

# 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) ;

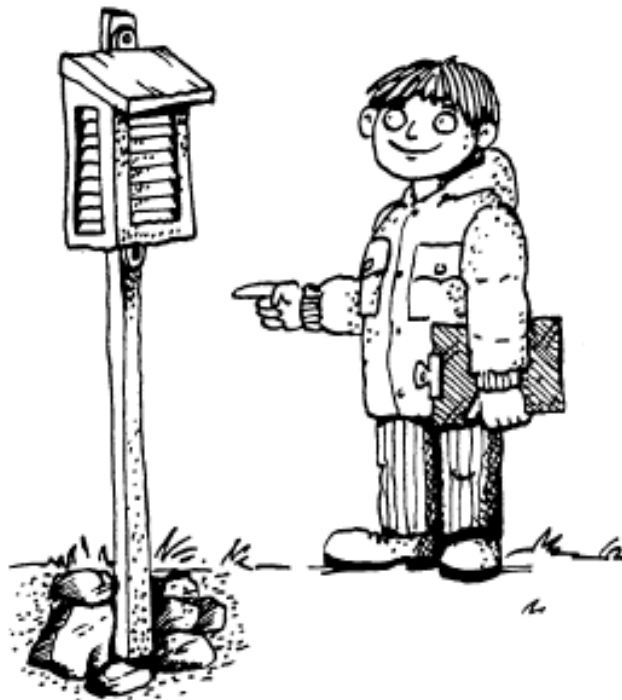
et la composition atmosphérique (l'existence et la localisation des gaz et des particules dans l'atmosphère).

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

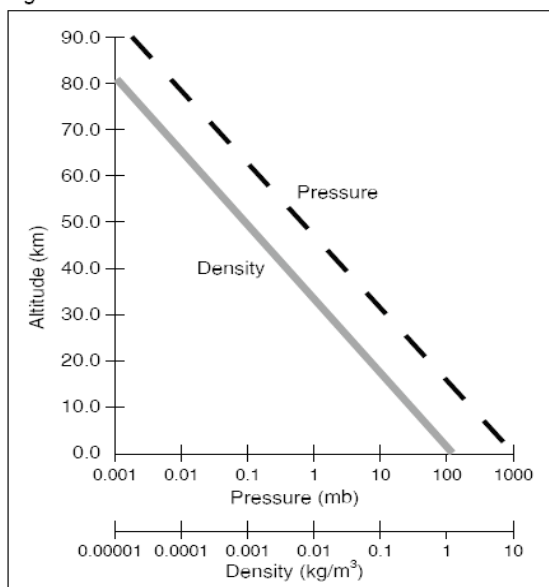
### La composition de l'atmosphère

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



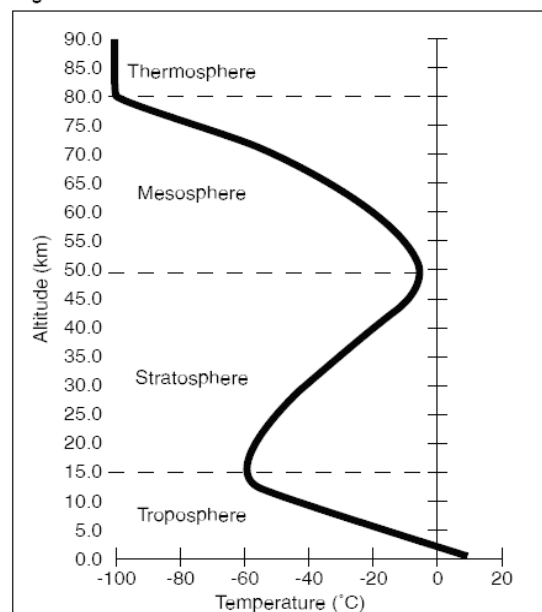
Au-dessus de cette altitude, dans la *thermosphère*, la densité de l'air est si faible que de nombreux phénomènes deviennent non négligeables. A cette altitude, l'absorption de rayons X et des rayons ultraviolets très énergétiques venant du soleil ionisent les gaz de l'atmosphère et réchauffent l'air. 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

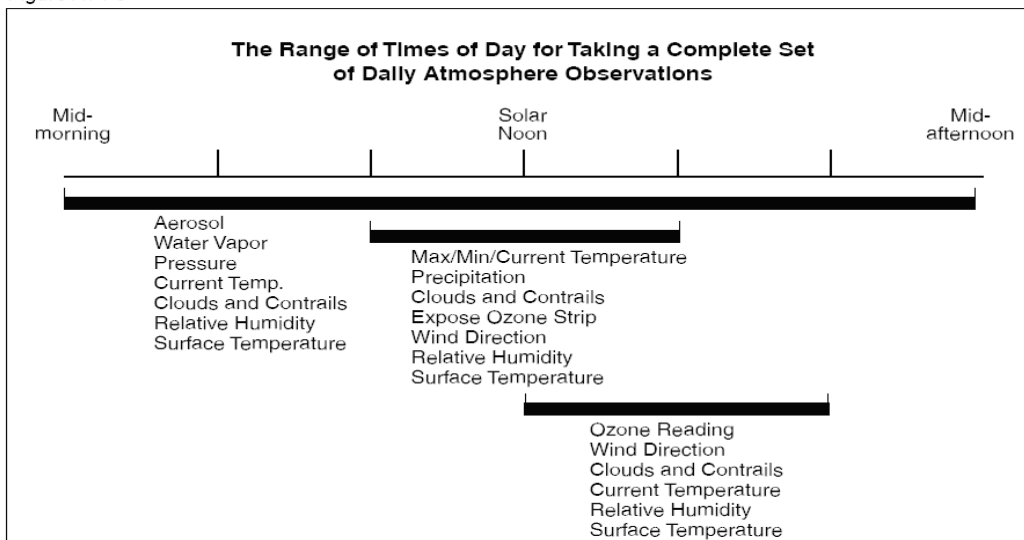


Tableau AT-I-1

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

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

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



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.



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								

