pour chaque binôme d'élèves ainsi qu'une copie de la feuille de travail. Faites une copie sur transparent couleur de la figure AT-V-1 ou bien allez la chercher sur le site web de Globe pour pouvoir la projeter.

## Que faire et comment ?

Suivez les 3 étapes suivantes :

1. Discussion en classe afin d'amener les élèves aux graphiques de la figure AT-V-1
2. Analyse par groupe et résolution des problèmes
3. Point avec la classe sur l'utilisation des graphiques.

*Etape 1 : Discussion en classe : prendre en main l'altitude et la température.*

Cette discussion va introduire les élèves à l'utilisation de graphiques. En élève plusieurs graphes sur l'altitude et la température, les élèves vont apprendre à se servir de graphiques, et seront prêts à la seconde étape, la résolution de problèmes. Démontrez l'utilité des graphiques comme outils pour appréhender les données.

- Faites étudier la feuille de travail aux élèves ; elle contient les graphes qu'ils vont colorer. Les 2 tableaux contiennent des valeurs pour une zone de  $3^{\circ}\times 3^{\circ}$ . Le premier donne l'altitude moyenne, et le second la température moyenne en juillet 1987. Il est difficile de distinguer des tendances parmi tous ces chiffres.

Cette activité utilise des graphes colorés afin de faire ressortir les informations importantes. Bien sûr, les couleurs ne sont qu'un moyen : l'altitude est par exemple représentée par des lignes de niveaux sur les cartes topographiques.

Guider les élèves vers les graphes en reliant les couleurs aux phénomènes réels : que représentent les données ?

- Sur la figure AT-V-1A, demander à vos élèves de chercher les zones blanches, et de déterminer ce qu'elles ont en commun. Ils doivent prendre conscience que ce sont les zones les plus élevées. Aidez les maintenant à comprendre pourquoi ces zones sont si élevées ; l'explication triviale est la présence de



montagne (les Andes au Pérou, les Rocheuses aux Etats-Unis et l'Himalaya en Asie). Cependant dans certains cas, l'altitude est due à la présence d'épaisses couches de glace (par exemple en Antarctique et au Groenland).

- Les élèves peuvent être déroutés de prime abord par la signification des couleurs. Ainsi, s'ils sont familiers avec les cartes météo des journaux, il se peut qu'ils associent le bleu au froid, le rouge au chaud. Certains peuvent aussi associer le bleu à la présence d'eau plutôt qu'à la profondeur. Insistez sur le décodage des éléments clés tels que la légende.
- Les autres éléments de confusion dans les cartes sont la résolution et la projection. Dans la figure AT-V-1A, la résolution est de  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ , tandis que sur leur feuille de travail, la résolution est de  $3^{\circ} \times 3^{\circ}$ ; il est important que les élèves comprennent ce que cela implique en terme de précision. La projection est la manière dont la Terre, sphérique, est représentée sur une carte plane, avec les distorsions en taille, en forme et en distance que cela induit. Sur la figure AT-V-1, les zones de  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  sont calculées par un espacement régulier et non en tenant compte des éléments géographiques. Par conséquent, l'aire réelle d'une zone dépend de la latitude; ceci peut être surprenant aux pôles où l'Antarctique apparaît comme une large zone horizontale. Il peut s'avérer utile de comparer la taille des continents sur la carte avec celle sur un globe.

Discutez de l'utilisation stratégique des couleurs dans les cartes.

- La notion de « valeur repère » a été introduite dans la section Contexte, et doit être illustrée par cette discussion. Par exemple, la carte des températures représente les valeurs au dessus de  $0^{\circ}\text{C}$  en teintes d'orange et rouge, et les valeurs négatives par des teintes de bleu, ce qui permet de déterminer rapidement les zones froides et chaudes.

- Dans l'activité qui suit, les élèves vont colorer les cartes de leur feuille de travail de façon à faire ressortir les informations pertinentes.

#### *Etape 2 : résolution de problème en groupe*

La taille de groupe recommandée est le binôme.

La feuille de travail guide les élèves à travers le processus de choix des couleurs et leur utilisation sur les cartes. La section « Rubrique » donne un exemple de résultat.

Dans un premier temps, la feuille de travail demande aux élèves de choisir des gammes de couleur pour les cartes. Elle leur suggère d'utiliser 1500m comme une altitude repère (altitude à laquelle commencent les montagnes). D'autres choix représentant l'altitude minimale des montagnes sont possibles, mais 1500m fonctionne bien avec les données fournies avec cette carte. En ce qui concerne la température, les élèves doivent déterminer l'échelle complète des températures en jeu (de  $1$  à  $36^{\circ}\text{C}$ ), puis la diviser en 4 gammes avec leur jeu de couleurs.

Quand les élèves ont coloriés leurs cartes, ils sont prêts à résoudre le problème suivant : explorer la relation entre altitude et variation de température. En général, ces variations sont dues au gradient adiabatique. L'Himalaya est une zone de choix pour étudier ce phénomène grâce aux importantes variations qui s'y produisent. Les élèves calculent empiriquement le gradient par la différence entre 2 points des cartes. Ce calcul nécessite l'utilisation de quotients et de valeurs négatives; les élèves peuvent avoir besoin d'aide dans les calculs suivant leur niveau. Faites leur bien comprendre que l'altitude est donnée en mètres, tandis que l'unité du gradient adiabatique est le  $^{\circ}\text{C}$  par kilomètre. Les résultats seront généralement des valeurs négatives, puisque la température diminue avec l'altitude. Pour la plupart des élèves, ceci peut être déroutant et il peut être nécessaire d'illustrer ce concept pour toute la classe.

Les résultats vont dépendre des zones que les élèves auront choisies, et seront

généralement plus faibles que la moyenne communément admise de  $-9.8^{\circ}\text{C}/\text{km}$ . Cette valeur est calculée en mesurant la température de l'air de façon verticale au dessus du sol. Les élèves, a contrario, utilisent des valeurs de température à la surface du globe qui sont affectées par de nombreux facteurs, incluant l'absorption de la lumière du soleil. Ainsi si vous lâchez un ballon sonde au niveau de la mer, la température qu'il mesure à 1km d'altitude est plus faible que celle mesurée au sol sur une montagne à la même altitude.

Il est probable que les élèves nécessitent de l'aide pour répondre à la question 8, qui leur demande de faire des hypothèses sur les différences avec les résultats obtenus par leurs camarades qui ont choisi d'autres zones. Beaucoup de raisons sont valables, mais la plus importante est la résolution des cellules : chaque zone contient une température moyennée sur une large surface, et les valeurs perdent donc en précision dans les zones montagneuses. Le gradient est aussi affecté par des paramètres naturels comme l'humidité, qui est influencée par la proximité avec l'océan. Si les élèves sont perdus, vous pouvez leur donner ces éléments de réponse durant la discussion.

### *Etape 3 : Discussion en classe*

Clôturer la période de travail par une brève discussion sur l'utilité des graphiques pour analyser des données. C'est une bonne opportunité pour faire le lien avec les données que collectent les élèves pour le projet GLOBE : quel type d'analyse peut permettre un tel outil ? Peut-il aider des élèves à répondre à des questions sur leur environnement local et ses relations avec la Terre ?

### **Aller plus loin**

Ces recherches permettent de relier cette activité aux données GLOBE et potentiellement à votre école.

1. Une comparaison avec une école à la même latitude mais à une altitude différente que la votre (ou entre 2 écoles) et qui fournit (fournissent) des relevés régulier de température est plus efficace. Rechercher tout d'abord les écoles qui ont fourni au moins 1000 valeurs de température, puis affinez la recherche grâce à des critères de latitude dans l'outil de recherche. Commencer par des critères suffisamment lâches peut permettre de trouver 2 écoles pour une comparaison. Classer ensuite les résultats par latitude permet de localiser rapidement de bons candidats. Choisissez 2 écoles et tracer leur relever de température moyenne puis trouvez sur les graphes une année commune riche en relevés et tracer les graphes de cette année seulement. A partir de la page du graphique, vous pouvez sélectionner un seul mois. Les élèves peuvent ainsi obtenir un tableau de valeur pour un mois pour chaque école et calculer la moyenne mensuelle pour chacune, ainsi que le gradient adiabatique entre les 2 écoles. Encore une fois, le résultat diffèrera sans doute des résultats théoriques ou de ceux qu'ils auront calculés à partir de relevés dans l'Himalaya. C'est une occasion de discuter des paramètres locaux et globaux influant sur la température locale.
2. Vous pouvez aussi faire des comparaisons visuelles d'altitude et température sur les pages web « feuille de travail graphique » du site de GLOBE. Après avoir sélectionné une ou plusieurs écoles à analyser, utiliser le serveur pour tracer la carte d'une des écoles puis cliquer sur « Feuille de travail graphique ». Ceci créera une feuille avec la carte dans les 4 cases. Utilisez la sélection des lignes pour tracer soit la température soit les données géophysiques. Vous verrez la température sur une rangée de cases, l'altitude sur l'autre. Les colonnes représentent des mois différents, et vous pouvez choisir plusieurs valeurs pour étudier la corrélation température-altitude à différents moments.

3. Laissez les élèves utiliser la page Graphiques du site web afin de modifier la gamme de couleur. En effet sur chaque carte GLOBE, l'échelle de couleur est modifiable. Grâce à cette option, les élèves peuvent faire varier leurs valeurs repères et voir l'effet de la gamme de couleur choisie. Ils peuvent par exemple modifier la carte des relevés actuels de la température pour une gamme ne contenant que du bleu et du rouge, comme sur la figure AT-V-1B ; ils peuvent ensuite modifier le seuil, et la carte sera retracée afin que les zones du globe plus chaudes que la température seuil soient en rouge, les autres en bleu.

4. D'autres activités de GLOBE peuvent aisément s'associer à celle-ci. Par exemple, « Dessiner votre propre graphique » peut être utile avant ou après la présente afin de montrer aux élèves comment concevoir leurs propres cartes. Dans le chapitre « Sciences du système terrestre » vous pourrez trouver un certain nombre d'activités bâties sur la même approche.

### Ressources

Les atlas contiennent généralement beaucoup de cartes utiles

Le serveur web de GLOBE contient énormément de cartes, certaines en 3D. Il existe en outre beaucoup d'excellents sites comme ceux de la NASA ou de NOAA, sur lesquels les élèves peuvent étudier des cartes et en analyser les données.

Le chapitre « Mesures à distance » de la vidéo de GLOBE sur la couverture de la Terre donne de bonnes explications sur la résolution, avec l'exemple d'un zoom progressif sur un aéroport jusqu'à une résolution suffisante pour qu'il devienne reconnaissable.

# Apprendre à utiliser des graphiques :

## Feuille de Travail

Nom \_\_\_\_\_

Dans cette activité, vous allez dessiner des cartes puis vous en servir pour comprendre la relation entre la température et l'altitude

### Partie A : dessiner les cartes.

A la fin de cette feuille de travail, vous trouverez 2 tableaux de chiffres : l'un d'altitude (en mètres), l'autre de température (en °C). Les chiffres sont distribués dans l'espace, chacun représentant la valeur moyenne sur une zone de terrain 3°x3° en Asie du Sud (3° de latitude fois 3° de longitude). Votre première tâche est d'identifier approximativement la frontière Sud de l'Himalaya, la plus haute chaîne de montagnes sur Terre, en transformant chacun de ces tableaux en une carte qui puisse vous aider.

1. Assignez une couleur à chaque altitude. Dans votre choix, pour faciliter la délimitation des montagnes, il est utile de sélectionner une valeur repère. Une valeur repère est un seuil auquel la valeur change significativement. Dans cet exemple, prenez 1500m comme seuil pour délimiter l'altitude à laquelle les montagnes débutent.

Prenez 4 couleurs pour cette carte, et choisissez quelles gammes d'altitudes elles vont chacune représenter. Faites attention à ce que 1500m soit une limite entre 2 zones. Vous voudrez marquer fortement la différence entre les montagnes et le reste ; pour ce faire, ayez soin de choisir 2 couleurs bien différentes, et très contrastées, pour les gammes supérieures et inférieures à 1500m.

N'oubliez pas de colorier la légende sous la carte.

2. Choisissez une gamme de couleur pour la température. Il n'y a pas de valeur significative indiquant une zone montagneuse, découpez donc votre gamme en 4 parts égales (c'est-à-dire le même nombre de degrés dans chacune). N'oubliez pas de créer la légende pour montrer ce que vos couleurs représentent.
3. Coloriez vos cartes Altitude et Température.

### Partie B : S'orienter et résoudre des problèmes grâce aux cartes.

4. Sur la carte Altitude, dessinez la limite Sud de l'Himalaya, en suivant les bordures des zones.
5. La plus haute altitude sur votre carte est 5300m, mais la plus haute montagne du monde, l'Everest, culmine à 8800m et se trouve dans l'Himalaya. Expliquez ceci en vous basant sur la résolution de votre carte.

---

---

---

---

---

6. Pouvez-vous dessiner les limites de l'Himalaya en utilisant uniquement la carte des températures ? Essayez ! A quel point êtes vous proche des limites que vous avez obtenues à la question 4 ?

Expliquez pourquoi il est possible d'approximer les limites des zones montagneuses avec simplement la température.

---

---

---

---

---

7. Le taux auquel la température chute lorsque l'on escalade une montagne, ou que l'on monte dans l'atmosphère, s'appelle le gradient adiabatique. Pour le calculer, prenez 2 zones proches, mais d'altitudes très différentes. Trouvez les températures correspondantes. Calculez alors le gradient adiabatique comme le rapport entre la diminution de température et l'augmentation d'altitude.

$$\frac{\Delta T}{\Delta E} = \frac{\text{variation de température}}{\text{variation d'altitude}}$$

Vous aurez une valeur négative soit pour  $\Delta T$  (chute de température), soit pour  $\Delta E$  (diminution d'altitude). Par exemple, si la carte de température donne  $4^{\circ}\text{C}$  pour la zone A et  $16^{\circ}\text{C}$  pour la zone B et que la carte des élévations donne 5200m pour A et 2300m pour B, le gradient adiabatique est :

$$\frac{\Delta T}{\Delta E} = \frac{4^{\circ}\text{C} - 16^{\circ}\text{C}}{5200\text{m} - 2300\text{m}} = \frac{-12^{\circ}\text{C}}{2900\text{m}} = \frac{-0.04^{\circ}\text{C}}{1\text{m}} \times 1000\text{m} / \text{km} = -4^{\circ}\text{C} / \text{km}$$

Ce quotient signifie qu'à chaque fois que vous montez de 1km, la température chute de  $4^{\circ}\text{C}$ , et inversement.

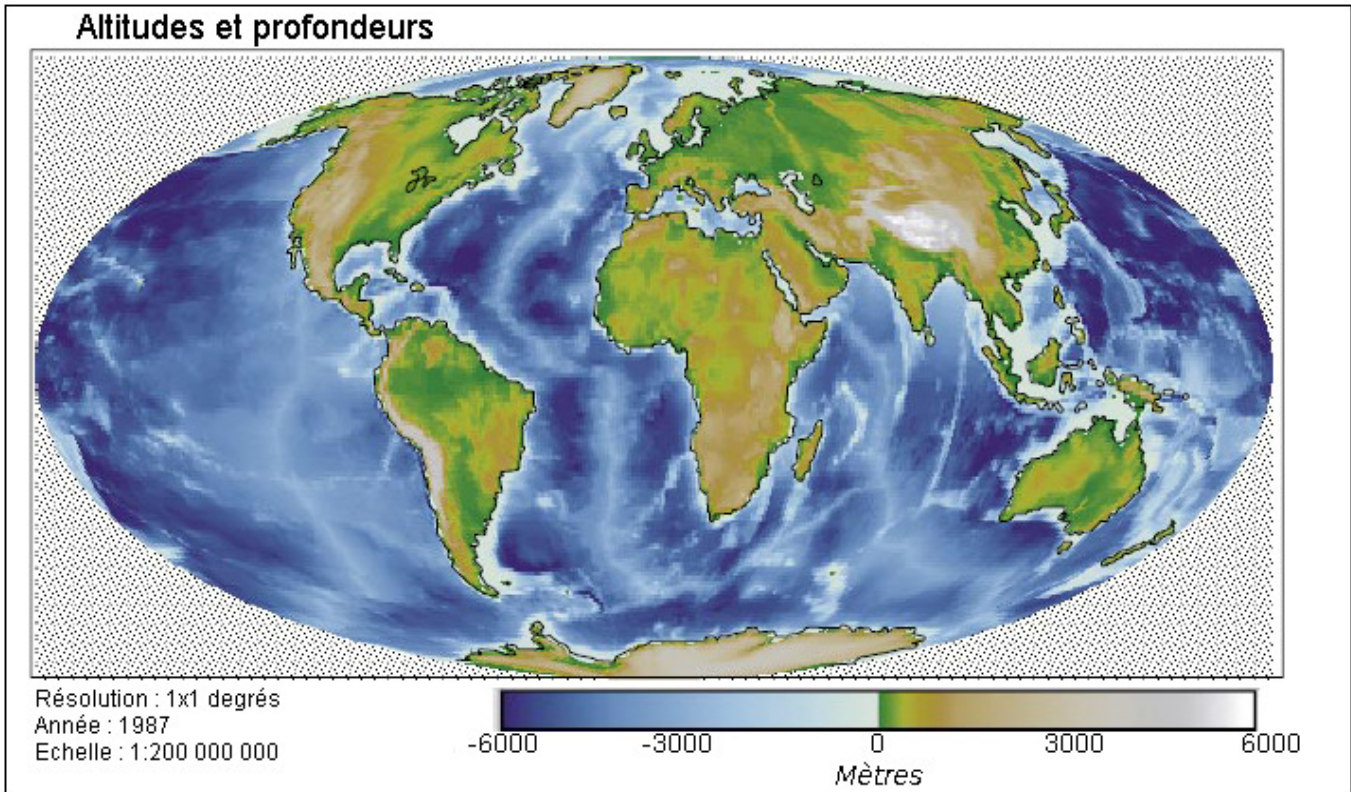
Calculez le gradient adiabatique pour les 2 zones que vous avez choisi.

$$\frac{\Delta T}{\Delta E} =$$

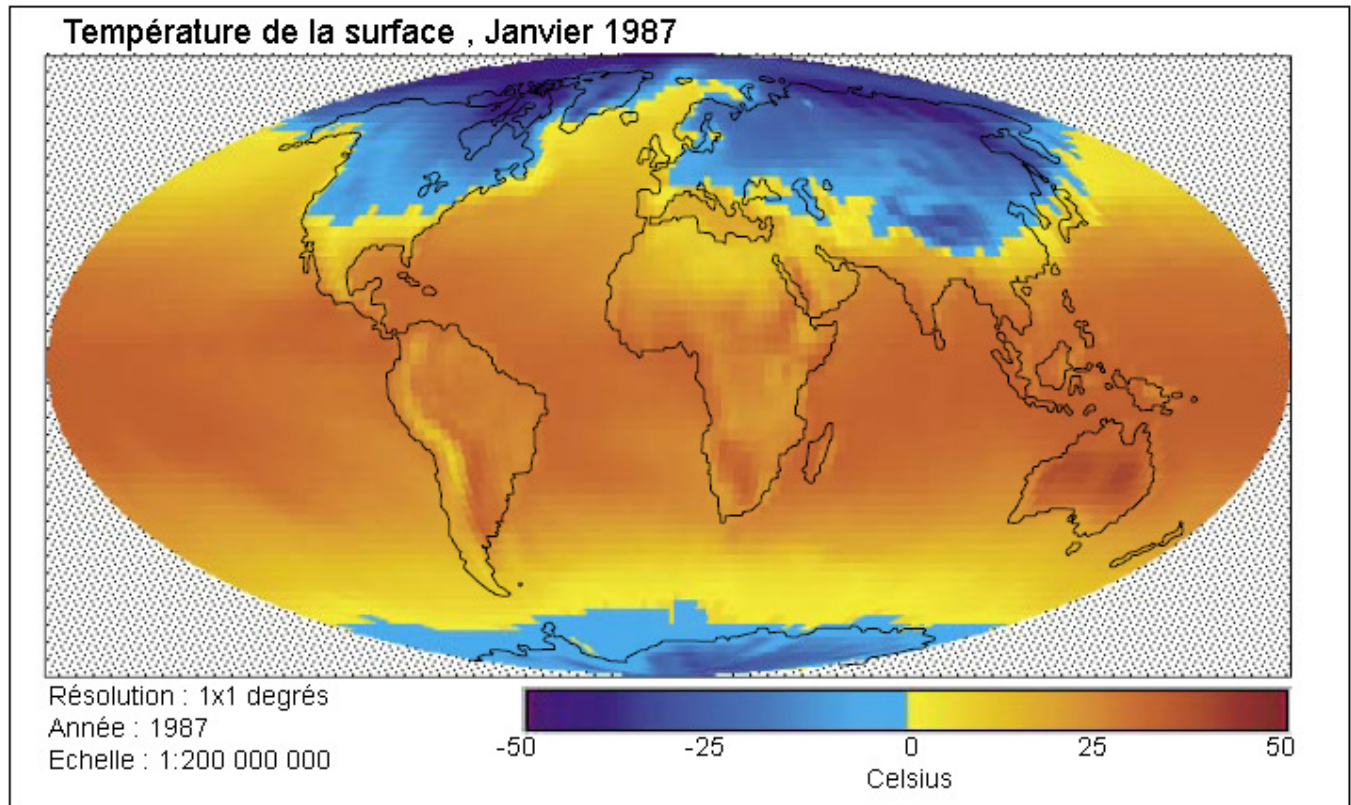
8. Comparer vos résultats à ceux d'autres groupes. Obtenez-vous le même taux ? Si vos résultats diffèrent, quelles peuvent être les raisons possibles ?

Carte AT-V-1

A : Altitude et profondeur : carte de l'altitude terrestre au-dessus et en dessous du niveau de la mer



B: Température de la surface terrestre : Carte de la température à la surface des océans et de la terre, Juillet 1987




**Unités**  
 Altitudes : mètres au-dessus  
 du niveau de la mer  
 Température : degrés Celsius


**Résolution**  
 3°x3°

**Date**  
 1987

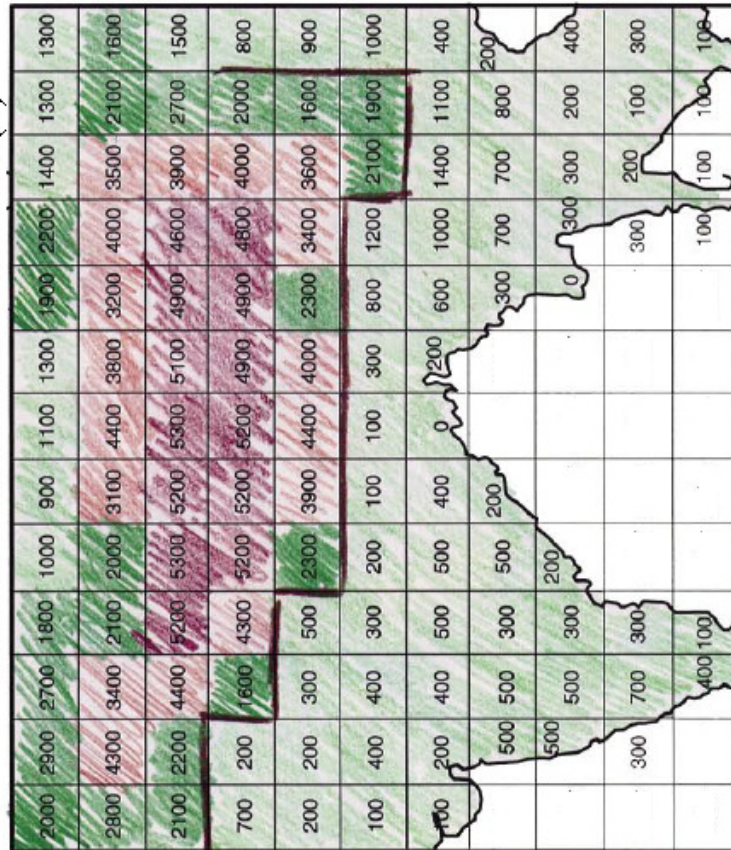
**Position**



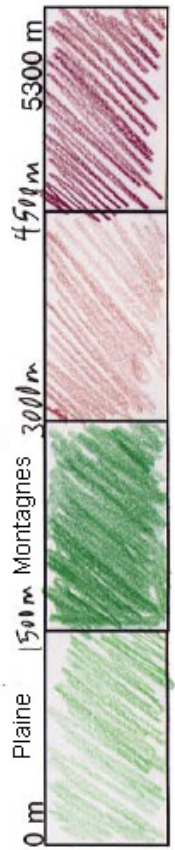
**Echelle**  
 300 150 0 km 300 600



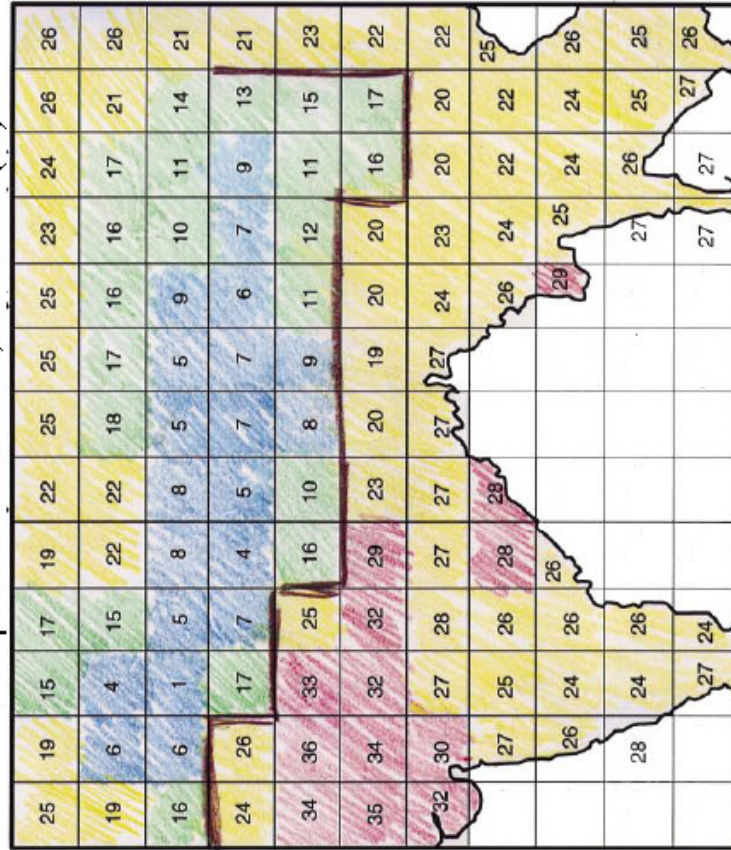
Altitude au dessus du niveau de la mer (m)



Légende

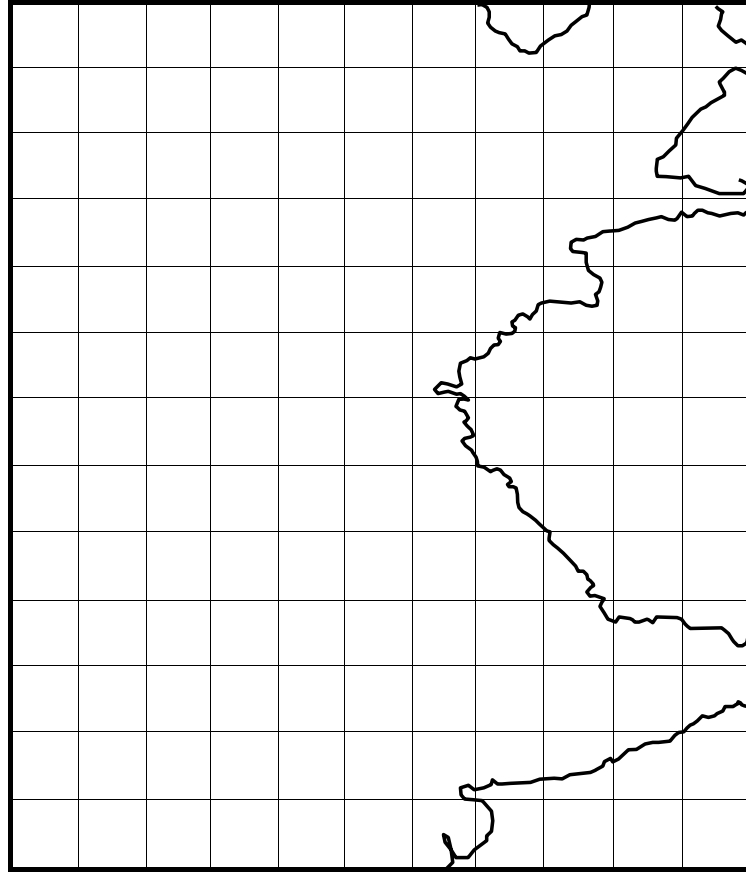
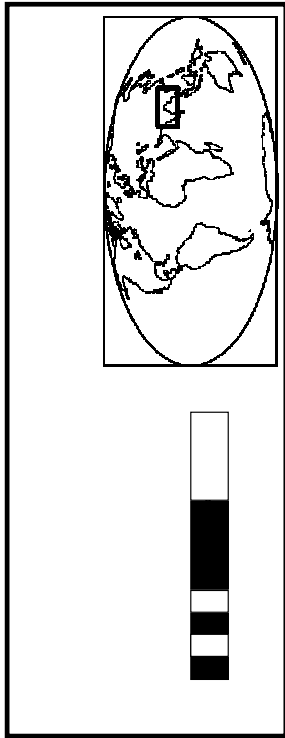


Température à la surface, Juillet 1987 (°C)



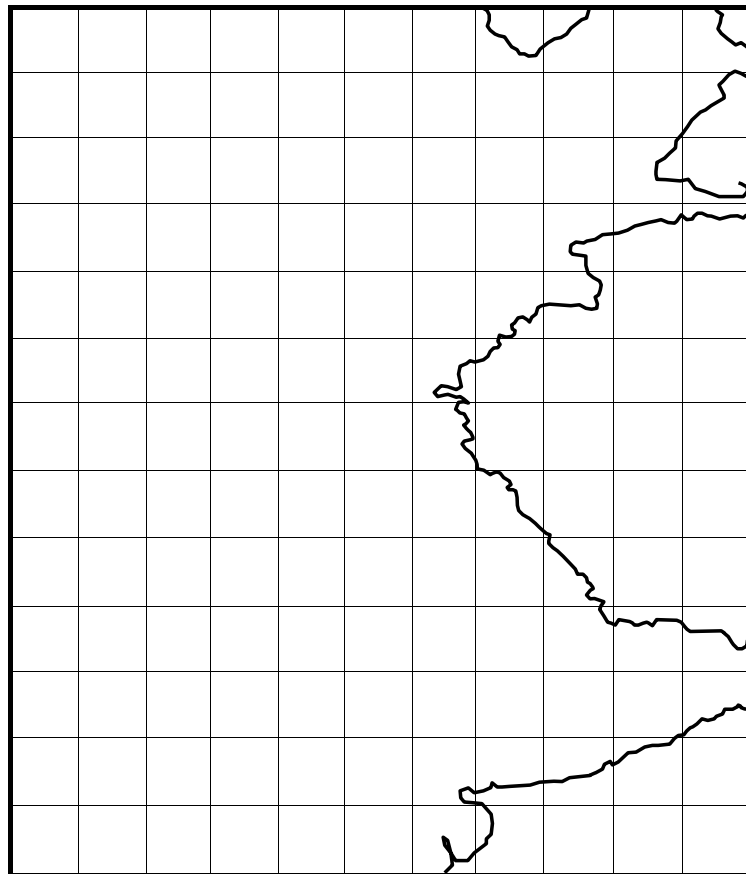
Légende





◇


◇






# Apprendre à utiliser des graphiques :

## Rubrique

Les élèves seront évalués, pour chacun des critères qui suivent, suivant les échelles et standards donnés ci-dessous :

- 3** = [L'élève] a montré une volonté manifeste de réussir ou de surpasser les objectifs fixés
- 2** = Il réalise en grande partie l'activité
- 1** = Il réussit une partie de l'activité, mais doit progresser
- 0** = Il n'y a pas de réponse, ou elle est inappropriée

### 1. Dessiner les graphiques

#### A. Choisir des valeurs repères et une gamme de couleur

Note	Description
<b>3</b>	Les cartes sont coloriées de façon efficace grâce à des schémas de couleur mettant en lumière les motifs importants contenus dans les données et incluant des valeurs repères efficaces, mises en évidence dans la légende. Pour la carte des altitudes, la valeur seuil de 1500m marque un changement significatif des couleurs (voir l'exemple). Pour la carte des températures, la légende est divisée en 4 gammes sensiblement égales, ou toute autre division efficace.
<b>2</b>	Les cartes utilisent des schémas de couleur facilement lisible, mais soit celle des altitudes ne marque pas de transition à 1500m, soit la légende de la carte des températures n'est pas subdivisée de façon égale
<b>1</b>	Aucune valeur seuil n'a été utilisée ; les couleurs semblent choisies au hasard
<b>0</b>	Aucune couleur dans la légende , ou bien aucune cohérence

#### B. Colorier le graphique

Note	Description
<b>3</b>	Les couleurs sont placées correctement par rapport à la légende, les cartes sont bien exécutées.
<b>2</b>	Toutes les cellules avec des valeurs sont correctement coloriées, mais le travail est brouillon, affaiblissant l'impact de la carte
<b>1</b>	Les cellules sont mal coloriées ou sans aucune précision
<b>0</b>	Les cartes sont vierges, ou coloriées différemment des légendes

## 2. S'orienter et résoudre des problèmes grâce aux cartes.

### A. Dessiner les limites Sud de l'Himalaya sur la carte des altitudes

Note	Description
<b>3</b>	Le travail de l'élève montre sa compréhension du problème, et de la manière d'extraire et utiliser l'information nécessaire à la résolution du problème. Il a clairement délimité la limite sud de l'Himalaya et cette frontière est marquée par une valeur seuil ou un changement significatif de couleur. Voir l'exemple
<b>2</b>	Le travail montre une bonne compréhension du problème mais des difficultés soit à extraire l'information utile des cartes, soit à l'utiliser pour résoudre le problème. L'élève peut ainsi avoir tracer la frontière Nord, ou une frontière qui ne soit pas basée sur une valeur ou une transition de couleur significative
<b>1</b>	Le travail montre une faible compréhension du problème, et/ou de la manière de le résoudre, mais des efforts ont été faits. L'élève peut avoir essayé de tracer une frontière, mais, n'utilisant pas de valeurs efficaces, n'a pas pu en trouver une utile. Elle semble alors tracée sans rapport avec les données
<b>0</b>	Pas de limite Sud de marquée ; pas d'indice d'une éventuelle compréhension du problème

### B. Expliquer la notion de résolution

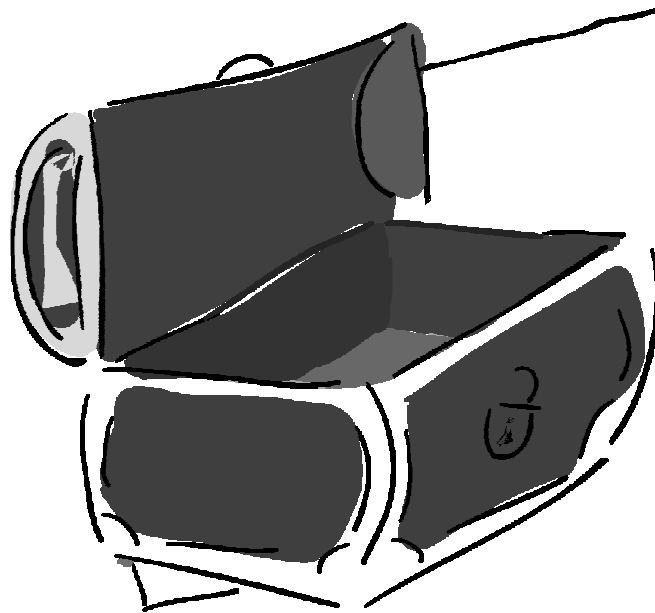
Note	Description
<b>3</b>	La réponse montre la parfaite compréhension de la notion. L'élève explique que la valeur dans chaque cellule est une moyenne des élévations dans la zone, au lieu d'un extrema, et qu'ainsi un sommet aussi haut que l'Everest est masqué
<b>2</b>	La réponse montre que la différence entre élévation et résolution est comprise, mais le fait que la résolution soit une moyenne n'est pas assimilé
<b>1</b>	La réponse dénote une certaine compréhension de la notion, soit vague, soit sans lien avec la question posée
<b>0</b>	Pas de réponse, ou réponse inappropriée

C. Trouver les limites de l'Himalaya sur la carte des températures et comparer les résultats avec ceux obtenus avec la carte des altitudes

Note	Description
<b>3</b>	L'élève a compris le problème et comment trouver les informations utiles. Il a tracé la limite sud de l'Himalaya, qui semble reliée soit à une valeur seuil, soit à une transition dans les couleurs. Il a écrit une courte comparaison des résultats des 2 cartes. Notez sur l'exemple que les 2 frontières ne sont pas identiques. Ceci doit apparaître dans la comparaison, avec une explication (basée, par exemple, sur la dépendance de la température à de nombreux facteurs autre que l'altitude, et sur le manque de résolution pour marquer nettement les transitions)
<b>2</b>	Le travail montre une bonne compréhension du problème mais des difficultés soit à extraire l'information utile des cartes, soit à l'utiliser pour résoudre le problème. L'élève peut ainsi avoir tracer la frontière Nord, ou une frontière qui ne soit pas basée sur une valeur ou une transition de couleur significative. Un début d'explication est fourni mais les raisons des écarts sont vagues ou imprécises.
<b>1</b>	Le travail montre une faible compréhension du problème, et/ou de la manière de le résoudre, mais des efforts ont été faits. L'élève peut avoir essayé de tracer une frontière, mais, n'utilisant pas de valeurs efficaces, n'a pas pu en trouver une utile. Elle semble alors tracée sans rapport avec les données. Il y a peu ou prou d'explications
<b>0</b>	Pas de limite Sud de marquée ; pas d'indice d'une éventuelle compréhension du problème

D. Calculer le gradient adiabatique et expliquer les différences observées.

Note	Description
<b>3</b>	Le gradient adiabatique est calculé correctement et dans les bonnes unités (degrés Celsius par kilomètre). L'élève a choisi 2 cellules proches et calculé sans erreur la différence et le quotient. Une explication des écarts est donnée, basée sur les notions de résolution et de facteurs locaux.
<b>2</b>	La gradient est calculé, mais soit n'est pas donné dans les bonnes unités, soit des erreurs de calcul donnent un résultat faux. Des explications sont avancées qui montrent une certaine compréhension de la notion de gradient adiabatique, mais sans spécifier quels facteurs peuvent influencer sur les résultats.
<b>1</b>	Le gradient est mal calculé, les unités comme les explications sont fausses ou absentes
<b>0</b>	Pas de réponse, ou réponse inappropriée



***Définition du site***

***Observation des nuages – 1 jour***

***Observation des nuages – 7 jours***

***Intégrée – 1 jour***

***Intégrée – 7 jours***

***Aérosols***

***Vapeur d'eau***

***Etalonner et réinitialiser le thermomètre à maxima et minima***

***Températures courante, minimale et maximale***

***Température de surface***

***Ozone***

***Etalonner la station météo***

***Observation des types de nuages***

***Glossaire***

# Etude de l'atmosphère

## Définition du site

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Nom de la classe ou du groupe \_\_\_\_\_

Noms des élèves renseignant la fiche de définition du site \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_ Cochez :  nouveau site  réactualisation

Nom du site (donner à votre site un nom unique) \_\_\_\_\_

**Localisation** : Latitude : \_\_\_\_\_ °  N ou  S Longitude : \_\_\_\_\_ °  E ou  O

Altitude : \_\_\_\_\_ mètres

Source des données de localisation (cocher) :  GPS  Autre \_\_\_\_\_

**Obstacles (cocher)** :  Aucun obstacle  Obstacles (décrivez-les ci-dessous)

(les obstacles sont les arbres, les bâtiments, etc. qui se situe au-delà de 14° dans le champ de vision depuis le site)

Description : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

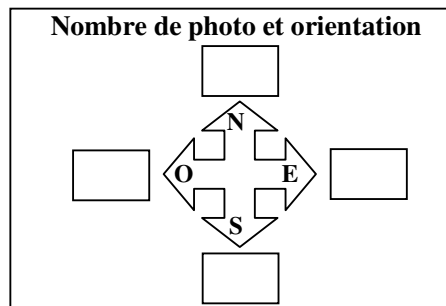
Des bâtiments se trouvent à l'intérieur d'un rayon de 10 mètres. :  Aucun bâtiment  Bâtiments  
depuis l'abris météo (décrivez-les ci-dessous)

Description : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



### Autres données sur le site :

Pente la plus raide : \_\_\_\_\_ Angle de la boussole (mesurée en face) : \_\_\_\_\_

Hauteur du haut du pluviomètre : \_\_\_\_\_ cm

Hauteur du capteur ou du thermomètre à maxima/minima : \_\_\_\_\_ cm

Hauteur de la pince pour la mesure de l'ozone : \_\_\_\_\_ cm

Type de surface sous l'abris météo. (cocher une réponse) :  Trottoir/goudron  Terre nue  
 Herbe rase (< 10 cm)  Herbe Longue (> 10cm)  Sable  Toit (décrivez ci-dessous)  
 Autre (décrivez ci-dessous)

Description : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Remarques complémentaires sur le site : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# Etude de l'atmosphère

## Observation des Nuages-1 jour : Fiche de relevé de données

Nom de l'école : \_\_\_\_\_

Noms des observateurs : \_\_\_\_\_

Date : Jour \_\_\_\_ Mois \_\_\_\_ Année \_\_\_\_

Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

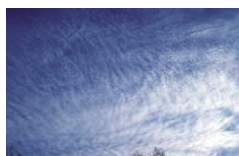
Heure locale (h : mn) : \_\_\_\_\_ Heure universelle (h : mn) : \_\_\_\_\_

### Types de nuages

*Nuages de haute altitude*  
(cocher tous les types observés)



Cirrus



Cirrocumulus



Cirrostratus

*Nuages d'altitude moyenne*  
(cocher tous les types observés)



Altostratus



Altocumulus

*Nuages de basse altitude*  
(cocher tous les types observés)



Stratus



Stratocumulus



Cumulus

*Nuages de pluie ou de neige*  
(cocher tous les types observés)



Nimbostratus

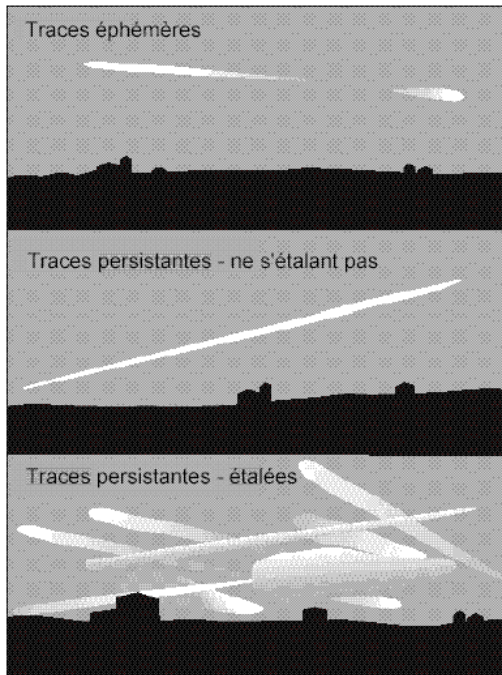


Cumulonimbus

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

**Traînées de condensation (sillages d'avion)**

Type de traînée



traces éphémères

(air sec en haute altitude)

Combien vous en voyez ? \_\_\_\_\_

traces persistantes, non étalées

(vents d'altitude nuls)

Combien vous en voyez ? \_\_\_\_\_

traces persistantes, étalées

(vents d'altitude)

Combien vous en voyez ? \_\_\_\_\_

Trois quarts ou plus du ciel est visible :  
Couverture nuageuse (cocher une case)



Aucun nuage  
 0%



Clair  
 < 10%



Nuages isolés  
 10-25%



Nuages épars  
 25-50%



Nuages fragmentés  
 50-90%



Couvert  
 > 90%

Estimation du taux de couverture de traînée de condensation

0% (pas de traînée)    0-10%    10-25%    25-50%    > 50%

Si plus d'un quart du ciel ou davantage est obscurci, cocher ici :



Pour quelle raison le ciel n'est pas visible



tempête de neige



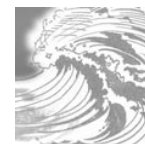
chute de neige



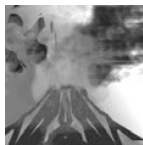
forte pluie



brouillard



bruine/embruns



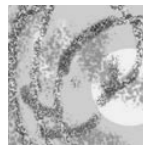
cendres volcaniques



fumées



poussières



sable



brume

Commentaires : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

# Etude de l'atmosphère

## Observation des Nuages-7 jours : Fiche de relevé de données

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

Jour de la semaine							
Date							
Heure locale (h : mn)							
Heure universelle (h : mn)							
Noms des Observateurs							

### Type de nuages (cocher tous les types observés)

Cirrus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cirrocumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cirrostratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Altostratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alto cumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nimbostratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stratocumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cumulonimbus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Type de traînée de condensation (reporter le nombre de chaque type observé)

Traces éphémères							
Traces persistantes, non étalées							
Traces persistantes étalées							

### Couverture nuageuse (cocher si le ciel n'est pas obscurci)

Aucun nuages (0%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clair (0%-10%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nuages isolés (10%-25%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nuages épars (25%-50%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nuages fragmentés (50%-90%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Couvert (> 90%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ciel obscurci	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

**Taux de couverture des traînées de condensation** (cocher si le ciel n'est pas obscurci)

Aucune	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0-10%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10-25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25-50%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
> 50%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Si le ciel est obscurci**

Brouillard	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fumées	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Brume	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cendres volcaniques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poussières	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bruine/embruns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Forte pluie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute de neige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tempête de neige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Commentaires :

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

# Etude de l'atmosphère

## Fiche de relevé de données : Intégrée – 1 jour :

Nom de l'école : \_\_\_\_\_

Noms des observateurs : \_\_\_\_\_

Date : Jour \_\_\_\_\_ Mois \_\_\_\_\_ Année \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

Heure locale (h : mn) : \_\_\_\_\_ Heure universelle (h : mn) : \_\_\_\_\_

### Types de nuages (cocher tous les types observés)

Nuages de haute altitude	<input type="checkbox"/> Cirrostratus	<input type="checkbox"/> Cirrus	<input type="checkbox"/> Cirrocumulus
Nuages d'altitude moyenne	<input type="checkbox"/> Altostratus		<input type="checkbox"/> Altocumulus
Nuages de basse altitude	<input type="checkbox"/> Stratus	<input type="checkbox"/> Stratocumulus	<input type="checkbox"/> Cumulus
Nuages de pluie ou de neige	<input type="checkbox"/> Nimbostratus		<input type="checkbox"/> Cumulonimbus

### Type de traînée de condensation (reporter le nombre de chaque type observé)

Ephémères \_\_\_\_\_ Persistantes, non étalées \_\_\_\_\_ Persistantes, étalées \_\_\_\_\_

### Couverture nuageuse (cocher si le ciel n'est pas obscurci)

Aucun nuage  0% Clair  < 10 % nuages isolés  10-25 % nuages épars  25-50 % nuages fragmentés  50-90 % couvert  > 90 % ciel obscurci

### Taux de couverture des traînées de condensation (cocher si le ciel n'est pas obscurci)

0% (pas de traînée)  0-10%  10-25%  25-50%  > 50%

### Si le ciel est obscurci

tempête de neige  chute de neige  forte pluie  brouillard  bruine/embruns  
 cendres volcaniques  fumées  poussières  sable  brume

### Pression barométrique

Pression barométrique (mbar) : \_\_\_\_\_  pression au niveau de la mer  pression de la station

Heure locale (h : mn)\* : \_\_\_\_\_ Heure universelle (h : mn)\* : \_\_\_\_\_

\* si différentes des autres mesures

### Humidité relative

Température du thermomètre sec\* (°C) : \_\_\_\_\_

(note : la température courante de l'air et du thermomètre sec peuvent être identiques)

Température du thermomètre mouillé\* (°C) : \_\_\_\_\_

\* psychromètre à fronde seulement

Humidité relative (%) : \_\_\_\_\_

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

### Chutes de pluie

Nombre de jours d'accumulation des eaux de pluie : \_\_\_\_\_

Hauteur d'eau dans le pluviomètre (mm)\* : \_\_\_\_\_

*\* Rappel : notez 0,0 si aucune pluie n'est tombée.*

*notez "M" si la mesure est manquante, perdue ou irréalisable pour cette journée*

*notez "T" (trace) si la hauteur pluviométrique est inférieure à 0,5 mm.*

### Chutes de neige

Quotidiennement : nombre de jour d'accumulation de la neige sur la table à neige : \_\_\_\_\_

Épaisseur de neige fraîche sur la table à neige :

Mesure 1 : \_\_\_\_\_ Mesure 2 : \_\_\_\_\_ Mesure 3 : \_\_\_\_\_

*\* Rappel : notez 0,0 si aucune neige n'est tombée.*

*notez "M" si la mesure est manquante, perdue ou irréalisable pour cette journée*

*notez "T" (trace) s'il n'y a pas assez de neige à mesurer.*

Épaisseur totale de neige accumulée sur le sol (mm) :

Mesure 1 : \_\_\_\_\_ Mesure 2 : \_\_\_\_\_ Mesure 3 : \_\_\_\_\_

Teneur en eau des chutes de neige (mm) :

1. Dernières chutes de neige sur la table (mm) : \_\_\_\_\_ 2. Neige totale sur le sol (mm) : \_\_\_\_\_

### pH des précipitations

méthode de mesure du pH :  papier  pHmètre

pH de l'eau de pluie ou de neige fondue :

Mesure 1 : \_\_\_\_\_ Mesure 2 : \_\_\_\_\_ Mesure 3 : \_\_\_\_\_ Moyenne : \_\_\_\_\_

pH de la colonne de neige fondue :

Mesure 1 : \_\_\_\_\_ Mesure 2 : \_\_\_\_\_ Mesure 3 : \_\_\_\_\_ Moyenne : \_\_\_\_\_

### Température courante, maximale et minimale

Température courante de l'air : (°C) \_\_\_\_\_

Température maximale de la journée de l'air : (°C) \_\_\_\_\_

Température minimale de la journée de l'air : (°C) \_\_\_\_\_

Température courante du sol : (°C)\* \_\_\_\_\_

Température maximale de la journée du sol : (°C)\* \_\_\_\_\_

Température minimale de la journée du sol : (°C)\* \_\_\_\_\_

*\* note : pour la mesure journalière de la température du sol utilisez un thermomètre à maxima/minima équipé d'une sonde de sol.*

Remarques (conditions exceptionnelles) :

---

---

---

---

---

# Etude de l'atmosphère

## Fiche de relevé de données : Intégrée – 7 jours :

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

Jour de la semaine							
Date							
Heure locale (h : mn)							
Heure universelle (h : mn)							
Noms des Observateurs							

### Type de nuages (cocher tous les types observés)

Cirrus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cirrocumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cirrostratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Altostratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alto cumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nimbostratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stratocumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cumulonimbus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Type de traînée de condensation (reporter le nombre de chaque type observé)

Traces éphémères							
Traces persistantes, non étalées							
Traces persistantes étalées							

### Couverture nuageuse (cocher si le ciel n'est pas obscurci)

Aucun nuages (0%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clair (0%-10%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nuages isolés (10%-25%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nuages épars (25%-50%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nuages fragmentés (50%-90%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Couvert (> 90%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ciel obscurci	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Taux de couverture des traînées de condensation (cocher si le ciel n'est pas obscurci)

Aucune	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0-10%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10-25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25-50%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
> 50%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

**Si le ciel est obscurci**

Brouillard	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fumées	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Brume	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cendres volcaniques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poussières	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bruine/embruns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Forte pluie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute de neige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tempête de neige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Pression barométrique**

pression au niveau de la mer

pression de la station

Pression barométrique (mbar)							
Heure locale (h : mn)*							
Heure universelle (h : mn)*							

\* si différentes des autres mesures

**Humidité relative**

Température du thermomètre sec* (°C)							
Température du thermomètre mouillé* (°C)							
Relative humidité (%)							

\* psychromètre à fronde

**Chute de pluie**

Nombre de jours d'accumulation des eaux de pluie							
Hauteur d'eau dans le pluviomètre (mm)*							

\* Rappel : notez 0,0 si aucune pluie n'est tombée.

notez "M" si la mesure est manquante, perdue ou irréalisable pour cette journée

notez "T" (trace) si la hauteur pluviométrique est inférieure à 0,5 mm.

**Chute de neige**

Épaisseur totale de neige accumulée sur le sol (mm) :

Mesure 1 (mm)							
Mesure 2 (mm)							
Mesure 3 (mm)							

Épaisseur de neige fraîche sur la table à neige :

nombre de jour d'accumulation de la neige sur la table à neige							
Mesure 1 (mm)							
Mesure 2 (mm)							
Mesure 3 (mm)							

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

**Chute de neige (suite)**

Teneur en eau des chutes de neige (mm) :

Equivalent en eau des dernières chutes de neige sur la table (mm)							
Equivalent en eau de la neige totale sur le sol (mm)							

\* Rappel : notez 0,0 si aucune neige n'est tombée.  
 notez "M" si la mesure est manquante, perdue ou irréalisable pour cette journée  
 notez "T" (trace) s'il n'y a pas assez de neige à mesurer.

**pH des précipitations**

méthode de mesure :  papier  pHmètre

pH de l'eau de pluie ou de neige fondue :

Mesure 1							
Mesure 2							
Mesure 3							
Moyenne							

pH de la colonne de neige fondue :

Mesure 1							
Mesure 2							
Mesure 3							
Moyenne							

**Température courante, maximale et minimale**

Température courante de l'air : (°C)							
Température maximale de la journée de l'air : (°C)							
Température minimale de la journée de l'air : (°C)							
Température courante du sol : (°C)*							
Température maximale de la journée du sol : (°C)*							
Température minimale de la journée du sol : (°C)*							

\* note : pour la mesure journalière de la température du sol utilisez un thermomètre à maxima/minima équipé d'une sonde de sol.

Remarques (conditions exceptionnelles – datez vos commentaires) :

---



---



---



---

# Etude de l'atmosphère

## Aérosols : Fiche de relevé de données

Nom de l'école : \_\_\_\_\_

Noms des observateurs : \_\_\_\_\_

Date : Jour \_\_\_\_\_ Mois \_\_\_\_\_ Année \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

Heure locale (h : mn) : \_\_\_\_\_ Heure universelle (h : mn) : \_\_\_\_\_

### **Pour le survol du satellite à la date des mesures**

Nom du satellite/de l'instrument \_\_\_\_\_ Heure de survol (Heure universelle) : \_\_\_\_\_

Angle d'élévation max. (deg.) : \_\_\_\_\_ Numéro de série du photomètre solaire : \_\_\_\_\_

Position "T", notez la température avant de prendre les mesures (multipliez le voltage lu par 100) \_\_\_\_\_ °C

Remplissez la deuxième colonne de ce tableau et reportez vos données sur GLOBE. GLOBE vous fournira alors l'épaisseur optique d'aérosols (AOT) calculée que vous reporterez dans la sixième colonne. Si votre photomètre possède un switch avec une position « T » (température), inscrivez la valeur multipliée par 100 avant et après les mesures

Numéro de la mesure <sup>1</sup>	Heure locale <sup>2</sup> (h : mn : s)	Heure universelle <sup>3</sup> (h : min : s)	tension maximale au soleil <sup>4</sup> (volts)	tension "obscuré" <sup>5</sup> (volts)	Epaisseur optique d'aérosols (AOT) <sup>6</sup> (cm)
1 (verte)					
1 (rouge)					
2 (verte)					
2 (rouge)					
3 (verte)					
3 (rouge)					
4 (verte)					
4 (rouge)					
5 (verte)					
5 (rouge)					

<sup>1</sup> Au moins trois séries de mesures sont nécessaires

<sup>2</sup> Idéalement, l'heure doit être reportée avec une précision de 15 secondes, utilisez une source horaire fiable et précise.

<sup>3</sup> Convertissez avec soin l'heure locale en heure universelle.

<sup>4</sup> Reportez toujours les tensions avec 3 chiffres significatifs après la virgule. Par exemple : 1,773 est préférable à 1,77.

<sup>5</sup> Entrez la tension "obscuré" (occultée avec la main) en volts, pas en millivolts. Par exemple : 0,003 V est préférable à 3 mV.

<sup>6</sup> Ces valeurs sont calculées à partir de vos données et fournies par GLOBE.

Position "T", notez la température après la prise des mesures (multipliez le voltage lu par 100) \_\_\_\_\_ °C

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

Conditions nuageuses et traînées de condensation (si le ciel n'est pas obscurci, cocher chaque type de nuage ou de traînée de condensation observées et cocher un pourcentage de couverture)

**Type de nuages** (cocher tous les types observés)

Cirrus	<input type="checkbox"/>
Cirrocumulus	<input type="checkbox"/>
Cirrostratus	<input type="checkbox"/>
Altostratus	<input type="checkbox"/>
Alto cumulus	<input type="checkbox"/>
Cumulus	<input type="checkbox"/>
Nimbostratus	<input type="checkbox"/>
Stratus	<input type="checkbox"/>
Stratocumulus	<input type="checkbox"/>
Cumulonimbus	<input type="checkbox"/>

**Couverture nuageuse** (cocher si le ciel n'est pas obscurci)

Aucun nuages (0%)	<input type="checkbox"/>
Clair (0%-10%)	<input type="checkbox"/>
Nuages isolés (10%-25%)	<input type="checkbox"/>
Nuages épars (25%-50%)	<input type="checkbox"/>
Nuages fragmentés (50%-90%)	<input type="checkbox"/>
Couvert (> 90%)	<input type="checkbox"/>
Ciel obscurci	<input type="checkbox"/>

**Type de traînée de condensation** (reporter le nombre de chaque type observé)

Traces éphémères _____
Traces persistantes, non étalées _____
Traces persistantes étalées _____

**Taux de couverture des traînées de condensation** (cocher si le ciel n'est pas obscurci)

Aucune	<input type="checkbox"/>
0-10%	<input type="checkbox"/>
10-25%	<input type="checkbox"/>
25-50%	<input type="checkbox"/>
> 50%	<input type="checkbox"/>

**Etat du ciel**

(cocher une case dans chaque intitulé. L'état du ciel ne peut être renseigné que si le ciel n'est pas obscurci)

Couleur du ciel		Clarté du ciel		Ciel obscurci par	
Bleu profond	<input type="checkbox"/>	Exceptionnellement clair	<input type="checkbox"/>	Brouillard	<input type="checkbox"/>
Bleu	<input type="checkbox"/>	clair	<input type="checkbox"/>	Fumées	<input type="checkbox"/>
Bleu lumineux	<input type="checkbox"/>	Légèrement brumeux	<input type="checkbox"/>	Brume	<input type="checkbox"/>
Bleu pale	<input type="checkbox"/>	Très brumeux	<input type="checkbox"/>	Cendres volcaniques	<input type="checkbox"/>
Laiteux	<input type="checkbox"/>	Extrêmement brumeux	<input type="checkbox"/>	Poussières	<input type="checkbox"/>
				Sable	<input type="checkbox"/>
				Bruine/embruns	<input type="checkbox"/>
				Forte pluie	<input type="checkbox"/>
				Chute de neige	<input type="checkbox"/>
				Tempête de neige	<input type="checkbox"/>





# Etude de l'atmosphère

## Vapeur d'eau : Fiche de relevé de données

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

Date à laquelle les mesures ont été prises \_\_\_\_\_

Noms des observateurs : \_\_\_\_\_

### ***Pour le survol du satellite à la date des mesures***

Nom du satellite/de l'instrument \_\_\_\_\_ Heure de survol (Heure universelle) : \_\_\_\_\_

Angle d'élévation max. (deg.) : \_\_\_\_\_

Numéro de série du GLOBE/GIFTS instrument de mesure de la vapeur d'eau : \_\_\_\_\_

Position "T", notez la température avant de prendre les mesures (multipliez le voltage lu par 100) \_\_\_\_\_ °C

Remplissez la deuxième colonne de ce tableau et reportez vos données sur GLOBE. GLOBE vous fournira alors les valeurs d'eau précipitable calculée que vous reporterez dans la sixième colonne.

Numéro de la mesure <sup>1</sup>	Heure locale <sup>2</sup> (h : mn : s)	Heure universelle <sup>3</sup> (h : min : s)	tension maximale au soleil <sup>4</sup> (volts)	tension "obscuré" <sup>5</sup> (volts)	Eau précipitable <sup>6</sup> (cm)
1 (IR1)					
1 (IR2)					
2 (IR1)					
2 (IR2)					
3 (IR1)					
3 (IR2)					
4 (IR1)					
4 (IR2)					
5 (IR1)					
5 (IR2)					

<sup>1</sup> Au moins trois séries de mesures sont nécessaires

<sup>2</sup> Idéalement, l'heure doit être reportée avec une précision de 15 secondes, utilisez une source horaire fiable et précise.

<sup>3</sup> Reportez toujours les tensions avec 3 chiffres significatifs après la virgule. Par exemple : 1,773 est préférable à 1,77.

<sup>4</sup> Entrez la tension "obscuré" (occultée avec la main) en volts, pas en millivolts. Par exemple : 0,003 V est préférable à 3 mV.

<sup>5</sup> Ces valeurs sont calculées à partir de vos données et fournies par GLOBE.

Position "T", notez la température après la prise des mesures (multipliez le voltage lu par 100) \_\_\_\_\_ °C

**Type de nuages** (cocher tous les types observés)

Cirrus	<input type="checkbox"/>
Cirrocumulus	<input type="checkbox"/>
Cirrostratus	<input type="checkbox"/>
Altostratus	<input type="checkbox"/>
Alto cumulus	<input type="checkbox"/>
Cumulus	<input type="checkbox"/>
Nimbostratus	<input type="checkbox"/>
Stratus	<input type="checkbox"/>
Stratocumulus	<input type="checkbox"/>
Cumulonimbus	<input type="checkbox"/>

**Type de traînée de condensation** (reporter le nombre de chaque type observé)

Traces éphémères _____
Traces persistantes, non étalées _____
Traces persistantes étalées _____

**Couleur du ciel**

Bleu profond	<input type="checkbox"/>
Bleu	<input type="checkbox"/>
Bleu lumineux	<input type="checkbox"/>
Bleu pale	<input type="checkbox"/>
Laiteux	<input type="checkbox"/>

**Ciel obscurci par** (cocher une case dans chaque intitulé. L'état du ciel ne peut être renseigné que si le ciel n'est pas obscurci)

Brouillard	<input type="checkbox"/>
Fumées	<input type="checkbox"/>
Brume	<input type="checkbox"/>
Cendres volcaniques	<input type="checkbox"/>
Poussières	<input type="checkbox"/>
Sable	<input type="checkbox"/>
Bruine/embruns	<input type="checkbox"/>
Forte pluie	<input type="checkbox"/>
Chute de neige	<input type="checkbox"/>
Tempête de neige	<input type="checkbox"/>

**Couverture nuageuse** (cocher si le ciel n'est pas obscurci)

Aucun nuages (0%)	<input type="checkbox"/>
Clair (0%-10%)	<input type="checkbox"/>
Nuages isolés (10%-25%)	<input type="checkbox"/>
Nuages épars (25%-50%)	<input type="checkbox"/>
Nuages fragmentés (50%-90%)	<input type="checkbox"/>
Couvert (> 90%)	<input type="checkbox"/>
Ciel obscurci	<input type="checkbox"/>

**Taux de couverture des traînées de condensation** (cocher si le ciel n'est pas obscurci)

Aucune	<input type="checkbox"/>
0-10%	<input type="checkbox"/>
10-25%	<input type="checkbox"/>
25-50%	<input type="checkbox"/>
> 50%	<input type="checkbox"/>

**Clarté du ciel**

Exceptionnellement clair	<input type="checkbox"/>
clair	<input type="checkbox"/>
Légèrement brumeux	<input type="checkbox"/>
Très brumeux	<input type="checkbox"/>
Extrêmement brumeux	<input type="checkbox"/>



# Etude de l'atmosphère

Etalonner et Réinitialiser le thermomètre à Minima et Maxima :

Fiche de relevé de données.

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

Nom des observateurs : \_\_\_\_\_

## Etalonnage

Lecture de thermomètre						
Lecture n°	Date (Jour / Mois/ Année)	Heure Locale (h :mn)	Heure Universelle (h : mn)	Lecture du thermomètre d'étalonnage (C°)	Lecture du capteur air (C°)	Lecture du capteur sol (C°)
1						
2						
3						
4						
5						

## Heure de Réinitialisation

**Note** : Le thermomètre devrait être initialisé seulement lors de la première mise en marche, après un changement de batterie, ou si l'heure du zénith (midi solaire) diffère de plus d'une heure de votre heure d'initialisation.

Date : Année \_\_\_\_\_ Mois \_\_\_\_\_ Jour \_\_\_\_\_

Heure Locale (h : mn) \_\_\_\_\_ Heure Universelle ( h : mn) \_\_\_\_\_

Est-ce que la réinitialisation est due à un changement de batterie ? \_\_\_\_\_

## Vérification des erreurs du capteur sol

Heure Locale \_\_\_\_\_ Heure Universelle \_\_\_\_\_

1. Résultats du thermomètre sol du « protocole de température sol » (C°)

a. lecture #1 (C°) \_\_\_\_\_

b. lecture #2 (C°) \_\_\_\_\_

c. lecture #3 (C°) \_\_\_\_\_

d. lecture #4 (C°) \_\_\_\_\_

e. lecture #5 (C°) \_\_\_\_\_

total des 5 lectures (C°) \_\_\_\_\_

2. Lecture du thermomètre sol digital

a. lecture #1 (C°) \_\_\_\_\_

b. lecture #2 (C°) \_\_\_\_\_

c. lecture #3 (C°) \_\_\_\_\_

d. lecture #4 (C°) \_\_\_\_\_

e. lecture #5 (C°) \_\_\_\_\_

total des 5 lectures (C°) \_\_\_\_\_

3. Moyenne des 5 lectures de thermomètre sol

[= le total des 5 lectures du thermomètre sol /5] \_\_\_\_\_

4. Moyenne des 5 lectures du capteur sol digital

[= le total des 5 lectures du capteur sol /5] \_\_\_\_\_

5. Erreur du capteur sol [ = #4 - #3 ] : \_\_\_\_\_

6. Si la valeur absolue de l'erreur du capteur sol (#5) est plus grande ou égale à 2°C, alors déterrez le capteur et re-étalonnez à la fois le capteur air et le capteur sol en suivant le protocole. Si la valeur absolue de l'erreur du capteur sol est inférieure à 2°C alors laissez le capteur sol enterré et procédez au re-étalonnage uniquement du capteur air.

# Etude de l'atmosphère

## Températures courante, minimale et maximale : Fiche de relevé de données.

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

Nom des observateurs : \_\_\_\_\_

Date : Jour \_\_\_\_\_ Mois \_\_\_\_\_ Année \_\_\_\_\_

Heure Locale (h : mn) \_\_\_\_\_ Heure Universelle ( h : mn) \_\_\_\_\_

Heure d'initialisation en heure universelle (h : mn) : \_\_\_\_\_

### *Températures actuelles*

Température de l'air (°C) : \_\_\_\_\_

Température du sol (°C) : \_\_\_\_\_

### **Températures minimales et maximales**

Ne lisez pas le thermomètre dans les 5 minutes après l'initialisation.

	Valeurs sur l'écran digital					
	J1	J2	J3	J4	J5	J6
Température maximale de l'air						
Température minimale de l'air						
Température maximale du sol						
Température minimale du sol						
Si vous lisez votre thermomètre APRES l'heure d'initialisation.	Aujourd'hui	Hier	Il y a 2 jours	Il y a 3 jours	Il y a 4 jours	Il y a 5 jours
Si vous lisez votre thermomètre AVANT l'heure d'initialisation.	Hier	Il y a 2 jours	Il y a 3 jours	Il y a 4 jours	Il y a 5 jours	Il y a 6 jours

# Etude de l'atmosphère

Cocher après avoir  
saisi les données sur  
le site web

## Température de surface : Fiche de relevé de données

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

Noms des observateurs : \_\_\_\_\_

### Données supplémentaires sur la définition du site de température de surface\*

\* Pour compléter, sur un site particulier, à la première prise de mesure de température de surface ; ou si une des valeurs ci-dessous a changé.

#### Taille du site homogène (mètres) – cochez.

= 90 × 90       = 30 × 30       < 30 × 30 , spécifiez la taille : \_\_\_\_\_ × \_\_\_\_\_

(Echantillon de couverture du sol du site)

#### Type de couverture - cochez

(si vous êtes sur un échantillon de couverture du sol du site, alors cocher seulement la dernière case)

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Herbe rase (moins de 0,5 m de hauteur)       | <input type="checkbox"/> Béton                           |
| <input type="checkbox"/> Herbes haute (entre 0,5 m et 2 m de hauteur) | <input type="checkbox"/> Goudron/Asphalte                |
| <input type="checkbox"/> Terre nu                                     | <input type="checkbox"/> autre                           |
| <input type="checkbox"/> Arbustes                                     | <input type="checkbox"/> Echantillon de ouverture du sol |
| <input type="checkbox"/> Arbustes nains                               | du site  |

Fabriquant et modèle de l'instrument IRT utilisé sur ce site : \_\_\_\_\_

#### Type de nuages (cocher tous les types observés)

Cirrus	<input type="checkbox"/>
Cirrocumulus	<input type="checkbox"/>
Cirrostratus	<input type="checkbox"/>
Altostratus	<input type="checkbox"/>
Alto cumulus	<input type="checkbox"/>
Cumulus	<input type="checkbox"/>
Nimbostratus	<input type="checkbox"/>
Stratus	<input type="checkbox"/>
Stratocumulus	<input type="checkbox"/>
Cumulonimbus	<input type="checkbox"/>

#### Type de traînée de condensation (reporter le nombre de chaque type observé)

Traces éphémères _____
Traces persistantes, non étalées _____
Traces persistantes étalées _____

#### Couverture nuageuse (cocher si le ciel n'est pas obscurci)

Aucun nuages (0%)	<input type="checkbox"/>
Clair (0%-10%)	<input type="checkbox"/>
Nuages isolés (10%-25%)	<input type="checkbox"/>
Nuages épars (25%-50%)	<input type="checkbox"/>
Nuages fragmentés (50%-90%)	<input type="checkbox"/>
Couvert (> 90%)	<input type="checkbox"/>
Ciel obscurci	<input type="checkbox"/>

#### Taux de couverture des traînees de condensation (cocher si le ciel n'est pas obscurci)

Aucune	<input type="checkbox"/>
0-10%	<input type="checkbox"/>
10-25%	<input type="checkbox"/>
25-50%	<input type="checkbox"/>
> 50%	<input type="checkbox"/>



Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

S'il n'y a **pas** de neige sur le sol environnant votre site, alors cochez une des cases.

Condition de l'ensemble de la surface :  mouillé  sec

Sélectionner la méthode utilisée pour prévenir les chocs thermiques durant l'expérimentation sur le thermomètre infrarouge (IRT) :

- le thermomètre infrarouge (IRT) a été enveloppé dans des gants thermiques depuis l'endroit où il est entreposé jusqu'au site d'étude
- le thermomètre infrarouge (IRT) a été placé à l'extérieur au moins 30 minutes avant la collecte des données (pas de gants thermiques utilisés)
- le thermomètre infrarouge (IRT) a été emmené directement depuis l'endroit où il est entreposé jusqu'au site d'étude (pas de gants thermiques utilisés)
- Autre méthode utilisée, décrivez SVP : \_\_\_\_\_

Température de surface

Zone d'observation	Heure locale <sup>2</sup> (h : mn : s)	Heure universelle <sup>3</sup> (h : min : s)	Température de surface (°C)	Epaisseur de neige (mm)*
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

\* Relevez l'épaisseur de neige selon :

- S'il n'y a pas de neige sur la zone d'observation, alors notez "0" (zéro)
- S'il y a moins de 10 millimètres d'épaisseur de neige, alors notez la lettre "T"
- S'il y a plus de 10 millimètres d'épaisseur de neige, alors enfoncez votre règle ou mètre ruban verticalement dans la neige sur la zone où vous venez de prendre la température de surface afin qu'elle pénètre jusqu'à la terre. Lisez et notez l'épaisseur de neige en millimètres.

Commentaires :

---



---



---



---



---



---

# Etude de l'atmosphère

## Ozone : Fiche de relevé de données

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

Jour de la semaine							
Date							
Noms des Observateurs							

### Exposition de la bande d'ozone

Heure locale (h : mn)*							
Heure universelle (h : mn)*							
Direction du vent (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO)							
Utilisez les valeurs saisies sur le site pour les nuages, traînées de condensation, température actuelle et humidité relative (cocher la case)							
Température actuelle (°C)							
Température du thermomètre sec (°C) – Psychromètre à fronde							
Température du thermomètre mouillé (°C) – Psychromètre à fronde							
Humidité relative (%)							

### Lecture de la bande d'ozone

Heure locale (h : mn)*							
Heure universelle (h : mn)*							
Concentration d'ozone* (parties par milliard)							
Direction du vent (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO)							
Température actuelle (°C)							
Température du thermomètre sec (°C) – Psychromètre à fronde							
Température du thermomètre mouillé (°C) – Psychromètre à fronde							
Humidité relative (%)							

\* *rappel* : Entrer "M" si la bande chimique a été endommagée par la pluie ou la neige, ou si la réponse chimique est marbrée.

Commentaires :

---

---

---

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

**Données sur les nuages pour l'exposition de la bande d'ozone**

Jour de la semaine							
Date							
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Relevez les données nuageuses à partir des fiches de relevés sur l'atmosphère

**Type de nuages (cocher tous les types observés)**

Cirrus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cirrocumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cirrostratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Altostratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alto cumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nimbostratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stratocumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cumulonimbus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Type de traînée de condensation (reporter le nombre de chaque type observé)**

Traces éphémères							
Traces persistantes, non étalées							
Traces persistantes étalées							

**Couverture nuageuse (cocher si le ciel n'est pas obscurci)**

Aucun nuages (0%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clair (0%-10%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nuages isolés (10%-25%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nuages épars (25%-50%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nuages fragmentés (50%-90%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Couvert (> 90%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ciel obscurci	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Taux de couverture des traînées de condensation (cocher si le ciel n'est pas obscurci)**

Aucune	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0-10%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10-25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25-50%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
> 50%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

**Si le ciel est obscurci**

Brouillard	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fumées	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Brume	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cendres volcaniques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poussières	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bruine/embruns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Forte pluie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute de neige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tempête de neige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Données sur les nuages pour la lecture de la bande d'ozone**

Jour de la semaine							
Date							

**Type de nuages (cocher tous les types observés)**

Cirrus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cirrocumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cirrostratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Altostratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alto cumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nimbostratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stratus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stratocumulus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cumulonimbus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Type de traînée de condensation (reporter le nombre de chaque type observé)**

Traces éphémères							
Traces persistantes, non étalées							
Traces persistantes étalées							

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

**Couverture nuageuse** (cocher si le ciel n'est pas obscurci)

Aucun nuages (0%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clair (0%-10%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nuages isolés (10%-25%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nuages épars (25%-50%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nuages fragmentés (50%-90%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Couvert (> 90%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ciel obscurci	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Taux de couverture des traînées de condensation** (cocher si le ciel n'est pas obscurci)

Aucune	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0-10%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10-25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25-50%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
> 50%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Si le ciel est obscurci**

Brouillard	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fumées	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Brume	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cendres volcaniques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poussières	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bruine/embruns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Forte pluie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute de neige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tempête de neige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# Etude de l'atmosphère

## Calibration de la Station météo : Fiche de relevé de données

Nom de l'école : \_\_\_\_\_ Site d'étude : ATM- \_\_\_\_\_

### *Ré-étalonnage du capteur de température de l'air*

Numéro de la lecture	Date (année/mois/jour)	Heure locale ( heure:min)	Heure Universelle (heure:min)	Lecture (°C) du Thermomètre de calibration	Température du capteur digital (°C)
1					
2					
3					
4					
5					

### *Ré-étalonnage du pluviomètre*

Numéro de la lecture	Date (année/mois/jour)	Heure locale ( heure:min)	Heure Universelle (heure:min)	Lecture du Pluviomètre* (mm)	hauteur totale enregistré par l'auge basculeur (mm)
1					
2					
3					
4					
5					

\* Doit être supérieure à 20 mm pour recalibration

# Observation des types de nuages

Cinq termes descriptifs s'appliquent aux différents types de nuages, à savoir :

- CIRRO ou nuages à haute altitude
- ALTO ou nuages à moyenne altitude
- CUMULUS ou nuages bouffis blancs
- STRATUS ou nuages en couches
- NIMBUS ou nuages générateurs de précipitations

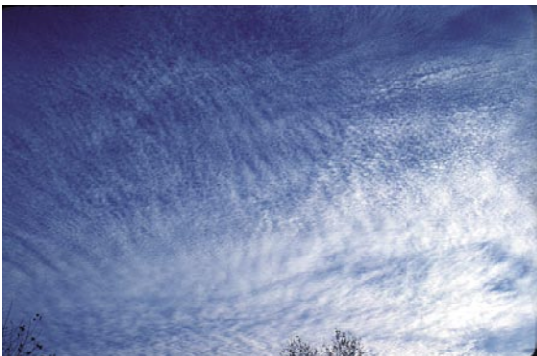
Les dix types de nuages suivants, désignés à l'aide des termes ci-dessus, doivent être utilisés pour rapporter le(s) type(s) de nuages observés dans votre zone :



## ***Nuages de haute altitude***

### ***Cirrus***

Ces nuages ressemblent à de légères plumes blanches. Ils se présentent en général sous forme de filaments blancs et contiennent des cristaux de glace.



### ***Cirrocumulus***

Ces nuages se présentent sous forme de minces couches blanches leur donnant l'aspect de champs de coton ou de rides sans ombres. Ils contiennent principalement des cristaux de glace et même des gouttelettes d'eau très froide.



### ***Cirrostratus***

Ces nuages se présentent sous forme de mince couche blanchâtre presque transparente. Ils sont composés de cristaux de glace. Ils peuvent couvrir le ciel partiellement ou totalement et créer une sorte de halo autour du soleil.

### ***Traînées de condensation.***



### ***Traces éphémères***

Notez la courte ligne de nuage au-dessus du lampadaire. L'avion est à peine visible sur cette photo mais il se trouve à l'avant de la traînée de condensation.

### ***Traces persistantes, non étalées***



Ce sont des traînées de condensation très distinctes, elles montrent l'évolution des traînées de condensation : non étalée à droite à étalée à gauche. L'explication la plus plausible pour cette photo est que chacun des trois avions a suivi approximativement la même trajectoire, mais les vents d'altitude soufflent de droite à gauche, étalant les anciennes traînées à gauches. La propagation de la traînée de gauche révèle la présence de vapeur d'eau en grande quantité dans la haute atmosphère.





### ***Traces persistantes, étalées***

Cette photo montre des traînées persistantes et étalées dans un secteur de trafic aérien élevé. Comme précédemment, il est probable que les avions suivent à peu près les mêmes routes, mais les traces sont étalées par le vent. Notez que toutes les traînées de la photo, apparaissent larges ou plus larges que précédemment, indiquant l'abondante présence de vapeur d'eau dans l'atmosphère permettant aux traces de s'étaler.

### ***Nuages d'altitude moyenne***

#### ***Altostratus***



Ces nuages forment un voile bleuté ou grisâtre couvrant le ciel partiellement ou totalement. On peut voir le soleil à travers ces nuages, mais sans effet de halo.



#### ***Altocumulus***

Ces nuages ressemblent aux vagues de la mer, avec une coloration blanche et grise et des ombres. Ils contiennent principalement des gouttelettes d'eau et peut-être des cristaux de glace.

## ***Nuages de basse altitude***



### ***Stratus***

Ces nuages sont gris et se trouvent près de la surface de la terre. Ils se présentent en général sous forme de nappe, mais parfois de bancs. Ils produisent rarement des précipitations.

### ***Stratocumulus***



Ces nuages sont de couleur grisâtre ou blanchâtre. Leur base tend à être plus arrondie que plate. Ils peuvent se former à partir d'anciens stratus ou de cumulus en train de s'étaler. Leur sommet tend également à être plutôt plat.

### ***Nimbostratus***



Ces nuages constituent une couche très sombre et grise qui bloque la lumière du soleil. Ces nuages sont massifs et produisent des précipitations continues



## ***Cumulus***

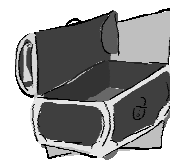
Ces nuages ont une base plate et un sommet dense et arrondi qui les fait ressembler à un énorme chou-fleur. Lorsque le soleil frappe ces nuages, ils sont d'un blanc lumineux. La base tend à être gris sombre. Ils ne produisent en général pas de précipitations.



## ***Cumulonimbus***

Ces nuages sont énormes, lourds et denses. Ils ont en général une base plate et sombre et des sommets de grande largeur et hauteur semblables aux sommets de grosses montagnes ou à des enclumes. Ces nuages sont souvent associés à la foudre, au tonnerre et parfois à la grêle. Ils peuvent également produire des tornades.

# Glossaire



## Absolute Zero

### Zéro absolu

Température théorique à laquelle la matière possède le minimum d'énergie; limite de froid que peut atteindre un objet. Si des substances pouvaient être refroidies au zéro absolu, elles n'émettraient aucun rayonnement électromagnétique.

## Absorption

### Absorption

Rayonnement absorbé par un objet et converti en d'autres formes d'énergie

## Acid Rain

### Pluie Acide

Pluie ayant un pH inférieur à 5,6, le pH de l'eau à l'équilibre avec la concentration actuelle de dioxyde de carbone dans l'atmosphère

## Aerosols

### Aérosols

Particules liquides ou solides suspendues dans l'atmosphère. Leurs tailles ont généralement des dimensions linéaires dans la gamme de 100-1000 nanomètres (nm).

## Air Mass

### Masse d'air

Grand volume d'air (couvrant souvent des milliers de kilomètres carrés) avec des caractéristiques de température et d'humidité qui varient peu horizontalement

## Albedo

### Albedo

Pourcentage du rayonnement entrant (lumière habituellement visible) réfléchi vers l'espace, par sa surface ou les couches de nuages.

## Altimeter

### Altimètre (= Baromètre anéroïde)

Baromètre (calibré à la pression standard, température et densité) utilisé pour mesurer l'altitude en relevant la pression atmosphérique. L'altitude est déterminée grâce aux changements de pression dus au changement de hauteur relatif au niveau de la mer. Les altimètres sont prévus pour travailler au-dessus de niveau de la mer et utilisés avec GLOBE pour mesurer la pression barométrique aux altitudes au-dessus de 500 mètres.

## Ambient Air

### Air ambiant

Air qui se déplace librement et ne faisant pas partie d'une perturbation spécifique à l'atmosphère environnante (par exemple, pas une partie de gaz d'échappement, pas une fumée d'un feu, pas un nuage de poussières soulevé par l'air)

## Atmospheric Greenhouse Effect

### Effet de serre

Rechauffement d'une planète par absorption du rayonnement solaire et re-émission en rayonnement infrarouge émis de la surface de la planète mais bloqué par divers gaz dans l'atmosphère (c.-à-d., gaz à effet de serre)

## Barometer

### Baromètre

Instrument utilisé pour mesurer la pression atmosphérique

## Biological Diversity (biodiversity)

### Diversité biologique (biodiversité)

La variété de la vie dans tous ses formes, niveaux et combinaisons qui coexistent dans un écosystème. À différentes échelles ceci inclut la diversité d'écosystème, la diversité d'espèce, et la diversité génétique. Le degré de biodiversité est souvent employé comme indicateur de la santé de l'environnement.

## Blowing Dust

### Tempête de poussière

La poussière (particules de sol plus petites que le sable) suspendue dans le ciel qui réduit la visibilité et obscurcit partiellement ou totalement le ciel

## Blowing Sand

### Tempête de sable

Sable suspendu dans le ciel qui réduit la visibilité et obscurcit partiellement ou totalement le ciel

## Blowing Snow

### Tempête de neige

Neige que le vent souffle dans l'air qui réduit la visibilité et obscurcit partiellement ou totalement le ciel

## Carbon Monoxide

### Monoxyde de carbone

Composé chimique d'un atome d'oxygène et d'un atome de carbone principalement issu de combustion incomplète (symbole chimique: Co)

## Ceiling

### Plafond (nuageux)

La hauteur de la base de la couche de nuage qui couvre plus de 50% du ciel

## Ceilometer

### Ceilomètre

Instrument utilisé pour déterminer la hauteur de la base de nuage, qui aide à reconnaître le type de nuage

## Celsius Scale

### Echelle en degrés Celsius

Une échelle de température inventée en 1742 par l'astronome suédois Anders Celsius. Cette échelle définit le point de fusion de la glace à 0°C, et le point d'ébullition de l'eau à 100°C. En raison de l'intervalle 100 degrés entre ces deux points, cette échelle s'appelle parfois "l'échelle centigrade".

## Chemical Test Strip

### Bande chimique réactive

Un morceau de papier a traité avec les produits chimiques spéciaux qui montrent un changement de couleur une fois exposés à l'ozone

## Cirriiform

### Cirriiforme (famille des cirrus)

Un type de nuage a formé des cristaux de glace aux altitudes élevées (6 kilomètres au-dessus de niveau de la mer)

## Climate

### climat

temps sur une localité moyenné sur une certaine période de temps, évolution du temps pendant une certaine période

## Cloud Cover

### couverture nuageuse

Pourcentage du ciel occupé par les nuages

## Compounds

### Composés (chimique)

Composé chimique de deux (ou plus) éléments

## Concentration

### Concentration

Nombre de molécules d'un gaz spécifique en volume unitaire relativement à la somme de toutes les molécules de ce volume, souvent rapportée en parties par million (ppm) ou parties par milliard (ppb)

## Condensation

### Liquéfaction ou condensation

Changement de phase d'une substance de gaz (vapeur) à liquide. Le processus de liquéfaction libère l'énergie; cette énergie est appelée chaleur latente

## Conduction

### Conduction

Transfert de chaleur par des collisions des différents constituants d'une substance (par exemple, molécules, atomes) sans mouvement systématique des groupes de ces constituants. Par exemple, si une extrémité d'une tige en métal est chauffée, la chaleur sera conduite le long de la tige de sorte que l'autre extrémité augmente également en température. La conduction peut se produire en milieux solides, liquides, ou gaz (mais est généralement le plus efficace en solides).

## Convection

### Convection

Le transfert de la chaleur par écoulement de la masse, c.-à-d., mouvement à grande échelle dans un liquide ou un gaz des groupes de constituants (par exemple molécules, atomes) qui sont relativement plus chauds ou froids que leurs environnements. En atmosphère la convection se rapporte la plupart du temps à des

mouvements verticaux provoqués par l'air chaud montant et la descente d'air plus frais.

### **Cumiliform**

#### **Cumuliforme (famille des cumulus)**

Un type de nuage qui est amassé en couche, boursoufflé, regroupé ou caractérisé par les formes arrondies en particulier du dessus et des côtés

### **Density (D)**

#### **Densité (D)**

rapport de la masse d'une substance sur son volume ( $D=M/V$ )

### **Deposition**

#### **Condensation**

Le processus par lequel la vapeur d'eau se transforme directement en glace sur une surface sans passer par la phase liquide

### **Dew Point Temperature**

#### **Température point de rosée**

La température à laquelle la vapeur d'eau commence à condenser dans l'air froid à pression constante. La température du point de rosée est une mesure de la quantité de vapeur d'eau en air.

### **Diffuse Insolation**

#### **Insolation diffuse**

Rayonnement solaire qui atteint la surface de la terre en étant dispersé ou reflété par des composants de l'atmosphère de la terre (tels que des gaz, des nuages et des aérosols)

### **Direct Insolation**

#### **Insolation directe**

Rayonnement solaire qui atteint la surface de la terre en traversant directement l'atmosphère sans interactions avec les composants de l'atmosphère de la terre

### **Diurnal Cycle**

#### **cycle journalier**

Se rapporte aux 24 heures du jour, et parfois aux changements qui se produisent durant cette période de temps de 24 heures

### **Drizzle**

#### **bruine / crachin**

Faible précipitation liquide composée de gouttelettes avec des diamètres entre 0,2 et 0,5 millimètres. La bruine réduit la visibilité plus qu'une pluie légère en raison d'un grand nombre de très petites gouttes

### **Dry Bulb Temperature**

#### **Température du thermomètre sec**

Température sur un de deux thermomètres d'un psychromètre à fronde; cette température correspond à l'ampoule qui ne contient pas la mèche saturée d'eau

### **Ecosystem**

#### **Ecosystème**

Communauté des espèces différentes inter-agissant ensemble sur leurs environnements

### **El Niño**

#### **El Niño**

EL Niño se rapporte à un réchauffement significatif prolongé des eaux de surface dans l'océan pacifique tropical et généralement aux phénomènes qui accompagnent ce réchauffement.

### **Electromagnetic (EM) Radiation**

#### **Radiations électromagnétiques**

Les ondes d'énergie produites par l'oscillation ou l'accélération de charges électriques. Les ondes électromagnétiques sont à la fois électriques et magnétiques. À la différence de la conduction et de la convection, les ondes électromagnétiques n'ont pas besoin de supports comme des solides, des liquides, ou des gaz afin de transférer l'énergie. Le rayonnement électromagnétique peut être classifié dans un spectre des longueurs d'onde courtes très énergiques (rayons, rayons X gamma), aux longueurs d'onde moins énergiques et très longues (des micro-ondes et des ondes radio). La lumière visible est une petite partie du spectre électromagnétique que les yeux humains peuvent voir.

### **Elevation Angle**

#### **Angle d'élévation (solaire)**

La distance angulaire entre l'horizon et un objet dans le ciel, tel que le soleil. L'angle de zénith est 90° moins l'angle d'élévation.

### **Evaporation**

### **Evaporation**

Changement de phase d'une substance de liquide à gaz

### **Evapotranspiration**

#### **Evapo-transpiration**

Le transfert et la transformation de l'eau liquide du sol vers l'air par les processus combinés de l'évaporation et de la transpiration par la végétation

### **Fahrenheit Scale**

#### **Echelle en degrés Fahrenheit**

Une échelle de température inventée par le physicien allemand Daniel Gabriel Fahrenheit au 18ème siècle. Cette échelle définit le point de fusion de la glace à 32° F et le point d'ébullition de l'eau à 212° F. Les Etats-Unis sont principalement le seul pays dans le monde employant toujours couramment l'échelle de Fahrenheit.

### **Fog**

#### **Brouillard**

Nuage en contact avec la surface de la terre

### **Force (F)**

#### **Force (F)**

### **Freezing**

#### **Solidification ( congélation )**

### **Freezing Rain and Freezing Drizzle**

#### **Pluies verglaçantes**

Eau surfondue qui gèle en rentrant en contact avec une surface froide

### **Frost**

#### **Gel / gelée / givre**

Dépôt de glace à partir de vapeur d'eau dans l'atmosphère directement sur des surfaces telles que l'herbe ou les fenêtres

### **Geostationary**

#### **Geostationnaire**

Un objet en orbite autour de la terre qui reste au-dessus d'un certain point sur la planète; l'objet est généralement situé directement au-dessus de l'équateur à une longitude fixe.

### **Gravity**

#### **Gravité**

La force de l'attraction universelle (par exemple, la pesanteur tire chacun de nous vers le centre de la terre)

### **Greenhouse Gas**

#### **Gaz à effet de serre**

N'importe quel gaz qui emprisonne la chaleur dans l'atmosphère et de ce fait provoque l'augmentation de la température moyenne de l'atmosphère. Les gaz à effet de serre absorbent le rayonnement infrarouge. Les exemples des gaz à effet de serre sont : la vapeur d'eau, dioxyde de carbone, protoxyde d'azote, méthane, et chlorofluorocarbones.

### **Greenwich Mean Time (GMT)**

#### **Heure du méridien de Grennwich**

Le même temps de référence que le temps universel (UT); le temps à la longitude de 0 degrés (le méridien principal) qui passe par Greenwich, Angleterre

### **Hail (also known as Hailstones)**

#### **Grêle**

Précipitation sous forme de boulettes irrégulières de glace de la taille d'environ 2 millimètres à 13 centimètres de diamètre. Les plus gros grêlons peuvent seulement se former dans les orages les plus violents qui ont les ..... extrêmement forts (air mobile ascendant).

### **Halo**

#### **Halo**

Phénomène optique observé quand la lumière du soleil ou le clair de lune est réfléchi par des cristaux de glace, coupant le faisceau en couleurs distinctes. Ceci se produit seulement avec les cirrostratus ou les nuages épais de cirrus.

### **Haze**

#### **Brume**

Réduction de visibilité par des aérosols de l'atmosphère. La brume peut faire apparaître le ciel blanc laiteux à jaunâtre, rougeâtre ou brun, selon si l'aérosol est humide ou sec et selon la taille et la nature des particules qui dispersent la lumière.

### **Heat**

#### **Chaleur**

Toute l'énergie du mouvement de tous les atomes et molécules qui composent une substance

## Heavy Rain

### Forte pluie

Pleuvoir à grandes eaux (>7,5 mm/hr) . Ca réduit la visibilité et obscurcit le ciel

## Heavy Snow

### Chutes de neiges

Chute de neige qui ramène la visibilité à moins de 400 mètres et obscurcit le ciel

## Hydrocarbons

### hydrocarbures

Composés chimiques composés principalement d'atomes de carbone et d'hydrogène. Les hydrocarbures gazeux se produisent dans l'atmosphère, (par exemple, le gaz naturel, les espèces chimiques dégagées naturellement par les usines, et les composés qui résultent des sous-produits du processus de combustion).

## Hydrologic Cycle

### Cycle de l'eau

L'écoulement continu de l'eau sur la terre. Le cycle hydrologique se compose de réservoirs d'eau (tels que les calottes de glaciaires, des océans, l'humidité atmosphérique, et des couches aquifères) et des flux ou des écoulements de l'eau (tels que l'évaporation, la précipitation, l'écoulement de fleuve, et les icebergs).

## Hygrometer

### Hygromètre

Instrument pour mesurer l'humidité relative de l'air

## Ice Pellets

### Granules de glaces

## In Situ

### In Situ

En place. La plupart des mesures atmosphériques GLOBE, tel que la température et l'ozone, sont prises in situ; cependant, plusieurs de ces quantités peuvent également être mesurées à distance par l'utilisation des satellites spéciaux.

## Infrared radiation

### rayonnement infrarouge

La lumière (rayonnement électromagnétique) avec des longueurs d'onde s'étendant juste au delà de la lumière visible (0,7 micromètres) à en deça des micro-ondes ou des ondes radios (1000 micromètres). La quantité de lumière thermiquement émise par la surface et l'atmosphère inférieure de la terre fait une pointe aux longueurs d'onde proches de 10 micromètres, la lumière dans cette partie de la gamme de longueurs d'onde infrarouge est souvent désigné sous le nom de 'infrarouge thermique'.

## Insolation

### Insolation

Rayonnement solaire incident

## Interplanetary Medium

### vide spatial

Espace entre les planètes qui contient le rayonnement électromagnétique, les champs électriques et magnétiques, le gaz ionisé, les atomes neutres, et les particules de poussière microscopiques. Les caractéristiques de l'espace interplanétaire sont principalement influencées par le soleil et pas par différentes planètes

## Inverse Relationship

### inversement proportionnel

Quand deux variables sont reliées entre elles d'une manière opposée; par exemple : à mesure que l'un augmente, l'autre diminue (par exemple  $x = 1/y$ )

## Isobars

### Isobares

ensemble des points de même pression reliés par une ligne

## Isotherms

### Isothermes

ensemble des points de même température reliés par une ligne

## Kelvin Scale

### Echelle en degrés Kelvin

Une échelle de température du nom du physicien britannique William Thomson Kelvin qui l'a proposée en 1848. Un degré Kelvin est équivalent à un degré Celsius. Cependant, zéro sur l'échelle de Kelvin est défini pour être la température à laquelle l'énergie moléculaire est au minimum, également appelé le

"zéro absolu". La convention d'écriture des températures dans l'échelle de Kelvin doit employer juste la lettre K, omettant le symbole de degré. Zéro sur l'échelle de Kelvin correspond approximativement à -273 ° C.

## La Niña

### La Niña

Une période de refroidissement anormal des températures de surface dans l'océan pacifique tropical

## Latent heat

### Chaleur latente

Chaleur absorbée ou libérée quand l'eau change de phase entre solide, liquide, et gaz

## Melting

### Fusion

Procédé du changement de phase entre solide et liquide

## Mesosphere

### Mesosphère

la troisième couche de l'atmosphère au-dessus de la surface de la terre, généralement située entre les altitudes de 50 kilomètres et 80-85 kilomètres et caractérisée par une température diminuant avec l'altitude

## Millibar

### Milibar

Unité de pression barométrique équivalente à un un-millième de bar et équivalent à un hectopascal

## Mixing Ratio

un terme scientifique souvent utilisé comme synonyme de concentration. Exemple est la masse de la vapeur d'eau dans un échantillon d'air divisée par toute la masse d'air dans l'échantillon

## Nitrogen Oxides

### Oxydes d'azote

Famille des composés consistés d'un ou plusieurs atomes d'azote et d'un ou plusieurs atomes d'oxygène. L'oxyde nitrique (NO) et le bioxyde d'azote (NO2) sont principalement produits par la combustion tandis que le protoxyde d'azote (N2O) est principalement un produit d'activité microbienne dans les sols

## Optical thickness (also optical depth)

### Epaisseur optique (aussi profondeur optique)

Mesure qui permet d'évaluer la quantité de particules (aérosols) et de molécules de gaz (air) empêchant la transmission de la lumière à une longueur d'onde spécifique. Pour une profondeur optique donnée, la lumière entrante est atténuée de 1/e en intensité

## Ozone

### Ozone

Un gaz fortement réactif composé de 3 atomes d'oxygène présent en quantités variables dans la troposphère et la stratosphère. L'ozone se trouve naturellement dans l'atmosphère, résultant de la séparation de molécules d'oxygène (O2) en deux atomes d'oxygène qui combinent avec des molécules de l'oxygène pour former l'ozone (O3).

## Ozone Layer

### Couche d'ozone

Couche de l'atmosphère située vers la stratosphère et la mesosphère inférieur qui absorbe la plupart du rayonnement ultraviolet entrant

## Ozone Optical Scanner

### Scanner optique d'ozone

Un instrument employé pour le protocole de l'ozone du Globe qui mesure le changement de couleur sur les bandes d'essai chimiques et interprète ce changement en concentration d'ozone (unités : ppb)

## Pascal

### Pascal

Unité de pression équivalente à 1 Newton/mètre<sup>2</sup>. 100 Pascal = 1 hectopascal (unité standard de pression employée en GLOBE)

## Ph Scale

### Echelle de Ph

Système indiquant la gamme d'acidité ou d'alcalinité des substances. Sur cette échelle, une substance avec un pH de 7 est neutre. Les substances avec un pH inférieur à 7 sont acides; les substances avec un pH supérieur à 7 sont alcalines (ou base).

## Phase Change

### Changement de phase

Changement d'une substance d'une phase à l'autre. Les substances (éléments et composés) existent généralement sous trois phases solide, liquide et gaz ; Par exemple, vapeur d'eau

(gaz) se changeant en eau (liquide). Les substances subissant des changements de phase prennent ou dégagent la chaleur sans changement de température. (Voir Chaleur Latente)

## **Photolysis**

### **Photolyse**

Dissolution d'un composé atmosphérique par la lumière. Par exemple, quand l'ozone (O<sub>3</sub>) est formé dans l'atmosphère, elle peut être coupée en oxygène atomique (O) et oxygène moléculaire (O<sub>2</sub>) par les rayons ultra-violet du soleil.

## **Polar-Orbiting Satellite**

### **Satellite à orbite polaire**

Satellite artificiel (vaisseau spatial en orbite autour de la terre) passant près ou au-dessus des pôles. Cette définition s'applique habituellement à des satellites proches d'orbites polaires tels que leur plan orbital conserve un angle constant (en moyenne) par rapport à la ligne entre le soleil et la terre. Ceux-ci s'appellent les satellites héliosynchrones.

## **Pollutant**

### **Polluant**

Une trace de gaz ou d'aérosol qui souille l'air

## **ppb**

### **partie par milliard**

partie par milliard, unité de mesure de concentration atmosphérique en gaz ou "rapport de mélange"; ppbv parfois désigné (parties par milliard par volume), qui correspond aux données habituellement définies

## **Precipitable Water Vapor**

Épaisseur de la couche d'eau (liquide) sur l'ensemble de la planète qui serait formée si toute la vapeur d'eau dans une colonne de l'atmosphère étaient condensées sur la surface de la terre. En moyenne, l'atmosphère contient environ 2 centimètres de vapeur d'eau précipitable

## **Precipitation**

### **Précipitations**

Eau sous forme solide ou liquide qui tombe sur la surface de la terre

## **Precursor**

### **Précurseur**

Un produit chimique nécessaire aux réactions qui permettent de former d'autres composés (par exemple, oxyde nitrique est un précurseur de l'ozone de basse altitude)

## **Pressure**

### **pression**

Force par unité de surface; pour l'atmosphère, on peut considérer comme le poids de la colonne d'air au-dessus d'une surface donnée.

## **Radiation**

### **Rayonnement / radiation**

## **Rayleigh (scattering)**

### **bandes de Rayleigh**

Dispersion de la lumière du soleil par des molécules dans l'atmosphère, baptisée du nom du physicien britannique John William Strutt, troisième baron Rayleigh au 19<sup>ème</sup> siècle.

## **Reactive Chemicals**

### **Reactifs chimiques**

Produits chimiques qui subissent des réactions chimiques dans l'atmosphère

## **Reflection**

### **Réflexion**

Le processus par lequel un rayonnement incident sur un objet est redirigé suivant un certain angle fixe en s'éloignant de cet objet

## **Relative Air Mass**

### **Masse d'air relative**

Le rapport de la quantité d'atmosphère entre un observateur et le soleil relativement à la quantité d'atmosphère directement au-dessus de l'observateur. La masse d'air relative est directement liée à l'angle d'altitude solaire.

## **Relative Humidity**

### **Humidité relative**

Mesure de la quantité de vapeur d'eau dans un échantillon d'air comparativement à la quantité contenue dans un échantillon d'air à la même pression et même température saturées de vapeur d'eau

## **Satellite**

### **Satellite**

Objet en orbite autour d'un plus grand corps céleste

## **Scattering**

### **Dispersion (de la lumière)**

Processus par lequel le rayonnement agissant avec une substance est réfléchi dans toutes les directions

## **Sea Level Pressure**

### **pression au niveau de la mer**

Pression atmosphérique qui serait mesurée si le point de mesure était au niveau de la mer

## **Sea Spray**

### **Embruns**

Aérosols enlevés par l'air à la surface d'un corps d'eau salée dans des conditions venteuses, qui peuvent produire une diminution de la visibilité

## **Seasonal Cycle**

### **Cycle des saisons**

Changement périodique d'une variable qui se produit simultanément avec les saisons de la terre

## **Sensible Heat**

### **Chaleur sensible**

Chaleur associée à un changement de température d'une substance à la différence de la chaleur liée à un changement de phase

## **Shelter**

### **Abri météo**

## **Shower**

### **Averse**

Un type d'événement de précipitation typique de courte durée, se produit avec des changements fréquents de l'intensité

## **Sleet**

### **Grêle**

Précipitation qui est sous forme liquide (au début), mais gèle avant d'atteindre la terre

## **Sling Psychrometer**

### **Psychromètre à fronde**

Dispositif comportant de deux thermomètres, dont l'un a une mèche sèche et l'autre a une mèche qui est maintenue humide. La différence entre les températures sèches-et-humides est employée pour calculer l'humidité relative.

## **Smog**

### **Brouillard de fumée**

Air qui contient suffisamment d'aérosols, d'eau et de rejet de la combustion pour être visible. Des aérosols dans le brouillard de fumée peuvent être produits indirectement par des réactions parmi les gaz actuels en échappement de combustion. Le brouillard de fumée comme limite combinant les mots fument et embrument et peuvent réduire la visibilité de la même manière.

## **Smoke**

### **Fumée**

Air contenant suffisamment d'aérosols produits par la combustion pour être visible, peut réduire la visibilité ou obstruer le ciel

## **Solar Noon**

### **Midi solaire**

Heure à laquelle le soleil est à son point le plus élevé dans le ciel (zénith) pendant le jour

## **Specific Heat**

### **Chaleur spécifique**

La quantité de la chaleur requise pour augmenter la température de 1 gramme d'une substance de 1 °C

## **Squall**

### **Bourrasque**

Une averse intense ou violente accompagnée de vents forts

## **Station Pressure**

### **Pression de la station**

La véritable pression atmosphérique, non corrigée vis à vis des conditions standard au niveau de la mer. Les rapports météo donnent généralement la pression barométrique corrigée par rapport au niveau de la mer, pas la pression de station.

## **Stratiform**

### **Stratiforme (famille des stratus)**

Nuage constitué de couches horizontales; c'est une structure très faiblement perceptible des nuages de ce type.

## **Stratosphere**

### **Stratosphère**

Deuxième couche de l'atmosphère (en partant de la surface de la terre), généralement caractérisée par une température croissant avec l'altitude. La stratosphère commence aux altitudes d'environ 8 kilomètres pour les régions polaires à 16-18 kilomètres pour les tropiques et s'étend aux altitudes d'environ 50 kilomètres où on trouve un maximum dans la température atmosphérique locale. La stratosphère contient la majeure partie de l'ozone trouvé dans l'atmosphère.

## **Sublimation**

### **Sublimation**

Transition d'une substance directement de la phase solide à la phase gazeuse

## **Sun Photometer**

### **Photomètre solaire**

Instrument qui mesure l'intensité de la lumière du soleil transmis par l'atmosphère par rapport à certaines longueurs d'onde

## **Supercooled Water**

### **Eau surfondue**

Eau avec une température qui est au-dessous de son point de congélation mais toujours sous forme liquide

## **Temperature**

### **Température**

Mesure de l'énergie moyenne du mouvement de tous les atomes et molécules qui composent une substance

## **Temperature Inversion**

### **Inversion de température**

Augmentation de la température avec l'altitude dans la troposphère, habituellement lié à une masse d'air très stable. Normalement, la température dans la troposphère augmente avec l'altitude. Où et quand la température croît avec l'altitude, le mélange vertical de l'atmosphère est considérablement diminué. Ceci mène au piégeage des aérosols et des traces de gaz à partir de la surface. Il entraîne également la stratification de l'atmosphère en couches horizontales au niveau de la stratosphère, d'où le nom de cette couche atmosphérique.

## **Thermosphere**

### **Thermosphère**

La quatrième couche de l'atmosphère depuis la surface de la terre. Dans la thermosphère, la température augmente considérablement, les concentrations d'ion deviennent significatives, et la dynamique de l'atmosphère est pratiquement indépendante des forces et des phénomènes liés à la surface et à l'atmosphère inférieure de la terre. La majeure partie de l'ionosphère est contenue dans la thermosphère et au-dessus se trouve l'espace interplanétaire

## **Thunderstorm**

### **Orage**

Nuage de cumulonimbus ou de la famille des cumulonimbus qui produisent la foudre et le tonnerre. Les orages ne sont pas toujours accompagnés de précipitations atteignant la terre.

## **Trace Gas**

Gaz présents dans l'atmosphère en quantité très petite, toujours inférieur à 0,1 %

## **Transpiration**

### **Transpiration**

Le processus par lequel la vapeur d'eau s'échappe dans l'atmosphère par les surfaces d'échange des feuilles

## **Tropical Cyclone**

### **Cyclone tropical**

Système de basse pression trouvé aux latitudes tropicales qui peuvent se développer en tempête tropicale, ouragan et tout autre orage d'intensité aussi importante.

## **Troposphere**

### **Troposphère**

La couche la plus basse de l'atmosphère où presque tous les phénomènes météo se produisent. La troposphère contient environ 80% de la masse de l'atmosphère et est caractérisée par des températures qui diminuent normalement avec l'altitude. La frontière de la troposphère et de la stratosphère dépend de la latitude et de la saison. Elle s'étend jusqu'à 8

kilomètres au-dessus des pôles et peut aller jusqu'à 16-18 kilomètres dans les tropiques.

## **Ultraviolet**

### **Ultraviolet**

Partie du spectre électromagnétique qui est plus énergétique et dont les longueurs d'onde sont plus courtes que la lumière visible; habituellement défini comme rayonnement avec des longueurs d'onde de 0,1 - 0,38 micromètres.

## **Universal Time (UT)**

### **Heure Universelle (UT)**

Le temps à la longitude de 0 degrés (le méridien principal); UT est actuellement le temps de référence, qui est identique au GMT.

## **Visibility**

### **Visibilité**

La distance jusqu'à laquelle un observateur peut voir et identifier clairement un objet

## **Visible Radiation**

### **Rayonnement visible**

Lumière avec des longueurs d'onde entre d'environ 0,38 et 0,7 micromètres qui peuvent être vus par des humains. Le soleil émet sa quantité maximale d'énergie dans la partie visible du spectre électromagnétique.

## **Volcanic Ash**

### **Cendres volcaniques**

Petites particules (minerais, roche et fragments de verre) éjectées par les éruptions volcaniques. Comme les aérosols ils peuvent réduire la visibilité ou obscurcir le ciel. Ces particules produisent souvent des effets spectaculaires de dispersion de la lumière produisant des couchers du soleil colorés.

## **Water Cycle**

### **Cycle de l'eau**

Voir cycle hydrologique

## **Water Vapor**

### **Vapeur d'eau**

Gaz sans couleur, sans odeur et invisible composé de molécules d'eau

## **Wavelength (of light)**

### **Longueur d'onde (de la lumière)**

Propriété de la lumière qui est inversement proportionnelle à sa fréquence et décrit la distance d'une crête d'onde à la crête suivante d'onde. La lumière visible se situe dans la gamme de longueurs d'onde d'environ 0,38 micromètres (violets) à 0,7 micromètres (rouges). La sensibilité maximale de l'œil humain se situe à une longueur d'onde d'environ 0,5 micromètres (vert), près de la longueur d'onde de réponse du canal vert du photomètre du soleil de GLOBE.

## **Weather**

### **Temps (qu'il fait) / météo**

Etat de l'atmosphère à un endroit et à un moment précis. Le temps fait intervenir des variables telles que la température, la pression barométrique, le vent, l'opacité, la précipitation et l'humidité relative.

## **Wet Bulb Depression**

### **Refroidissement du thermomètre mouillé**

différence entre les température lues (thermomètres mouillés et sec) sur un psychromètre à fronde

## **Wet Bulb Temperature**

### **Température du thermomètre mouillé**

Température prise sur un psychromètre à fronde à l'aide du thermomètre avec ampoule couverte et mèche humide, après avoir fait tourbillonné le psychromètre pendant la durée de temps prescrite

## **Wet Deposition**

### **Dépôt humides**

Dépôt des gaz ou des aérosols de l'atmosphère par leur incorporation dans les précipitations (pluie, neige, etc.).

## **Zenith Angle**

### **Angle au zénith**

Distance angulaire entre un objet dans le ciel, tel que le soleil, et un objet directement au-dessus. L'angle de zénith est 90° moins l'angle d'altitude