

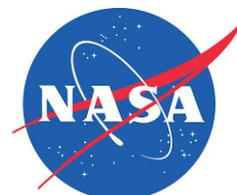
GLOBE WEATHER



LE PROGRAMME GLOBE



BSCS
SCIENCE LEARNING





GUIDE DU PROFESSEUR



LE PROGRAMME GLOBE





© 2019 University Corporation for Atmospheric Research. *Tous droits réservés.*



Cette publication a été soutenue par la NASA dans le cadre de la subvention NNX17AD75G.

TABLE DES MATIÈRES



	Aperçu de GLOBE Weather	2-20	
	1 Leçon pilier : Une tempête inattendue	21-28	
SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE 1	Contenu scientifique	31-35	
	2 Observer le ciel	36-41	
	3 Indices sur la température	42-47	
	4 Carburant pour les tempêtes	48-53	
	5 L'air en déplacement	54-59	
	6 Créer un orage	60-64	
SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE 2	Contenu scientifique	67-69	
	7 Un autre type de tempête	70-73	
	8 Météo avant, pendant et après le passage d'un front froid	74-78	
	9 Tempêtes et précipitations le long d'un front	79-86	
	10 Front en déplacement	87-92	
	11 Examen plus approfondi des systèmes dépressionnaires	93-97	
SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE 3	Contenu scientifique	100-102	
	12 Tempêtes en déplacement	103-108	
	13 Réchauffement	109-115	
	14 Déplacement de l'air sous les tropiques	116-123	
	15 Une balle courbe	124-132	
	TÂCHE FINALE : Défi 1	Tempête en Californie	135-138
	TÂCHE FINALE : Défi 2	Où est la neige?	139-141
	TÂCHE FINALE : Défi 3	Nous vous avertissons	142-145

GUIDE DU PROFESSEUR



APERÇU DE GLOBE WEATHER

Aperçu de GLOBE Weather

Avec GLOBE Weather, les élèves du secondaire explorent les phénomènes liés aux intempéries et aux tempêtes pendant une période de cinq semaines pour mieux comprendre les conditions météorologiques aux échelles locale, régionale et mondiale. Ils analysent les données météorologiques recueillies dans les écoles faisant partie du programme GLOBE (www.globe.gov) et font leurs propres observations météorologiques conformément aux protocoles de GLOBE sur l'atmosphère.

Le programme GLOBE Weather a été conçu pour répondre directement aux normes scientifiques de nouvelle génération qui portent sur l'exploration par les élèves des phénomènes météorologiques et sur le recours à une approche par scénario dans trois cycles d'apprentissage 5E (Bybee, et al., 2006). Le programme met particulièrement l'accent sur l'analyse et l'interprétation de données météorologiques et sur le développement itératif de modèles pour expliquer et documenter la compréhension des élèves. Le programme GLOBE offre d'autres pistes d'exploration éventuelles des conditions météorologiques, en élargissant l'apprentissage des élèves à des projets de recherche.

APPROCHE PAR SCÉNARIO

GLOBE Weather adopte une approche pédagogique par scénario pour aider à séquencer l'apprentissage et à l'enchaîner logiquement pour les élèves, du début à la fin. L'objectif d'un scénario est de rendre les leçons de l'unité cohérentes pour les élèves. Ces derniers savent sur quoi ils travaillent et pourquoi, tout au long de l'unité d'apprentissage. Dans chaque leçon, GLOBE Weather se concentre sur les questions plutôt que sur les sujets, afin de motiver les élèves et de maintenir le cap sur l'exploration et la découverte.

Les appuis pédagogiques fournis dans les instructions du professeur sont destinés à vous aider à clarifier le scénario pour les élèves tout au long de l'unité. Peu à peu, tous les élèves proposent des idées motivées par des questions sur les phénomènes météorologiques. Tout au long de l'unité, l'histoire de la météo s'écrit progressivement. Chaque leçon porte sur une question particulière ce qui, au fil du temps, facilite la compréhension. L'approche par scénario soutient les élèves dans la recherche de sens, leur permettant ainsi de trouver des idées scientifiques et de les associer au fil du temps.

GROS PLAN SUR LES PHÉNOMÈNES MÉTÉOROLOGIQUES



Des élèves expérimentent la température et le mouvement de l'air dans le cadre de la leçon 5 de GLOBE Weather. (Avec l'aimable autorisation de Susan Oltman)

Les phénomènes intéressants sont essentiels à l'approche par scénario. Il peut s'agir d'un phénomène surprenant ou déroutant, quelque chose que les élèves en sont venus à accepter, mais qu'ils ne peuvent expliquer, comme des nuages qui changent de forme et de taille. Il peut s'agir d'un phénomène que les élèves veulent pouvoir prédire et auquel ils se préparent, comme une tempête violente. Ou, il peut s'agir d'un phénomène quotidien qui mystifie les élèves lorsqu'ils y pensent, par exemple l'apparition spontanée d'un petit nuage dans un ciel précédemment dégagé.

Dans GLOBE Weather, les phénomènes sont soigneusement sélectionnés pour servir de pilier à une histoire. Le *phénomène pilier* pour cette unité est un événement extrême au cours duquel une quantité anormalement importante de pluie est tombée dans un laps de temps relativement court au Colorado (États-Unis), en septembre 2013. Les élèves partent de cette tempête pour examiner différents types de précipitations. Ils se demandent pourquoi et comment l'humidité se déplace dans l'air et quand les conditions sont parfaites pour une averse de pluie ou de neige.



Orage (Avec l'aimable autorisation de Bob Henson, UCAR)

EXPÉRIENCES DES ÉLÈVES AVEC L'ANALYSE ET LA MODÉLISATION DES DONNÉES

Dans GLOBE Weather, les pratiques scientifiques et d'ingénierie constituent les moyens par lesquels les élèves avancent dans le scénario, en mettant l'accent sur l'analyse de données et la construction de modèles. Ils analysent les données météorologiques, ce qui leur permet d'explorer les tempêtes, notamment des données graphiques et cartographiées sur les températures, les précipitations, l'humidité et le vent. Les données météorologiques de ce programme ont été recueillies par les écoles du réseau GLOBE, des scientifiques amateurs du réseau CoCoRaHS (Community Collaborative Rain, Hail and Snow) et la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Les élèves construisent des modèles pour organiser leurs idées et partager leurs explications sur les phénomènes météorologiques avec d'autres (voir pages 14-15 pour plus d'informations).

OPTIONS D'EXTENSION DE L'APPRENTISSAGE PAR LES ENQUÊTES GLOBE

Si vous le souhaitez, nous vous encourageons à demander à vos élèves de recueillir leurs propres données météorologiques en utilisant les ressources du programme GLOBE, ou de rechercher et d'analyser les données recueillies par d'autres élèves dans le cadre du programme GLOBE. Les élèves pourraient ainsi mener leurs propres recherches scientifiques et nouer des liens avec des élèves du monde entier. Vous devrez ajouter du temps à l'unité si vous décidez de faire ces enquêtes GLOBE facultatives (voir pages 12-13 pour plus d'informations).

CE QU'ON RETROUVE DANS GLOBE WEATHER

Le programme propose cinq semaines de cours (environ 25 périodes de 50 minutes), en commençant par une leçon pilier, suivie de trois séquences d'apprentissage guidées qui explorent les phénomènes météorologiques à des échelles spatiales (locale, régionale et mondiale) et temporelles (de courte durée à continue) croissantes. La tâche finale permet aux élèves d'appliquer ce qu'ils ont appris à un nouveau phénomène lié.



Gouttes de pluie (Avec l'aimable autorisation de Carlye Calvin, UCAR)

- **Leçon pilier** : GLOBE Weather commence par un phénomène qui servira de pilier, soit une importante chute de pluie, qui amène les élèves à se demander comment et pourquoi les tempêtes s'annoncent et leur permet de lier la tempête décrite à leurs propres expériences avec des tempêtes.
- **Trois séquences d'apprentissage** : Chaque séquence d'apprentissage est conçue pour que les élèves parcourent un cycle d'apprentissage 5E modifié (s'Engager, Explorer, Expliquer, Élaborer). Il est possible d'évaluer la compréhension des élèves tout au long du processus. Parfois, les élèves sont incités à revenir en arrière et à réexaminer les phénomènes qu'ils ont appris auparavant, tels que le phénomène pilier, car ils ont saisi de nouveaux éléments scientifiques qu'ils peuvent y appliquer.
 - **Séquence d'apprentissage 1** : Les élèves commencent par étudier les tempêtes isolées de courte durée, en apprenant qu'elles se produisent généralement l'après-midi, la relation entre les tempêtes isolées et la température de l'air, et ce qui détermine si les nuages qui s'amassent causeront ou non des précipitations.
 - **Séquence d'apprentissage 2** : Les élèves progressent vers des enquêtes sur la manière dont les masses d'air entrent en collision sur les fronts, ce qui peut entraîner du temps orageux sur une vaste région et sur plusieurs jours, surtout sur les fronts froids où une masse d'air froid se glisse sous une masse d'air chaud.
 - **Séquence d'apprentissage 3** : Les élèves prennent du recul pour découvrir comment et pourquoi les tempêtes se déplacent dans le monde en raison de la circulation atmosphérique causée par le réchauffement inégal de la Terre.
- **Tâche finale** : Les élèves enquêtent sur une tempête hivernale, en appliquant ce qu'ils ont appris dans le programme d'études et en se fondant sur leurs recherches sur d'autres types de tempêtes.

Voir les pages 6 à 11 pour un résumé de chaque leçon.



Normes scientifiques de nouvelle génération

Voici les normes scientifiques de la prochaine génération des États-Unis (Next Generation Science Standards, NGSS) associées à GLOBE Weather. Les attentes en matière de rendement (Performance Expectations, PEs) décrivent ce que les élèves doivent être en mesure d'accomplir d'ici la fin de l'apprentissage. Les idées disciplinaires de base (Disciplinary Core Ideas, DCIs) décrivent les sujets scientifiques. Les pratiques scientifiques et d'ingénierie (Science and Engineering Practices, SEPs) sont des comportements adoptés par les scientifiques et les ingénieurs pour expliquer le monde ou résoudre des problèmes. Concepts transversaux (Crosscutting Concepts, CCC) sont des cadres de pensée scientifique interdisciplinaires. Les normes qui sont étroitement harmonisées à GLOBE Weather sont liées aux sciences de la terre et de l'espace (Earth and Space Science, ESS).

RENDEMENT ATTENDU [PERFORMANCE EXPECTATIONS (PE)]

GLOBE Weather est conforme à trois PE. Veuillez noter que le texte rayé qui suit désigne des concepts dépassant le champ d'application de cette unité.

- **MS-ESS2-5 [Middle School Earth and Space Science (chapitre 2, leçon 5)]** : Recueillir des données pour prouver comment les mouvements et les interactions complexes des masses d'air entraînent des changements dans les conditions météorologiques.
- **MS-ESS2-6 (partiel)** : Concevoir et utiliser un modèle pour décrire comment le réchauffement inégal et la rotation de la Terre entraînent des schémas de circulation atmosphérique et océanique qui déterminent les climats régionaux.
- **MS-ESS2-4 (partiel)** : Concevoir un modèle pour décrire le cycle de l'eau dans les systèmes de la Terre en fonction de l'énergie du soleil et de la force de gravité.

CONCEPTS FONDAMENTAUX DISCIPLINAIRES [DISCIPLINARY CORE IDEAS (DCI)]

GLOBE Weather combine le contenu de cinq DCI. Veuillez noter que le texte d'introduction ci-dessous désigne des parties des DCI qui ne sont pas couvertes.

- **ESS2.C** : Les schémas complexes des changements et du mouvement de l'eau dans l'atmosphère, déterminés par le vent, les reliefs, et les températures et courants océaniques, sont des facteurs déterminants majeurs des schémas météorologiques locaux. (MS-ESS2-5).
- **ESS2.C** : L'eau circule continuellement entre la terre, l'océan et l'atmosphère par la transpiration, l'évaporation, la condensation, la cristallisation les précipitations, ainsi que le ruissellement. (MS-ESS2-4).
- **ESS2.C** : La circulation mondiale de l'eau et ses changements de forme sont causés par la lumière du soleil et la gravité (MS-ESS2-6).
- **ESS2.D** : La météo et le climat est influencée par les interactions entre la lumière du soleil, l'océan, l'atmosphère, la glace, les reliefs et les êtres vivants. Ces interactions varient en fonction de la latitude, de l'altitude et de la géographie locale et régionale, qui peuvent toutes influencer sur les schémas de débit océanique et atmosphérique. (MS-ESS2-6).
- **ESS2.D** : Ces schémas étant extrêmement complexes, les conditions météorologiques ne peuvent être prédites que de manière probabiliste (MS-ESS2-5).

PRATIQUES SCIENTIFIQUES ET D'INGÉNIERIE [SCIENCE AND ENGINEERING PRACTICES (SEP)]

GLOBE Weather se concentre sur deux SEP : (1) concevoir et utiliser des modèles et (2) analyser et interpréter les données. En outre, les élèves acquièrent de l'expérience en posant des questions, en menant des enquêtes, en proposant des explications et en obtenant, évaluant et communiquant des informations.

CONCEPTS TRANSVERSAUX [CROSSCUTTING CONCEPTS (CCC)]

GLOBE Weather comprend trois CCC : (1) cause et effet, (2) systèmes et modèles de systèmes et (3) schémas.

Connaissances préalables utiles

SCIENCE

Les acquis antérieurs de vos élèves en matière de concepts de science physique et de cycle de l'eau peuvent notamment jouer sur l'apprentissage du cours GLOBE Weather. Bien que GLOBE Weather réitère les concepts disciplinaires faisant partie du MS-ESS2-4 (cycle de l'eau), il est utile pour les élèves d'avoir fourni le rendement attendu avant de passer à GLOBE Weather. Une partie du rendement attendu en science physique, en particulier celui lié à la DCI PS1.A (Structure et propriétés de la matière) au niveau de la cinquième année et du secondaire I à III sera également pertinente au moment d'enseigner le programme GLOBE Weather. En effet, les élèves pourront mettre à profit leurs connaissances sur la façon dont les molécules et l'air avec ses différentes propriétés interagissent. De plus, tout au long de l'unité, portez attention aux concepts que les élèves ont déjà appris au cours des années précédentes.

MS-ESS2-4. Concevoir un modèle pour décrire le cycle de l'eau dans les systèmes de la Terre en fonction de l'énergie du soleil et la force de gravité.

- ESS2.C. L'eau circule continuellement entre la terre, l'océan et l'atmosphère par la transpiration, l'évaporation, la condensation, la cristallisation et les précipitations.

5-PS1-1. Concevoir un modèle pour décrire que la matière est faite de particules trop petites pour être vues.

- PS1.A. Peu importe sa nature, la matière peut être subdivisée en particules trop petites pour être vues, mais même dans ce cas la matière existe toujours et peut être détectée par d'autres moyens. Un modèle montrant que les gaz sont faits de particules de matière trop petites pour être perçues et qui se déplacent librement dans l'espace, peut expliquer de nombreuses observations, notamment le gonflement et la forme d'un ballon et les effets de l'air sur des particules ou des objets plus gros.

3-ESS2-1. Représenter les données dans des tableaux et des affichages graphiques afin de décrire les conditions météorologiques typiques attendues pendant une saison déterminée.

- ESS2.D. Les scientifiques enregistrent les tendances des conditions météorologiques à divers moments et dans diverses zones afin de pouvoir prédire le temps qu'il fera par la suite.

MS-PS1-4. Concevoir un modèle qui prédit et décrit les changements dans le mouvement des particules, la température et l'état d'une substance pure lorsque qu'une énergie thermique est fournie ou supprimée.

- PS1.A. Les gaz et les liquides sont constitués de molécules ou d'atomes inertes qui se déplacent les uns par rapport aux autres.
- PS1.A. Les changements d'état qui surviennent lors de variations de température ou de pression peuvent être décrits et prédits à l'aide de ces modèles de matière.
- PS3.A. La température n'est pas une mesure directe de l'énergie thermique totale d'un système. L'énergie thermique totale d'un système dépend à la fois de la température, du nombre total d'atomes dans le système et de l'état du matériau.

MS-PS1-2. Analyser et interpréter les données sur les propriétés des substances avant et après qu'elles interagissent afin de déterminer si une réaction chimique a eu lieu.

- PS1.A. Structure et propriétés de la matière : Chaque substance pure possède des propriétés physiques et chimiques caractéristiques (pour toute quantité dans des conditions données) qui peuvent être utilisées pour l'identifier.

GÉOGRAPHIE

Les élèves exploreront les données météorologiques sur les cartes de GLOBE Weather. À l'échelle régionale, ils étudieront les fronts météorologiques au-dessus de la partie continentale des États-Unis. À l'échelle mondiale, ils étudieront comment les températures varient selon la latitude et la façon dont les tempêtes se déplacent dans le monde. Ainsi, il est important d'avoir une connaissance de base des cartes et des clés, ainsi que des concepts tels que la latitude, les pôles, l'équateur et les points cardinaux (nord, sud, est, ouest). Les élèves peuvent avoir besoin d'aide pour comprendre la différence entre une vue cartographique et une vue transversale.

Norme nationale en géographie 1. Comment utiliser les cartes et autres représentations géographiques, les technologies géospatiales et la pensée spatiale pour comprendre et communiquer les informations.

GLOBE Weather : Leçon par leçon

	Leçon et question (estimation du temps)	Ce que les élèves font	Ce que les élèves apprennent
SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE 1 : DU NUAGE À LA TEMPÊTE	<p>LEÇON 1</p> <p>Leçon 1 : Une tempête inattendue</p> <p><i>Que savons-nous des tempêtes?</i></p> <p>(100 MIN.)</p>	<p>Les élèves regardent une vidéo sur des chutes de pluie extrême et décrivent ce qui s'est passé pendant la tempête.</p> <p>Les élèves se remémorent des expériences vécues lors de différents types de tempêtes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Des événements météorologiques extrêmes comme la tempête du Colorado ont un impact sur notre vie et nos communautés. Les tempêtes font partie du cycle de l'eau.
	<p>LEÇON 2</p> <p>Leçon 2 : Observer le ciel</p> <p><i>Qu'est-ce qui cause la formation de tempêtes?</i></p> <p>(50 MIN. PLUS DU TEMPS POUR OBSERVER LE CIEL)</p>	<p>Les élèves font des observations météorologiques à partir de vidéos en accéléré de journées ensoleillées et de journées orageuses.</p> <p> Les élèves observent des nuages à l'aide de l'application GLOBE.</p>	<ul style="list-style-type: none"> La vapeur d'eau s'élève dans le ciel par évaporation. L'eau s'évapore lorsqu'elle est chauffée par le soleil. Les nuages se forment lorsque l'eau se condense.
	<p>LEÇON 3</p> <p>Leçon 3 : Indices sur la température</p> <p><i>Comment la température est-elle liée à la formation de nuages?</i></p> <p>(90 MIN.)</p>	<p>Les élèves recueillent des données sur la température de l'air à différentes altitudes dans la troposphère à l'aide du <i>ballon-sonde virtuel</i> interactif.</p> <p>Les élèves analysent les données sur la température recueillies à la Westview Middle School, Longmont, CO.</p> <p> Facultatif : Collecte et analyse des données de température GLOBE.</p>	<ul style="list-style-type: none"> La température de l'air est plus chaude près de la surface de la Terre et plus froide à mesure que l'on monte dans la troposphère. Lors d'une journée ensoleillée, la lumière du soleil réchauffe le sol qui, à son tour, réchauffe l'air en contact avec lui. Les nuages s'accumulent généralement l'après-midi, une fois que l'énergie du soleil a réchauffé la surface du sol, ce qui a réchauffé l'air au-dessus.

SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE 1 : DU NUAGE À LA TEMPÊTE

4
LEÇON

**Leçon 4 :
Carburant pour les
tempêtes**

*Quelle est la différence
entre une journée chaude
et ensoleillée et une journée
chaude et orageuse?*

(80 MIN.)



Les élèves
comparent les
données
météorologiques
recueillies dans une école
du réseau GLOBE sur une
journée ensoleillée et sur
une journée orageuse.

Les élèves créent et testent
des modèles de conditions
d'une journée ensoleillée
et de conditions d'une
journée orageuse.



Extension :
Recueillir les
données relatives
sur l'humidité et
les précipitations
conformément aux
protocoles GLOBE afin
de suivre la météo.

- Pour qu'il y ait une tempête, il faut de l'humidité.
- La vapeur d'eau se retrouve dans l'air en raison de l'évaporation de l'eau de l'océan, des lacs, des rivières, et de l'humidité dans le sol.
- Les jours où l'humidité est faible, ce n'est pas suffisant pour déclencher une tempête.

5
LEÇON

**Leçon 5 :
L'air en déplacement**

*Comment l'air se déplace-
t-il et change-t-il lorsqu'une
tempête se forme?*

(100 MIN.)

Les élèves vérifient
comment l'air chaud
monte et l'air froid
descend à l'aide d'un
ballon-sonde en mylar et
d'un sèche-cheveux.

Les élèves créent un
modèle graphique pour
expliquer comment une
tempête isolée s'annonce.

- Lorsque l'air se réchauffe, les molécules se dispersent. L'air devient moins dense et se déplace vers le haut.
- Lorsque l'air à la surface de la Terre est réchauffé par le Soleil, il monte.
- Plus haut dans l'atmosphère, l'air chaud refroidit et la vapeur d'eau à l'intérieur se condense, formant des nuages et éventuellement une petite tempête qu'on appelle tempête isolée.
- Lorsque l'air refroidit, les molécules se rapprochent. L'air devient plus dense et descend vers la surface de la Terre.
- Le mouvement de l'air qui monte et qui descend s'appelle convection.

6
LEÇON

**Leçon 6 :
Créer un orage**

*Pouvons-nous définir les
meilleures conditions pour
les tempêtes?*

(50 MIN.)

Les élèves testent les
conditions de température
et d'humidité qui
favorisent la formation
d'une tempête à l'aide
des modèles interactifs
et graphiques en ligne
Créer un orage développés
pendant la séquence
d'apprentissage 1.

- La possibilité qu'une tempête isolée ait lieu et son ampleur sont déterminées par les changements de température ou d'humidité relative.
- Une forte tempête isolée est plus susceptible de se produire quand les températures sont chaudes proches du sol et beaucoup plus froides en altitude et quand le taux d'humidité est élevé.

LEÇON 7

**Leçon 7 :
Un autre type de tempête**

Quels autres types de tempêtes s'accompagnent de précipitations?

(30 MIN.)

Les élèves font des observations météorologiques à partir d'une vidéo en accéléré d'une tempête accompagnée d'un front froid.

Les élèves analysent une prévision météo pour une semaine alors qu'un front froid s'est abattu à un certain endroit.

- Une tempête accompagnée d'un front froid dure plus longtemps qu'une tempête isolée, et on note un changement radical dans la température et l'humidité de l'air avant et après la tempête.

LEÇON 8

**Leçon 8 :
Météo avant, pendant et après le passage d'un front froid**

Comment l'air change-t-il avant, pendant et après le passage d'un front froid?

(50 MIN.)



Les élèves analysent les données sur la température, l'humidité et le vent recueillies par une école du réseau GLOBE avant, pendant et après le passage d'un front froid.

- Avant le passage d'un front froid, l'air est plus chaud et son taux d'humidité est plus élevé.
- Au cours d'un front froid, la température baisse et il pleut.
- Après le passage d'un front froid, les températures sont plus froides et l'air est moins humide.

LEÇON 9

**Leçon 9 :
Tempêtes et précipitations le long d'un front**

Qu'est-ce qui cause des précipitations le long d'un front froid?

(100 MIN.)

Les élèves font des observations et dessinent un modèle de ce qui se produit dans un réservoir de mesure de densité lorsque de l'eau chaude (simulant une masse d'air chaud) et de l'eau froide (simulant une masse d'air froid) se rencontrent, afin de comprendre ce qui se produit lors d'un front froid.

Les élèves créent une carte des données sur la température et les précipitations et déterminent l'emplacement des masses d'air froid et chaud et le front entre elles.

- Lorsqu'une masse d'air froid se déplace dans une masse d'air chaud, l'air chaud est poussé vers le haut.
- L'air chaud refroidit lorsqu'il est poussé vers le haut, ce qui provoque une condensation de la vapeur d'eau, et il peut y avoir des précipitations.

SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE 2 : UN FRONT SE DIRIGE VERS VOUS

LEÇON 10

**Leçon 10 :
Front en déplacement**

Qu'est-ce qui cause le déplacement des fronts?

(100 MIN.)



Les élèves explorent la pression de l'air et la manière dont l'air qui descend dans les zones de haute pression s'évase au niveau du sol. En analysant une carte des données sur la pression atmosphérique dans le MidWest, les élèves déterminent la direction dans laquelle le front se déplace.



En analysant les données sur la pression de l'air recueillies par une école du réseau GLOBE, les élèves expliquent comment la pression de l'air est liée aux fronts froids.



Extension : Recueillir des données sur la pression barométrique conformément aux protocoles GLOBE.

- Les zones de haute pression se trouvent généralement derrière un front froid, poussant ainsi la masse d'air froid dans la masse d'air chaud.
- La pression de l'air est plus basse lorsque l'air monte sur le front.
- Après le passage d'un front froid dans une région, la pression monte, la température se refroidit et l'air est moins humide.

LEÇON 11

**Leçon 11 :
Examen plus approfondi
des systèmes
dépressionnaires**

Qu'est-ce qui pourrait bloquer un front?

(75 MIN.)

Regardez à nouveau une vidéo de l'inondation qui a eu lieu en 2013, à Boulder, Colorado.

Examinez les données de la tempête qui a eu lieu à Boulder, CO, en septembre 2013.

- Les précipitations totales ont été élevées parce que la tempête au Colorado était stationnaire, ce qui a causé des pluies abondantes au même endroit.
- La tempête n'a pas bougé parce qu'elle était entourée de zones de haute pression.
- La tempête était surchargée d'humidité car un système dépressionnaire avait apporté de la vapeur d'eau à la fois du golfe du Mexique et de l'océan Pacifique.

<p>LEÇON 12 Leçon 12 : Tempêtes en déplacement</p> <p><i>Comment les tempêtes se déplacent-elles dans le monde?</i></p> <p>(50 MIN.)</p>	<p>Les élèves font des observations sur des vidéos satellites en accéléré montrant le déplacement d'une tempête.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Il existe un schéma prévisible de déplacement d'une tempête qui est en corrélation avec la latitude. • En Amérique du Nord et dans d'autres régions de latitude moyenne, les tempêtes se déplacent généralement de l'ouest vers l'est.
<p>LEÇON 13 Leçon 13 : Réchauffement</p> <p><i>Pourquoi fait-il plus chaud à l'équateur qu'à d'autres endroits sur Terre?</i></p> <p>(90 MIN.)</p>	 <p>Les élèves recherchent pourquoi il fait plus chaud près de l'équateur qu'à proximité des pôles en interprétant les données de GLOBE sur la température à différentes latitudes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Le soleil frappe directement l'équateur, en concentrant la lumière dans une zone plus petite qu'à des latitudes plus élevées. • Les rayons solaires plus concentrés élèvent plus la température de l'air à proximité de l'équateur qu'à des latitudes plus élevées.
<p>LEÇON 14 Leçon 14 : Déplacement de l'air sous les tropiques</p> <p><i>Comment et pourquoi l'air se déplace-t-il sous les tropiques?</i></p> <p>(90 MIN.)</p>	<p>Les élèves se servent d'un modèle pour étudier comment l'air se déplace dans la convection à grande échelle de l'équateur jusqu'aux latitudes 30° au nord et au sud de l'équateur. Ils appliquent ce qu'ils ont appris sur la convection à petite échelle à une échelle plus grande afin de comprendre où les nuages sont susceptibles de se former et ils conçoivent un modèle de convection globale.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La convection se produit sur une grande échelle à mesure que l'air chaud monte au niveau de l'équateur, refroidit, puis redescend aux latitudes 30° N et 30° S. • La pression est basse au niveau de l'équateur parce que l'air chaud monte. • Comme l'air monte, il se forme souvent des nuages à l'équateur. • La pression est plus élevée aux latitudes 30° N et 30° S, là où l'air descend. • Comme l'air descend, le ciel est souvent dégagé aux latitudes aux latitudes 30° N et 30° S. • Le mouvement des masses d'air ascendantes et descendantes pousse l'air se trouvant à la surface de la Terre sous les tropiques vers l'équateur.
<p>LEÇON 15 Leçon 15 : Une balle courbe</p> <p><i>Lorsque l'air et les tempêtes se déplacent, pourquoi suivent-ils une trajectoire courbe?</i></p> <p>(55 MIN.)</p>	<p>Les élèves découvrent que leur modèle de convection n'explique pas le schéma selon lequel les tempêtes se déplacent tel qu'observé à la leçon 12. Après avoir pris connaissance de l'effet Coriolis, ils se servent d'un modèle simple pour simuler la manière dont la rotation de la Terre change la direction des vents dominants sous les tropiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bien que l'on s'attende à ce que l'air se déplace directement vers l'équateur sous les tropiques, sa trajectoire est en réalité incurvée en raison de la rotation de la Terre, de sorte que, dans l'hémisphère nord, l'air tropical se déplace du nord-est vers le sud-ouest plutôt que du nord au sud. • Aux latitudes moyennes, l'air se déplace principalement de l'ouest vers l'est en raison de la rotation de la Terre.

<p>TÂCHE FINALE : Défi 1</p> <p>Défi 1 : Tempête en Californie</p> <p>(50 MIN.)</p>	<p>À l'aide de ce qu'ils ont appris dans GLOBE Weather, les élèves expliquent les schémas de précipitations et la direction d'une tempête hivernale qui s'est abattue sur la côte ouest des États-Unis le 21 février 2017.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comme la température de l'air diminue avec l'altitude dans la troposphère (SA1), la tempête peut laisser de la neige à des altitudes élevées et de la pluie à des altitudes moins élevées dans la Sierra Nevada. • L'humidité de la tempête provient probablement d'une évaporation de l'océan Pacifique (SA1). • Comme les tempêtes se déplacent généralement de l'ouest vers l'est aux latitudes moyennes, en raison des vents dominants (SA3), cette tempête traverse les États-Unis.
<p>TÂCHE FINALE : Défi 2</p> <p>Défi 2 : Où est la neige?</p> <p>(50 MIN.)</p>	<p>Les élèves analysent les cartes des données sur la chute de neige et l'humidité dans les montagnes Rocheuses et le Sud-Ouest pour le 23 février 2017.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La neige est tombée près de la zone de basse pression à l'extrémité nord du front froid (SA2). • Le taux d'humidité était faible à l'extrémité sud du front froid, ce qui explique pourquoi il n'y a pas eu de précipitations (SA1).
<p>TÂCHE FINALE : Défi 3</p> <p>Défi 3 : Nous vous avertissons</p> <p>(50 MIN.)</p>	<p>Y aura-t-il un jour de neige? Les élèves estiment quels endroits du Midwest recevront probablement suffisamment de neige, lors de la tempête hivernale, pour devoir fermer pour la journée.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pour mieux prévoir où la chute de neige sera la plus importante, le 24 février, il faut prendre en compte les endroits où il a neigé le long du front le 23 février (SA2). • Les prévisions, veilles et alertes météo, ainsi que la capacité de la collectivité à faire face à la neige et à la glace, sont les facteurs qui influent sur les fermetures d'écoles.

Connexion au programme GLOBE

L'essentiel du financement du programme GLOBE et de GLOBE Weather provient de la NASA (National Aeronautics and Space Administration). L'objectif de GLOBE Weather est 1) de produire des ressources pour répondre aux besoins nationaux en science, de la maternelle à la fin du secondaire, et 2) d'initier des enseignants et des élèves au programme GLOBE. Lors de leur examen du Programme GLOBE, en juin 2016, les membres d'un conseil d'administration ont recommandé ce qui suit, ce qui a mené à la création de GLOBE Weather :

« À l'heure actuelle, l'enseignement des STIM (sciences, technologie, ingénierie et mathématiques) aux États-Unis est contraint de changer : de nouvelles normes telles que les normes scientifiques de nouvelle génération, les tronc communs et les initiatives gouvernementales, accroissent la visibilité et l'importance de la recherche scientifique, de la Terre et des géosciences, ainsi que de la science citoyenne en salles de classe de la maternelle à la 12^e année dans les 50 États et d'autres juridictions américaines. GLOBE pourrait jouer un rôle vital dans ces changements... Le GIO [GLOBE Implementation Office] devrait élaborer des stratégies pour de nouvelles initiatives afin d'accroître l'usage et l'impact de GLOBE aux États-Unis... afin de concevoir et de tester du matériel innovant pour l'enseignement et le perfectionnement professionnel. »



Faire des observations sur la nébulosité en se servant du Protocole d'observation des nuages GLOBE (Avec l'aimable autorisation de Susan Oltman)

Les professeurs et les élèves peuvent s'initier au programme GLOBE grâce aux ressources (c.-à-d. les protocoles scientifiques et les données scientifiques) qui ont été développées au cours de plus de 20 ans d'existence du programme et qui sont intégrées dans l'unité. GLOBE Weather offre des possibilités et des opportunités pour les professeurs intéressés par cette nouvelle façon d'enseigner la météorologie, régie par le rendement attendu que l'on retrouve dans les normes scientifiques de nouvelle génération (Next Generation Science Standards, NGSS Lead States, 2013).

COLLECTE DE DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES À L'AIDE DES PROTOCOLES GLOBE

Dans l'unité elle-même, les élèves ont l'occasion implicite d'utiliser les protocoles scientifiques de GLOBE (c.-à-d. la température de l'air, la température de surface, les nuages et les précipitations) pour recueillir des données environnementales qui les aideront à mieux comprendre les concepts fondamentaux (par ex., comment le rayonnement solaire influe sur la température de la surface de la Terre et de l'air près du sol; comment la forme des nuages peut indiquer le type de temps). L'usage des protocoles GLOBE permettra aux élèves de recueillir des données authentiques sur leur environnement local et les aidera à mieux comprendre des concepts liés aux nuages et aux schémas de température de l'air, tout en encourageant le recours à des instruments pour collecter la température de l'air et de la surface. Cela correspond en tous points au document *Planning and Carrying Out Investigations/Science and Engineering Practices* des NGSS.

Les protocoles scientifiques liés au programme de formation GLOBE Weather sont accessibles dans la section Atmosphère du site Web du programme GLOBE : globe.gov/do-globe/globe-teachers-guide/atmosphere

ANALYSE DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES GLOBE

Les études sur les données de GLOBE permettront aux élèves de mieux comprendre « la manière dont les mouvements et les interactions complexes des masses d'air entraînent des changements dans les conditions météorologiques » et la façon de « concevoir et d'utiliser un modèle pour décrire comment le réchauffement inégal et la rotation de la Terre entraînent des schémas de circulation atmosphérique et océanique qui déterminent les climats régionaux » (tiré du Rendement attendu des NGSS MS-ESS2-5 et MS-ESS2-6). En familiarisant directement les élèves avec le matériel de GLOBE Weather, les enseignants se servent des ressources GLOBE dans leurs classes, ce qui profite aux apprenants.

PROJETS DE RECHERCHE DES ÉLÈVES

Il y a également des liens explicites à l'intention des enseignants pour donner à leurs élèves plus d'occasions de faire des enquêtes. Pour chaque séquence d'apprentissage, nous avons créé des Connexions GLOBE qui comprennent des idées sur la façon d'utiliser les leçons comme point de départ pour la recherche et l'exploration de l'environnement à l'aide des protocoles GLOBE ou de l'outil de visualisation GLOBE, ou en se connectant aux écoles GLOBE du monde entier. Les connexions GLOBE sont disponibles sur le site GLOBE Weather (globeweathercurriculum.org).

- Dans la séquence d'apprentissage 1 (Du nuage à la tempête), la connexion GLOBE *De l'observation à l'enquête* amène les élèves à se servir des observations et données qu'ils ont recueillies à l'aide de protocoles scientifiques pour formuler des questions vérifiables en vue d'enquêtes indépendantes ou en petits groupes.
- Dans la séquence d'apprentissage 2 (Un front se dirige vers vous), les élèves analysent les données GLOBE de la Freedom High School en Virginie afin de mieux comprendre le mouvement d'un front froid et les tempêtes qui y sont associées. Dans la connexion GLOBE *Trouver l'école Freedom*, les élèves se servent de l'outil de visualisation GLOBE pour trouver les données de la Freedom High School, puis pour rechercher d'autres données sur la température, l'humidité et la pression qui pourraient indiquer le passage d'un front froid dans une autre région des États-Unis.
- Dans la séquence d'apprentissage 3 (Systèmes météorologiques dans le monde), la connexion GLOBE *Écoles GLOBE dans le monde entier* informe les élèves sur la communauté internationale qui rend GLOBE si unique. Les élèves ont l'occasion d'interagir avec des élèves des écoles du réseau GLOBE pour discuter de la question : « Y a-t-il des schémas réguliers de déplacement des tempêtes dans d'autres régions du monde? »



Élèves mesurant la température de surface à l'aide d'un thermomètre IR (avec l'aimable autorisation de Susan Oltman)



Orages (Avec l'aimable autorisation de Carlye Calvin)

Ces enquêtes pourraient faire partie de projets de recherche des élèves pour les salons scientifiques locaux ou pour soumission au GLOBE Student Research Symposium de la région (globe.gov/science-symposium), IVSS (GLOBE International Virtual Science Symposium) annuel (GLOBE, 2019), ou bien pour publication dans le répertoire de recherche étudiant sur le site de GLOBE. Dans le cadre de l'IVSS, on invite les élèves à chercher des moyens d'améliorer leur environnement à l'échelon local.

Comme décrit ci-dessus, il existe de nombreuses façons pour les enseignants et les élèves de participer davantage au programme GLOBE et, du même coup, d'améliorer leur apprentissage au secondaire. Le programme a des effets positifs dans la vie des gens et profite à l'environnement.

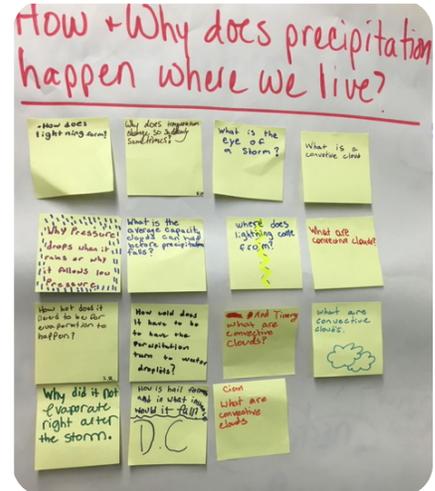
Routines pédagogiques GLOBE Weather

Dans l'ensemble de l'unité GLOBE Weather, vous remarquerez quelques routines pédagogiques utilisées pour appuyer l'enseignement scientifique axé sur les normes scientifiques de nouvelle génération. Ces routines étayent une grande partie du travail déductif auquel vos élèves vont prendre part alors qu'ils se poseront des questions et étudieront les phénomènes pour les comprendre.

LE TABLEAU DES QUESTIONS DIRECTRICES

Dans le cadre de l'approche par scénario de GLOBE Weather, les élèves préparent des questions pour définir ce qu'ils doivent apprendre sur les tempêtes et la météo. Ils documentent leurs questions sur un tableau qui servira à générer, suivre et revoir leurs questions concernant les phénomènes météorologiques qu'ils explorent. Le tableau des questions directrices est une représentation visuelle des questions générées par la classe et est affiché dans la salle de cours pendant l'unité. Un tableau des questions directrices peut être constitué de notes adhésives ou de bandes de phrases écrites sur un tableau blanc ou il peut s'agir d'applications logicielles partagées.

Le tableau des questions directrices est présenté au début de l'unité, puis réétudié régulièrement. Il sert à stimuler la curiosité des élèves sur les phénomènes et à documenter les progrès qu'ils font dans la compréhension des phénomènes sous étude. Il est important que les élèves comprennent qu'il y aura plus de questions sur le tableau des questions directrices que de réponses pouvant être apportées dans l'unité d'apprentissage.



Exemple de Tableau de questions directrices de GLOBE Weather (Avec l'aimable autorisation de Denise Magrini)

Pour préparer un version papier du Tableau des questions directrices :

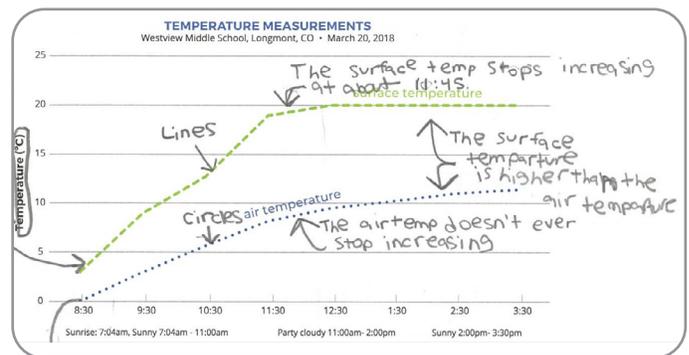
- Écrivez une question sur une affiche ou un tableau de papier (voir les exemples de questions dans le tableau à la page 16).
- Faites suffisamment d'espace dans la salle de classe pour faciliter l'accès des élèves au tableau des questions directrices.
- Fournissez des notes adhésives et des marqueurs que les élèves utiliseront pour consigner leurs questions.

ANALYSE DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

La stratégie de recherche de sens Identification et Interprétation (I²), développée par BSCS [Biological Science Curriculum Study], est un moyen d'aider les élèves qui ont besoin de soutien pour interpréter des données graphiques. Dans GLOBE Weather, la stratégie de recherche de sens I², est intégrée dans les fiches d'activités d'analyse de données pour aider les élèves à établir des liens entre les données météorologiques graphiques et leurs idées sur la science météorologique.

La stratégie de recherche de sens I² explicite les graphiques en les décomposant en parties plus petites.

1. Les élèves font des observations sur les données. Ils dessinent une flèche vers chaque observation, puis écrivent un énoncé de type « Ce que je vois » pour la décrire.
2. Les élèves écrivent un énoncé « Ce que cela signifie » pour chaque énoncé « Ce que je vois » de l'étude. Souvent, un énoncé « Ce que cela signifie » pourrait être plus précisément appelé « Ce que je pense que cela signifie ». Encouragez les élèves à écrire ces énoncés pour refléter ce qu'ils pensent que les données montrent, même s'ils n'en sont pas totalement certains.
3. Les élèves créent une légende pour le graphique qui résume les informations et documente ce qu'ils ont appris.



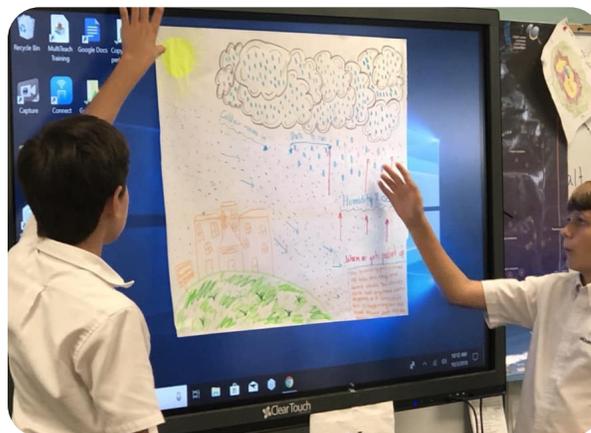
Exemple d'analyse des données d'un élève.

Lorsque vous employez cette stratégie pour la première fois, montrez-la aux élèves en remplissant une Stratégie de recherche de sens I² sur un graphique devant la classe tout en décrivant votre processus de réflexion. Les élèves peuvent avoir besoin d'aide pour comprendre ce qu'ils doivent rechercher sur un graphique. Aidez les élèves à affiner leurs observations afin qu'ils se concentrent sur les parties des données qui peuvent les aider à répondre à la question sur laquelle ils enquêtent.

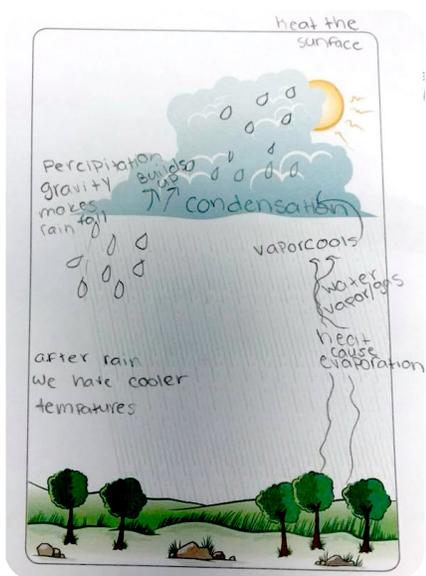
MODÈLES DÉVELOPPÉS PAR LES ÉLÈVES

Un modèle est une représentation abstraite d'un phénomène, qui sert d'outil pour expliquer comment ou pourquoi quelque chose dans le monde fonctionne comme il le fait (McNeill, Katsh-Singer, & Pelletier, 2015; National Research Council, 2013). Les modèles scientifiques sont des outils de déduction qui nous aident à prédire et à expliquer le monde, tandis que les modèles d'ingénierie servent à analyser, tester et concevoir des solutions (Passmore, Schwarz, & Mankowski, 2017). En général, les modèles peuvent être représentés sous forme de diagrammes, d'objets en 3D, de représentations mathématiques, d'analogies ou de simulations informatiques (National Research Council, 2013).

La conception de modèles constitue la principale activité de GLOBE Weather. Les élèves améliorent leur compréhension conceptuelle de la science en créant et en réévaluant des modèles pour expliquer les phénomènes météorologiques. Dans GLOBE Weather, les élèves conçoivent des modèles pour soutenir leur propre sens de la déduction et parvenir à mieux exprimer visuellement leurs idées sur les processus atmosphériques. Les modèles que les élèves conçoivent dans l'ensemble de l'unité peuvent servir à suivre les progrès de l'apprentissage au fil du temps. Vous trouverez ci-dessous les descriptions des trois types de modèles que les élèves auront à concevoir dans GLOBE Weather :



Des élèves travaillent ensemble pour créer des modèles de consensus dans GLOBE Weather. (Avec l'aimable autorisation de Susan Oltman)



Exemple de modèle de travail d'un élève de GLOBE Weather. (Avec l'aimable autorisation de Susan Oltman)

- Modèles de travail :** Dans chaque séquence d'apprentissage, les élèves réalisent des modèles de travail pour expliquer les aspects du phénomène étudié. Les modèles de travail servent à consigner les réflexions initiales des élèves, leurs nouvelles idées ou des idées révisées, soit une activité dite 'écrire pour apprendre'. Les modèles de travail peuvent être proposés individuellement ou en petits groupes, puis utilisés comme moyen de partager des idées avec la classe. Les modèles de travail sont comme des pièces d'un puzzle plus grand que l'on assemble lorsque la classe produit un Modèle de consensus.
- Idées modèles et Suivi des idées modèles :** Périodiquement au sein de l'unité, les élèves font le point sur de nouvelles idées modèles : des règles qui régissent le fonctionnement des conditions météorologiques, qu'ils déterminent au moyen d'une enquête. Les idées modèles que l'ensemble de la classe accepte sont documentées dans le suivi des idées modèles, soit une feuille de tableau papier affichée dans la classe et à laquelle les élèves peuvent facilement faire référence.
- Modèles de consensus :** À chaque séquence d'apprentissage, les élèves préparent collectivement un modèle de consensus en s'inspirant des idées modèles du suivi des idées modèles et des modèles de travail où ils ont déjà noté leur propre explication du phénomène étudié lors de la séquence d'apprentissage. Le modèle de consensus est une représentation visuelle qui, de l'avis des élèves, les aidera à expliquer le phénomène étudié lors de la séquence d'apprentissage. Les élèves ont des occasions de tester chaque modèle de consensus, de cerner ses limites et d'y ajouter de nouvelles idées.

Les modèles que les élèves conçoivent sont utiles pour expliquer ce qui se passe dans le système; cependant, comme tous les modèles, ils seront imparfaits en cela qu'ils simplifieront certains aspects de la science atmosphérique. L'atmosphère est plus complexe et chaotique que les élèves ne le décriront dans leurs modèles, pourtant ces modèles représenteront les principaux facteurs qui influent sur les conditions météorologiques, tels que les changements de température et d'humidité.

Comment les phénomènes sont liés aux questions des élèves et aux échantillons d'idées modèles pour chaque séquence d'apprentissage GLOBE Weather

	Séquence d'apprentissage 1 : Du nuage à la tempête	Séquence d'apprentissage 2 : Un front se dirige vers vous	Séquence d'apprentissage 3 : Systèmes météorologiques dans le monde
Phénomène à l'étude	Les nuages peuvent s'amonceler pendant une journée et se transformer en tempête isolée.	Les tempêtes se forment lorsque différentes masses d'air sont en contact sur les fronts. Sur un front froid, une masse d'air froid se glisse sous une masse d'air chaud.	Les précipitations se déplacent d'est en ouest près de l'équateur.
Question des élèves	<i>Qu'est-ce qui cause une tempête isolée?</i>	<i>Quels autres types de tempêtes s'accompagnent de précipitations?</i>	<i>Pourquoi les tempêtes se déplacent-elles selon des schémas prévisibles dans le monde?</i>
Échantillons d'idées modèles	<ul style="list-style-type: none"> • L'évaporation de l'eau de la surface de la Terre contribue largement à la formation des nuages/tempêtes. • L'évaporation se produit en raison du réchauffement de la surface par la lumière du soleil. • Les nuages se forment lorsque l'eau se condense. • La surface est plus chaude que l'air au-dessus. • L'air près du sol est plus chaud que l'air près de l'endroit où les nuages se forment. • Une hausse de la température et de l'humidité est favorable à une tempête isolée. • Une température croissante et une faible humidité ne sont pas favorables à une tempête isolée. • La présence d'une source d'humidité est importante pour que l'eau monte dans l'atmosphère et que l'orage s'annonce. • L'air chaud monte et l'air plus froid descend. • L'air chaud peut contenir plus de vapeur d'eau que l'air frais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lorsque l'air froid rencontre de l'air chaud, l'air froid glisse sous l'air chaud. L'air chaud monte dans l'atmosphère. • Les masses d'air peuvent avoir des températures et des quantités d'humidité différentes. • Si une masse d'air humide et chaud est poussée vers le haut, de la vapeur d'eau se condensera en nuages, ce qui peut entraîner des précipitations. • Une zone de haute pression se trouve généralement derrière un front froid. • Une zone de basse pression est généralement située à l'avant/ l'extrémité nord d'un front froid (dans l'hémisphère nord). • Après le passage d'un front froid, on note une augmentation de la pression associée à un air descendant plus froid et moins humide. • Juste avant et pendant la tempête, on note une baisse de la pression associée à un air chaud ascendant et des précipitations. • L'air passe d'une zone de haute pression à une zone de basse pression. <p>Idées modèles propres à la tempête de 2013 au Colorado :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trois zones de haute pression ont piégé le front qui est demeuré stationnaire. • La zone de basse pression ne bougeait pas non plus et ne cessait d'attirer de l'humidité en provenance du golfe du Mexique et de l'océan Pacifique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lorsque l'air chaud s'élève à l'équateur, il crée une zone de basse pression. • La lumière solaire (rayonnement solaire) est plus concentrée au niveau de l'équateur car elle brille directement sur l'équateur, ce qui la concentre dans une zone plus petite. • La lumière solaire (rayonnement solaire) est plus étendue vers les pôles, car elle frappe la surface en oblique, ce qui répartit la lumière sur une zone plus grande. • La quantité de rayonnement solaire concentré influence les températures de l'air; des rayons solaires plus concentrés augmentent les températures de l'air, et les radiations solaires qui sont davantage réparties abaissent les températures. • Des grandes poches d'air chaud montent à proximité de l'équateur, et des poches d'air frais descendent aux latitudes à 30° N et 30° S. • L'air plus frais se déplace le long de la surface de la Terre vers la zone de basse pression pour remplacer l'air chaud ascendant. • Le mouvement horizontal de l'air le long de la surface de la Terre est le vent, qui provoque le déplacement des précipitations.

Fournitures dont vous aurez besoin

Vous trouverez ci-dessous un aperçu des fournitures dont vous aurez besoin pour mettre en place le programme GLOBE Weather dans votre classe. Une liste détaillée de fournitures comprenant des quantités est fournie avec les instructions pour chaque leçon.

TECHNOLOGIE

- Vidéos sur la météo diffusées en ligne et projetées pour la classe (les adresses URL des vidéos sont indiquées dans les instructions de la leçon.)
- Ordinateurs ou tablettes pour les élèves
- Tablettes ou téléphones intelligents (facultatifs)
- Appli *Guide pratique UCAR d'identification des nuages* (facultative)
- Appli mobile *GLOBE Observateur* sur tablettes ou téléphones intelligents (facultative)

FOURNITURES POUR LE TABLEAU DES QUESTIONS DIRECTRICES, LE SUIVI DES IDÉES MODÈLES ET LES MODÈLES DE CONSENSUS

- Papier millimétré
- Notes adhésives
- Marqueurs

DOCUMENTS

- Feuilles d'activités de l'élève pour chaque leçon
- Évaluations pour chaque séquence d'apprentissage
- Évaluation finale de GLOBE Weather

ACTIVITÉS PRATIQUES ET FOURNITURES DE DÉMONSTRATION

- Ballons en latex
- Lentilles
- Marqueurs
- Crayons de couleur
- Guides ou applications d'identification de nuages
- Lampe et ampoule incandescente de 100 watts (par ex. lampe à pince)
- Bouteilles de soda en plastique transparent
- Thermomètres
- Entonnoir
- Sable ou terre
- Eau
- Bouchons en caoutchouc
- Ballon en mylar rempli d'hélium
- Sèche-cheveux

- Paille
- Réservoir de densité avec diviseur et vaseline
- Bouilloire électrique ou autres moyens de chauffer de l'eau
- Glaçons
- Colorant alimentaire rouge et bleu
- Globe gonflable
- Presse-papiers
- Règles
- Lampes de poche
- Papier millimétré
- Bac en plastique transparent
- Pipettes
- Gobelets robustes, par exemple des tasses en céramique
- Cartes de température et de latitude (imprimées à partir de la séquence d'apprentissage 3)
- Tablettes ou téléphones intelligents pour prendre des photos, des vidéos en accéléré et des vidéos au ralenti (facultatif)

PROTOCOLES GLOBE

(Remarque : tous facultatifs, sauf le protocole sur les nuages.)

- Nuages
 - Diagramme de nuages et de traînées de condensation
- Température de l'air
 - Thermomètre min/max
 - Thermomètre d'étalonnage
 - Abri d'instrument
- Température de surface
 - Thermomètre infrarouge
- Humidité relative
 - Hygromètre numérique ou psychromètre à fronde
- Pression barométrique
 - Baromètre anéroïde
 - Altimètre
- Précipitation
 - Pluviomètre

(Des détails sur l'équipement spécifique requis pour les protocoles GLOBE sont disponibles sur : globe.gov/do-globe/research-resources/globe-equipment/atmosphere)

S'y retrouver dans le programme GLOBE Weather

Les icônes que l'on retrouve dans le guide du professeur soulignent les caractéristiques du programme, les opportunités d'approfondir la compréhension des élèves, les connexions alphabétisation, les évaluations et la manière dont GLOBE Weather s'harmonise aux normes scientifiques de nouvelle génération (NGSS). Lorsque vous voyez l'une de ces icônes, réfléchissez à l'aide dont vos élèves pourraient avoir besoin et à la manière dont vous pourriez modifier les instructions afin de répondre à ces besoins.

ICÔNES DE L'ENSEIGNANT



Concepts fondamentaux disciplinaires : signale les endroits où vous amenez les élèves à comprendre les concepts de base ou précisez les concepts qu'ils ont compris. Étant donné que de nombreuses activités portent sur la conception d'idées fondamentales, cette icône indique les concepts fondamentaux qui peuvent nécessiter une attention supplémentaire.



Concepts transversaux : signale le concept spécifique sur lequel les élèves travaillent et fournit des conseils supplémentaires.



Pratiques scientifiques et d'ingénierie : attire l'attention sur les pratiques spécifiques que les élèves adoptent et fournit des conseils supplémentaires sur la manière de faciliter la participation des élèves à cette pratique.



Lien vers le scénario : au début, au milieu et à la fin de chaque leçon, souligne comment guider les élèves afin de maintenir la cohérence de l'histoire dans laquelle chaque activité a un objectif et est connectée à ce qui s'est passé avant et à ce qui va se passer ensuite.



Déduction NGSS : décrit la recherche de sens tridimensionnelle que les élèves appliquent et précise les pratiques auxquelles les élèves ont recours pour comprendre des concepts fondamentaux et transversaux spécifiques.



Apprentissage à domicile : présente des suggestions pour d'éventuels travaux à faire à la maison.



Connexion alphabétisation : signale les activités qui soutiennent l'alphabétisation, telles que la lecture de texte explicatif.



Connexion GLOBE : indique les moments où les élèves collectent ou analysent les données de GLOBE.



Approfondir : présente des suggestions sur la façon d'amener les élèves à approfondir un sujet si le temps le permet.



Évaluation : indique des occasions d'évaluer la compréhension des élèves tout au long du programme.

ICÔNES DE L'ÉLÈVE

Les icônes suivantes se retrouvent sur les feuilles d'activités de l'élève et indiquent le type d'activité sur lequel les élèves travaillent.



Ce que je vois (WIS)



Ce que cela signifie (WIM)



Télécharger fichier/application



Lire une vidéo



Travailler seul



Travailler en groupe



Arrêter et réfléchir



Arrêter et agir

Ressources d'évaluation GLOBE Weather

PRÉ-ÉVALUATION INTÉGRÉE

La leçon 1 de GLOBE Weather comprend deux pré-évaluations intégrées qui peuvent vous éclairer sur le raisonnement des élèves et leurs connaissances préalables sur la connexion entre le cycle de l'eau et la météo. Dans la leçon 1, les élèves sont invités à réfléchir, écrire et dessiner pour expliquer ce qu'ils savent sur le cycle de l'eau, la formation de tempêtes et ce qui s'est passé dans l'exemple de la tempête qui s'est abattue au Colorado.

Dans leurs réponses écrites, recherchez :

- les mots et les termes scientifiques qu'ils utilisent (par ex. évaporation, précipitation et condensation) ou l'expression de ces idées sans utiliser les termes.
- si leur histoire se concentre principalement sur le déplacement de l'eau ou s'ils ajoutent des détails comme la lumière du soleil, la chaleur, la température ou d'autres références à l'énergie.

Dans leur dessin, recherchez :

- les processus que les élèves incluent dans leurs schémas (par ex. évaporation, condensation, précipitation).
- s'ils représentent des molécules d'eau ou l'eau à une échelle plus grande.
- s'ils incluent la lumière du soleil, la chaleur ou l'énergie comme mécanismes de déplacement de l'eau.

ÉVALUATION FORMATIVE

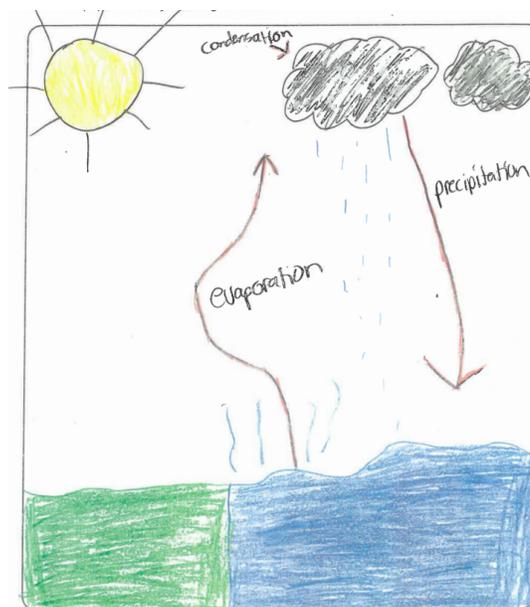
Chaque leçon offre diverses possibilités d'évaluation formative qui correspondent à certaines parties des feuilles d'activités de l'élève et à des discussions en classe sur les modèles conçus par les élèves et sur les preuves au soutien de ces modèles. Dans chaque séquence d'apprentissage, l'évaluation formative comprend la question d'orientation de la leçon, une description des occasions d'évaluer les élèves en fonction des instructions de l'enseignant, ainsi que des suggestions de billets de sortie (voir les pages 2 à 6 de l'évaluation).

ÉVALUATIONS SOMMATIVES DES SÉQUENCES D'APPRENTISSAGE

Chaque séquence d'apprentissage comprend une évaluation sommative correspondante. Il s'agit de questions ouvertes qui invitent les élèves à appliquer leurs connaissances des concepts fondamentaux disciplinaires et des concepts transversaux et à s'intéresser aux pratiques scientifiques (analyse et modélisation des données). Les clés de réponses interprétatives vous permettent de comprendre ce que les élèves ont appris et de relever les réflexions productives et les idées incomplètes ou inexactes.

ÉVALUATION FINALE

L'évaluation finale est un test de dix questions ouvertes portant sur les concepts scientifiques fondamentaux appris dans l'unité ainsi que sur les pratiques scientifiques NGSS d'analyse et d'interprétation des données et de modélisation. L'évaluation invite également les élèves à partager ce qu'ils savent sur les concepts transversaux NGSS sur les schémas et sur les causes et effets. L'évaluation finale devrait être administrée après la tâche finale.



Échantillon de dessin d'un élève avant l'évaluation de la leçon 1

Références

Bybee, R.W., et coll. (2006) *The BSCS 5E Instructional model: Origins and Effectiveness*, a Report Prepared for the Institute of Science Education, National Institutes of Health, téléchargé depuis : bscs.org/sites/default/files/legacy/BSCS_5E_Instruction_Model-Full_Report.pdf

GLOBE (2019) *GLOBE International Virtual Science Symposium*, téléchargé depuis : globe.gov/news-events/globe-events/virtual-conferences

McNeill, K. L., Katsh-Singer, R., & Pelletier, P. (2015). Assessing science practices: Moving your class along a continuum. *Science Scope*, 39(4), 21-28.

National Research Council. (2013). *Next Generation Science Standards : For States, By States*. Washington, DC : The National Academies Press. .

Passmore, C., Schwarz, C., & Mankowski, J. (2017). Developing and Using Models. Dans C. Schwarz, C. Passmore, et B. Reiser (Eds.), *Helping Students Make Sense of the World Using Next Generation Science and Engineering Practices*. Arlington, Virginie : NSTA Press.



Parapluies (Avec l'aimable autorisation de Carlye Calvin)

GUIDE DU PROFESSEUR



LEÇON PILIER

Une tempête inattendue

Que savons-nous des tempêtes?



Le phénomène qui sert de pilier pour l'unité est une tempête qui a eu lieu au Colorado et qui a causé des inondations généralisées en septembre 2013. Comme cette tempête était accompagnée de précipitations exceptionnellement abondantes, on l'a qualifiée de tempête du millénaire (ce qui signifie que la probabilité qu'une telle tempête se produise dans la région est d'une sur mille). Les élèves réfléchissent à ce qu'ils savent déjà sur les conditions météorologiques qui auraient pu causer la tempête au Colorado et élargissent leurs connaissances à d'autres types de tempêtes. Cela leur donne l'occasion d'échanger ce qu'ils savent déjà sur les tempêtes qu'ils ont vécues et peut servir de pont entre les éléments scientifiques qu'ils sont sur le point d'apprendre et leurs expériences dans leur propre communauté. Les élèves définissent une série de questions à étudier dans cette unité afin de mieux comprendre la tempête du Colorado et d'autres types de tempêtes en réponse à la question directrice : qu'est-ce qui cause différents types de tempêtes?

IDÉES SCIENTIFIQUES

La météo influence nos vies et les communautés dans lesquelles nous vivons. De nombreux facteurs influent sur la manière dont les tempêtes se développent et sur la quantité de précipitations qui les accompagnent.

LEÇON **1**

UNE TEMPÊTE INATTENDUE

Que savons-nous des tempêtes?

LEÇON PILIER

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(100 minutes)	
<p>Présenter le phénomène qui sert de pilier Les élèves regardent une vidéo montrant une tempête accompagnée de précipitations extrêmes et ses répercussions sur une communauté.</p>	<p>Leçon 1 : Feuille d'activités de l'élève </p> <p>Vidéo/images de l'inondation au Colorado</p>
<p>Miser sur les connaissances et expériences antérieures Les élèves font part de leurs idées initiales sur la cause des fortes précipitations et sur l'origine de cette grande quantité d'eau. La discussion s'élargit aux expériences des élèves concernant les tempêtes et les précipitations, en particulier au sein de leur communauté.</p>	
<p>Modéliser une tempête en formation Les élèves illustrent ce qu'ils savent sur la formation d'une tempête à l'aide d'un modèle schématique. Ils comparent leurs représentations à celles de leurs camarades de classe, tout en recherchant des similitudes et des différences. Les élèves se penchent sur les parties de leurs modèles qui sont différentes ou incomplètes.</p>	
<p>Tableau des questions directrices Les élèves prennent connaissance de la question directrice : « Qu'est-ce qui cause différents types de tempêtes? » Les élèves préparent leurs propres questions liées à la question directrice. Les questions sont notées en classe et font office de mission commune pour en savoir plus sur les tempêtes et les précipitations.</p>	<p>Tableau blanc, tableau intelligent ou papier millimétré et marqueurs (pour préparer le Tableau des questions directrices)</p> <p>Notes adhésives (ou manière comparable d'afficher des questions des élèves)</p>

LEÇON
1

UNE TEMPÊTE INATTENDUE

Que savons-nous des tempêtes?

LEÇON PILIER

Recherche de sens des NGSS

La leçon pilier est séquencée pour encourager les élèves à tirer parti de leurs expériences antérieures et de leurs connaissances sur les tempêtes et le cycle de l'eau. Avant cette unité, les élèves devraient avoir étudié le cycle de l'eau (MS-ESS2-4). Les élèves recourent à leurs expériences et à leurs connaissances pour commencer à expliquer les causes des tempêtes. À ce stade de la leçon, on n'attend pas des élèves qu'ils aient des idées correctes ou concrètes sur le phénomène qui sert de pilier (tempête du Colorado). Grâce au partage de leurs idées initiales et à l'élargissement aux phénomènes liés, les élèves reconnaissent qu'ils connaissent certaines « choses » sur les tempêtes, mais qu'ils ont également des questions sur celle qui a eu lieu au Colorado et sur les tempêtes en général. L'incertitude sur ce qui se passe dans une tempête motive les élèves à poser des questions. La classe s'engage dans une mission conjointe pour en apprendre davantage sur les causes de formation des tempêtes, la raison pour laquelle certaines d'entre elles s'accompagnent de précipitations, comme la tempête du Colorado, et sur les types de tempêtes et de schémas de circulation mondiaux qui touchent généralement leur communauté.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- L'eau circule continuellement entre la terre, l'océan et l'atmosphère par l'évaporation, la condensation et les précipitations. À l'échelle mondiale, la circulation de l'eau et ses changements sont causés par la lumière du Soleil.
- Poser des questions qui peuvent être étudiées en classe et à l'extérieur.

Marche à suivre du professeur

Présenter le phénomène qui sert de pilier



1. **Présenter la nouvelle unité sur les systèmes météorologiques.** Les élèves devraient avoir une compréhension préalable du cycle de l'eau et de son rôle dans la formation des systèmes météorologiques. Cette leçon s'appuiera sur cette compréhension. *(Il peut être utile de revoir le cycle de l'eau avec les élèves à l'aide d'un diagramme qu'ils connaissent.)* Votre présentation doit prendre en compte le fait que vos élèves sont dans leur apprentissage du cycle de l'eau et des systèmes météorologiques.

Voici un exemple de présentation :

« Les intempéries peuvent mettre la vie et les biens des personnes en danger. Si nous pouvions prédire quand les intempéries sont susceptibles de se produire, nous pourrions aider les personnes à mieux s'y préparer. Dans cette unité, nous allons explorer où, quand et pourquoi les tempêtes se forment et comment nous pouvons prédire leurs répercussions sur les communautés, en particulier en cas de fortes chutes de pluie ou de neige. »

2. **Regarder la vidéo sur la tempête du Colorado.** Avant de montrer la vidéo, demandez aux élèves de réfléchir aux différentes façons dont les communautés sont touchées par les précipitations ou par un manque de précipitations. Aidez les élèves à relever quelques-unes des façons dont nos communautés dépendent entièrement des précipitations. Montrez ensuite la vidéo.



ÉTUDE DE CAS : INONDATIONS AU COLORADO

En septembre 2013, une tempête a stagné sur la région de Boulder, au Colorado, entraînant des pluies torrentielles pendant une semaine et causant des inondations dévastatrices.

Vidéo : <https://scied.ucar.edu/boulder-colorado-flood-how-citys-resilience-strategy-saved-it>

Images avant/après : <https://scied.ucar.edu/boulder-floods>

La vidéo dure 6 minutes et 48 secondes et constitue une étude de cas. Pour cette leçon, concentrez-vous sur la première partie de la vidéo (jusqu'à 2:08). Si vous souhaitez montrer une plus grande partie de la vidéo, les codes temporels et de pause suivants sont fournis :

0:00 à 2:08—Introduction aux inondations de 2013 au Colorado et aux inondations qui ont eu lieu auparavant dans cette même zone. On peut voir certains effets.

2:09 à 4:11—Les considérations techniques liées à la gestion des inondations futures basées sur les expériences passées sont traitées.

4:12—Fin de la vidéo sur les inondations de 2013 et la résilience communautaire.

6:13—Mention d'une cause.

LEÇON
1

ÉTAPE 1

3. **Discuter des idées des élèves sur les causes de la tempête.** Demandez aux élèves d'aller à la *Leçon 1 : Feuille d'activités de l'élève*. Après avoir regardé la vidéo, demandez-leur d'écrire leurs idées dans la *Leçon 1 : Étape 1*. Laissez les élèves s'exprimer sur ce qu'ils ont entendu à propos des causes de précipitations dans la vidéo (p. ex., tempête qui se déplace lentement, quantité inhabituelle de vapeur d'eau dans l'air) ou leurs propres idées sur ce qui a causé ces abondantes précipitations. Lorsqu'ils expriment une idée, demandez à voix haute : « *Est-ce une cause de la tempête ou un effet de la tempête?* »

Suggestions de questions pour une discussion :

- *D'où est venue toute l'humidité sur le Colorado?*
- *Qu'est-ce qui a dû se produire pour que l'humidité se transforme en pluie?*
- *Notre communauté a-t-elle connu trop ou trop peu de précipitations auparavant?*

Remarque : Rappelez aux élèves de se concentrer sur les facteurs qui ont causé l'orage et non sur l'inondation.

Miser sur les connaissances et expériences antérieures

LEÇON
1

ÉTAPE 2

1. **Élargir la discussion aux autres tempêtes et précipitations.** Demandez aux élèves de se mettre en petits groupes pour discuter de leurs expériences de tempêtes et de précipitations dans la *Leçon 1 : Étape 2*. Cela peut inclure les effets de tempêtes tels que des inondations, des dommages aux structures ou une coupure d'électricité, ainsi que des questions de sécurité comme éviter la foudre ou les inondations. C'est une excellente occasion d'intégrer, dans votre discussion, toute expérience avec une tempête locale récente ou significative dont vos élèves peuvent se souvenir.
2. **Centrer la discussion sur le cycle de l'eau et les précipitations.** Les élèves pourront relater diverses expériences différentes dans le cadre d'une discussion élargie. À mesure qu'ils s'expriment, misez sur ce qu'ils savent au sujet des processus du cycle de l'eau. Profitez de l'occasion pour noter les idées importantes sur lesquelles les élèves semblent être d'accord. Ces idées seront utiles pour l'activité de modélisation de l'étape suivante.

Suggestions de questions :

- *Comment les tempêtes commencent-elles?*
 - *Qu'est-ce qui doit se produire pour que la pluie ou la neige commence à tomber?*
 - *Pourquoi les précipitations sont-elles plus abondantes à certains endroits qu'à d'autres?*
 - *D'où l'eau provient-elle avant de tomber sous forme de pluie ou de neige?*
3. **Noter si les élèves ont des idées fausses sur une partie spécifique du cycle de l'eau.** Par exemple, les élèves pourraient croire à tort que les nuages sont faits de vapeur d'eau plutôt que d'eau liquide. Le fait d'aborder les idées fausses maintenant aidera vos élèves à progresser dans les leçons.



Cause-effet

Demandez aux élèves de se concentrer sur les causes des précipitations. Ils peuvent également discuter de l'effet des précipitations sur les communautés. Un tableau des causes et effets peut être utile pour structurer cette discussion.



Le cycle de l'eau

Misez sur ce que les élèves savent au sujet des processus du cycle de l'eau qui entraînent des précipitations (ESS2.C).

Modéliser la formation d'une tempête

LEÇON
1

ÉTAPE 3

1. **Encourager les élèves à dessiner un modèle initial.** Leur modèle dans la *Leçon 1 : Étape 3* doit réunir les éléments qui, selon eux, ont conduit à la quantité inhabituelle de précipitations dans la région de Boulder, au Colorado. Dites aux élèves de dessiner et d'étiqueter tout ce qu'ils savent sur la formation des tempêtes, notamment quand et où, et qui peut les aider à expliquer la tempête du Colorado. S'ils ne sont pas encore familiers avec le dessin de modèles graphiques, décrivez sommairement l'activité à faire en expliquant que leur illustration est un modèle parce qu'elle représente les processus qui se déroulent sur la Terre. Ce type de développement de modèle constitue une caractéristique distinctive de GLOBE Weather.

LEÇON
1

ÉTAPE 4

2. **Comparer les modèles initiaux des élèves.** Les élèves décrivent leurs modèles et les comparent en petits groupes. Demandez aux élèves de comparer les similitudes et les différences entre la manière dont chaque membre du groupe a représenté la tempête dans la *Leçon 1 : Étape 4*. Ensuite, les groupes résumant leurs remarques et interrogations à propos de leurs modèles devant la classe. Parallèlement, soutenez la discussion en procédant comme suit :
 - Dites comment les modèles vous amènent à vous demander ce qui se passe lors de la tempête : « *C'est vraiment intéressant, car on exprime toutes ces idées différentes sur la manière dont cela pourrait fonctionner. Cela m'incite à poser plein de questions. Toutes ces idées auxquelles je n'avais pas vraiment réfléchi auparavant éveillent ma curiosité.* »
 - Soulignez les caractéristiques/mécanismes communs aux élèves pour tous les modèles, tels que les nuages, le vent, l'air, les précipitations et les différences de température. Pensez à noter ces caractéristiques communes dans un espace accessible à toute la classe.
3. **Définir la mission de la classe.** Une fois que les élèves ont exposé leurs modèles, dites-leur qu'il faudra une étude plus approfondie pour mieux comprendre la cause de la formation d'une tempête : « *Nous devrions essayer de comprendre comment tous ces éléments s'assemblent pour causer une tempête.* »

Tableau des questions directrices

LEÇON
1

ÉTAPE 5

1. **Inviter les élèves à considérer le Tableau des questions directrices.** Dans un espace accessible à toute la classe (physique ou numérique), faites participer les élèves au Tableau des questions directrices. Il peut s'agir d'un tableau d'affichage, d'une feuille de papier kraft ou de papier millimétré affiché sur le mur, ou bien d'une feuille de papier projetée sur un visualiseur. On peut se servir d'un tableau numérique, mais l'objectif du Tableau des questions directrices est de présenter les questions des élèves en classe. Par conséquent, le Tableau des questions directrices doit être visible pour les élèves durant toute l'unité. C'est là qu'ils affichent leurs questions et où ils reviennent pour y répondre tout au long de l'unité. La question directrice de l'unité doit être écrite en haut du Tableau des questions directrices : « *Qu'est-ce qui cause différents types de tempêtes?* »
2. **Demander aux élèves d'écrire et d'échanger des questions.** Expliquez aux élèves qu'à la fin de l'unité, ils devraient pouvoir répondre à la question directrice, mais également avoir leurs propres questions. Demandez-leur d'écrire leurs propres questions relatives à la question directrice et au phénomène qui sert de pilier au bas de leur feuille d'activité dans la *Leçon 1 : Étape 5*. Demandez-leur ensuite de faire part de ces questions initiales en petits groupes afin de les peaufiner avant de les afficher sur le Tableau des questions directrices.
3. **Afficher les questions des élèves sur le Tableau des questions directrices.** Distribuez des notes adhésives (ou un outil comparable) aux groupes d'élèves et demandez-leur d'y noter leurs questions. Demandez aux élèves ou aux groupes d'élèves d'échanger leurs questions avec la classe. Au fur et à mesure que les groupes d'élèves proposent leurs questions, demandez-leur de les afficher sur le Tableau des questions directrices. (Remarque : si vous choisissez une option numérique, préparez-vous à projeter le tableau numérique pour toute la classe à présent et à y revenir tout au long de l'unité.)



Concevoir un modèle

Les représentations visuelles, telles que les modèles graphiques et les cartes conceptuelles, constituent un moyen de représenter des relations importantes dans un système.



Poser des questions

Les élèves préparent des questions (travail collaboratif) à étudier durant toute l'unité afin de mieux comprendre le phénomène des tempêtes et des précipitations abondantes.



Lien vers le scénario

Réfléchir aux études et données utiles peut servir de pont pour passer à l'analyse des données dans la leçon suivante.

4. **Organiser les questions sur le Tableau des questions directrices.** Lorsque vous remarquez que des schémas ressortent des questions des élèves, aidez-les à organiser les questions autour de thèmes similaires.
5. **Inciter les élèves à réfléchir aux données ou informations dont ils ont besoin pour répondre à leurs questions.** Une fois que les élèves ont soumis leurs questions, invitez-les à se concentrer sur : « *Quel type de données pourrions-nous analyser ou quelles études pourrions-nous faire dans notre classe pour nous aider à répondre à nos questions?* » Demandez aux élèves de prendre un moment pour y réfléchir, puis notez leurs idées sur une feuille de papier millimétré ou dans une zone désignée du tableau blanc et/ou près du Tableau des questions directrices (p. ex., « *nous avons besoin de vidéos sur les tempêtes et les nuages, nous avons besoin de rapports météorologiques et de données, nous devons peut-être faire certaines expériences avec de l'eau* »).

GUIDE DU PROFESSEUR

SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE 1

S'ENGAGER

LEÇON 2

Observer le ciel

EXPLORER

LEÇON 3

Indices sur la température

LEÇON 4

Carburant pour les tempêtes

EXPLIQUER

LEÇON 5

L'air en déplacement

ÉLABORER

LEÇON 6

Créer un orage

Du nuage à la tempête

Qu'est-ce qui cause une tempête isolée?



Les précipitations sont un phénomène qui fait partie de nos vies. Chaque matin, lorsque le Soleil pointe à l'horizon, la lumière que nous recevons commence une chaîne de réactions qui conduit souvent à la formation de nuages tout au long de la journée. Si les conditions sont favorables, les nuages se transforment en orages. Dans cette séquence d'apprentissage, les élèves commencent leurs investigations sur les tempêtes et les précipitations en examinant de près les tempêtes convectives à petite échelle qui se produisent dans une masse d'air. Ces tempêtes convectives à petite échelle servent de phénomène à l'étude pour cette séquence d'apprentissage. Ces tempêtes sont appelées « tempêtes isolées » ou « orages d'après-midi » car elles se produisent souvent l'après-midi. Dans cette séquence d'apprentissage, nous utilisons le terme « tempêtes isolées » parce qu'elles ne se produisent pas toujours l'après-midi, et nous nous concentrons sur leur formation plutôt que sur leur emplacement dans les masses d'air (puisque les élèves étudieront les masses d'air dans la deuxième séquence d'apprentissage). Les orages isolés sont généralement de courte durée et de petite échelle. Ces tempêtes peuvent causer des phénomènes météorologiques dangereux, comme la foudre et les petites tornades. Elles peuvent également s'accompagner de précipitations, ce qui peut constituer une trêve appréciée lors de chaleurs estivales. Dans cette séquence d'apprentissage, les élèves découvrent les facteurs importants liés à la formation d'une tempête isolée, comme le différentiel de température entre la surface et les nuages et l'existence de sources d'humidité. Les élèves apprennent également le processus de convection comme mécanisme de levage qui déplace l'air chaud et humide verticalement, permettant ainsi aux nuages d'orage de se former.

IDÉES SCIENTIFIQUES

La lumière du Soleil chauffe la surface de la Terre et fait s'évaporer l'eau dans un endroit donné. À mesure que la température de surface augmente, la température de l'air augmente également. Les hausses de température près de la surface associées à l'augmentation de l'humidité due à l'évaporation de l'eau créent des conditions favorables à la formation de tempêtes. L'air chaud, qui peut contenir plus d'eau, monte dans l'atmosphère. Lorsqu'il se refroidit, l'air ne peut plus contenir autant d'humidité. Les températures fraîches favorisent la condensation et les précipitations.

Contenu scientifique

COMMENT LES NUAGES SE FORMENT-ILS?

Les nuages sont faits de petites gouttelettes d'eau ou de cristaux de glace en fonction de la température de l'air. Ces gouttelettes d'eau et ces cristaux de glace se forment à partir de la vapeur d'eau. L'eau dans l'atmosphère peut être solide (glace et neige), liquide (pluie) ou présente sous forme de gaz (vapeur d'eau). Ces trois phases varient en fonction de la température et de la pression atmosphérique. La vapeur d'eau se retrouve dans l'air principalement par évaporation d'eau liquide à la surface de l'océan, des lacs et des rivières. L'air frais soumis à moins de pression peut évaporer moins de vapeur d'eau que l'air chaud soumis à une pression plus élevée.

Les variations de température et de pression atmosphérique permettent aux nuages de se former. Par exemple, tandis que la température et l'humidité augmentent tout au long de la journée, les cumulus peuvent se former, entraînant des tempêtes d'après-midi isolées, le phénomène principal que les élèves étudient dans cette séquence d'apprentissage. La surface de la Terre est chauffée par le Soleil, ce qui chauffe l'air se trouvant au-dessus. L'air chaud commence à monter car, lorsqu'il est chaud, il est plus léger et moins dense que l'air autour de lui. À mesure qu'il monte, sa pression et sa température diminuent, ce qui fait que la vapeur d'eau se transforme en petites gouttelettes d'eau ou en cristaux de glace. Il est plus facile pour la vapeur d'eau de se condenser en gouttelettes d'eau quand elle a une particule à partir de laquelle se condenser. Ces particules, appelées noyaux de condensation, peuvent être de la poussière, du pollen ou de la pollution atmosphérique en suspension dans l'atmosphère. Finalement, suffisamment de vapeur d'eau se condense à partir des noyaux de condensation pour former un nuage.



Pour plus d'informations sur le cycle de l'eau :

- <https://scied.ucar.edu/shortcontent/water-cycle>

LA PRESSION ET LA TEMPÉRATURE DIMINUENT AVEC L'ALTITUDE DANS LA TROPOSPHÈRE, PERMETTANT AINSI AUX NUAGES DE SE FORMER.

Dans la première partie de la leçon 3, les élèves étudient la variation de température de 0 à 12 km dans l'atmosphère à l'aide de la simulation du ballon-sonde virtuel. Cependant, ils peuvent voir d'autres schémas dans les données s'ils choisissent de faire basculer la température et la pression ou s'ils obtiennent des données recueillies au-delà de 12 km.

La troposphère est la couche la plus basse de l'atmosphère. Elle se trouve entre le niveau du sol et environ 10 km (33 000 pieds) au-dessus du niveau de la mer en moyenne. Nous vivons dans la troposphère, et presque tous les systèmes météorologiques ont lieu dans cette couche la plus basse. Presque tous les nuages sont dans la troposphère, ainsi que 99 % de la vapeur d'eau dans l'atmosphère. La simulation du ballon-sonde virtuel en ligne illustre la manière dont la température de l'air et la pression atmosphérique changent avec l'altitude. Ce programme utilise l'activité du ballon-sonde virtuel pour se concentrer sur la troposphère. Les ballons-sonde météorologiques qui transportent les instruments sont une des manières dont les scientifiques disposent pour découvrir ce qui se passe dans le ciel et mieux comprendre, notamment, ce qui se passe là où les nuages se forment.

L'énergie solaire qui pénètre dans le système terrestre est principalement absorbée par le sol, puis libérée sous forme de chaleur dans les longueurs d'onde de l'infrarouge. La pression atmosphérique et la température diminuent à mesure que l'on monte dans la troposphère. La pression atmosphérique, qui est une mesure du poids des molécules au-dessus de nous, diminue avec l'altitude car les molécules d'air se trouvant plus haut dans l'atmosphère ont moins de molécules au-dessus d'elles, donc moins de poids. Une pression atmosphérique plus basse permet aux molécules d'air plus élevées de s'éloigner les unes des autres, ce qui entraîne une chute de la température de l'air.



Pour plus d'informations, consultez les pages suivantes :

- <https://scied.ucar.edu/webweather/weather-ingredients/change-atmosphere-altitude>
- <https://scied.ucar.edu/virtual-ballooning>
- <https://scied.ucar.edu/shortcontent/troposphere-overview>

IL EXISTE DE NOMBREUX TYPES DE NUAGES.

En observant les nuages et en identifiant les types de nuages, nous pouvons en apprendre davantage sur la température, l'humidité et les conditions du vent à différentes altitudes de l'atmosphère, ce qui permet de prévoir la météo. Les nuages peuvent indiquer que l'air humide se déplace vers le haut. Cela peut entraîner des précipitations. Cependant, de nombreux types de nuages ne provoquent pas de précipitations. La Carte d'identification de la nébulosité de GLOBE ci-dessous indique les types de nuages et l'altitude (basse, moyenne, haute) à laquelle on peut les trouver. Les observations des nuages nous aident également à savoir la quantité de lumière qui atteint le sol et la facilité avec laquelle la chaleur du sol et de la basse atmosphère peut s'échapper dans l'espace. Les nuages jouent un rôle central dans le contrôle de l'échange de chaleur dans l'atmosphère et les changements dans les nuages, au fil du temps, peuvent avoir d'importants effets climatiques, certains types de nuages piégeant la chaleur dans l'atmosphère et d'autres empêchant l'énergie solaire d'arriver jusqu'à la Terre.

Carte d'Identification de Nuages



HAUTE



Courte Durée



Persistante



Persistante et Répandue

Trainées de condensation

MOYENNE



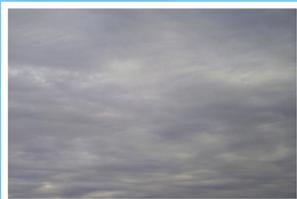
Cirrostratus



Cirrus



Cirrocumulus



Altostratus



Altostratus



Altostratus

Les nuages sont classés par hauteur et forme.

Stratus	Cumulus
Ressemble à un drap ou une couverture.	Ressemble au coton ou au chou-fleur.

Les nuages stratocumulus ressemblent à une couverture bosselée.

BASSE



Brouillard/Stratus



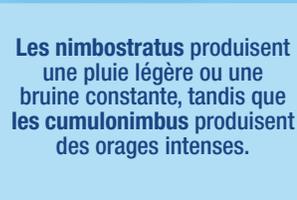
Stratocumulus



Cumulus



Nimbostratus



Les nimbostratus produisent une pluie légère ou une bruine constante, tandis que les cumulonimbus produisent des orages intenses.



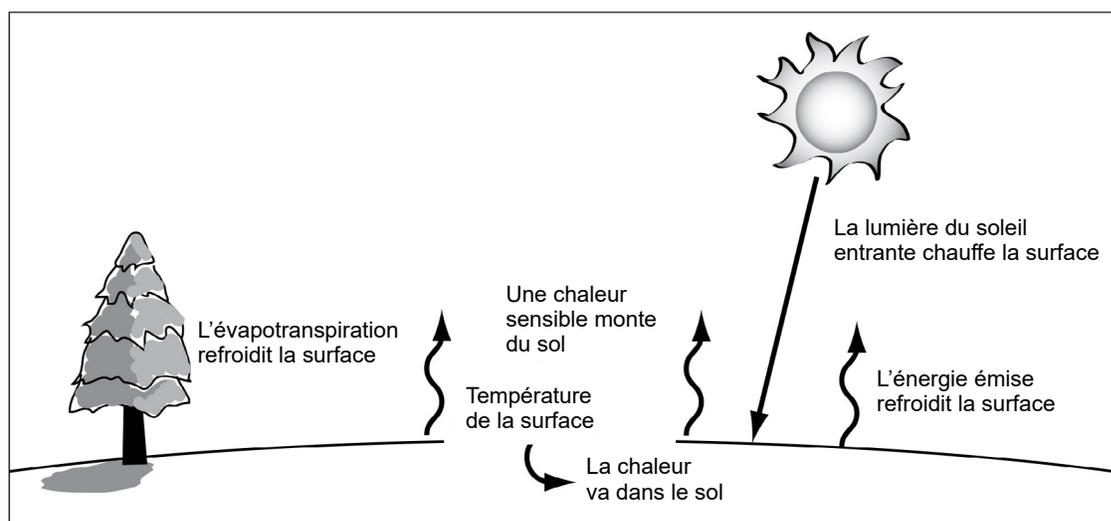
Cumulonimbus

Pluie ou neige

Les types de nuages que l'on voit dans le ciel dépendent des systèmes météorologiques dans la zone concernée. Certains nuages se forment uniquement par beau temps, tandis que d'autres amènent des averses de pluie ou des orages. Des types de nuages spécifiques peuvent indiquer une tendance météorologique. Les nuages convectifs associés aux orages et aux précipitations comprennent les cumulus et cumulonimbus. Par exemple, aux latitudes moyennes, avant le passage d'un front froid, on peut observer des cirrus puis des cumulonimbus lorsque le front froid passe.

LA CHALEUR DU SOLEIL DÉCLENCHE UN PROCESSUS DE CONVECTION DANS L'ATMOSPHÈRE.

L'énergie solaire favorise le réchauffement de la surface de la Terre et l'évapotranspiration, comme indiqué dans l'image ci-dessous. Le rayonnement solaire entrant est influencé par la couverture nuageuse, le type de nuages et l'albédo (réflectance) de la surface de la Terre. Globalement, environ la moitié de tout le rayonnement solaire entrant est absorbé par la surface terrestre et les océans. Les surfaces qui absorbent la lumière du Soleil se réchauffent. L'air au-dessus de la surface de la Terre est réchauffé par une chaleur sensible. En outre, alors que l'évaporation est le passage de l'eau à l'état gazeux, provenant de différentes sources, comme les plans d'eau, l'évapotranspiration est la somme de l'évaporation et de la transpiration provenant des plantes.



Répartition de l'énergie solaire par rapport à la température de surface de la Terre. Source : Lecture du protocole de GLOBE sur la température de surface (avec l'aimable autorisation de GLOBE).

De nombreux matériaux différents couvrent la surface de la Terre, tels que le sol, les pierres, l'eau, les forêts, la neige et le sable. Les matériaux comme ceux-ci ont des façons différentes de traiter l'énergie solaire qui arrive sur notre planète, ce qui influence la température de surface. Pendant l'activité du thermomètre infrarouge dans cette séquence d'apprentissage, les élèves observent de plus près les températures de surface et si celles-ci varient en fonction de la couverture terrestre. La quantité d'énergie reflétée par une surface est appelée albédo. Les surfaces sombres, telles que l'asphalte, le béton ou la végétation, ont un faible albédo et reflètent une faible quantité de l'énergie solaire qui arrive sur elles, et ont donc des températures de surface plus élevées. En revanche, les surfaces claires, comme la neige, la glace, l'eau et le sol nu, reflètent presque toute l'énergie solaire qui arrive sur elles, ce qui entraîne des températures de surface plus basses.



Pour plus d'informations, consultez les pages suivantes :

- https://www.globe.gov/documents/10157/380996/atmo_chap_fr.pdf
- <https://scied.ucar.edu/longcontent/energy-budget>

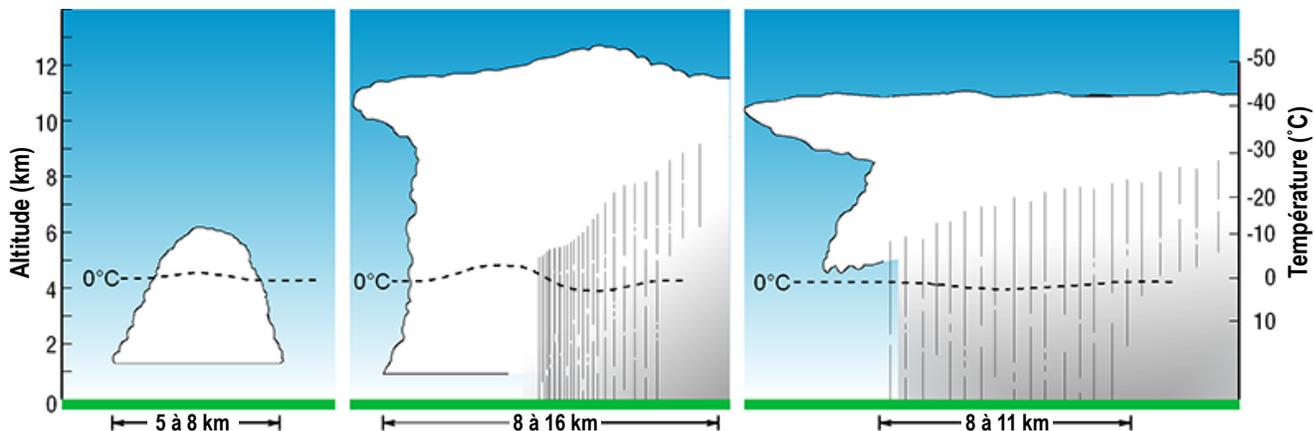
LA CONVECTION DANS L'ATMOSPHÈRE CAUSE DES TEMPÊTES ISOLÉES.

L'air près du sol, réchauffé par la surface de la Terre, monte parce qu'il est moins dense. Cet air refroidit et s'étend au fur et à mesure qu'il monte et peut provoquer la formation de cumulus. Lorsque la vapeur d'eau se condense, la chaleur (chaleur latente/énergie) est libérée. Cette énergie peut aider à la formation d'un orage par convection, le transfert d'énergie et de masse en mouvement dans un liquide ou un gaz. Dans l'atmosphère, la convection fait généralement référence au déplacement vertical de l'air. L'air froid descend des niveaux supérieurs de l'atmosphère.

Le processus de convection est le mécanisme principal entraînant la formation de cumulus. Les météorologues utilisent habituellement la convection pour désigner le mouvement ascendant appelé courants ascendants et le mouvement descendant connu sous le nom de courants descendants. La convection forme des nuages quand la chaleur est transférée dans l'air lorsque l'air chaud monte jusqu'au niveau de condensation. Les orages supercellulaires se produisent lorsque des courants ascendants très forts sont équilibrés par des courants descendants, ce qui permet aux cumulonimbus de la tempête de persister pendant de nombreuses heures. Les trois principaux stades de formation des orages sont le stade du développement (cumulus), le stade de la maturité et le stade de la dissipation. Les stades du développement et de la maturité constituent le point central du phénomène que les élèves étudient dans cette séquence d'apprentissage. Les courants ascendants se produisent au stade du développement, tandis qu'il y a à la fois des courants ascendants et descendants au stade de la maturité (croissance maximale) de l'orage.



Pour plus d'informations, consultez la page suivante : <https://scied.ucar.edu/shortcontent/how-thunderstorms-form>



Trois stades d'un orage (avec l'aimable autorisation de la NOAA).

LES PRÉCIPITATIONS DÉPENDENT DE LA VAPEUR D'EAU PRÉSENTE DANS L'ATMOSPHÈRE.

S'il y a suffisamment d'humidité (vapeur d'eau) dans l'air, les nuages peuvent se former et des précipitations sont possibles. La vapeur d'eau pénètre dans l'air par évaporation, transpiration et respiration.

L'humidité relative (HR) correspond au pourcentage de vapeur d'eau dans l'air par rapport à la quantité maximale de vapeur d'eau que l'air peut contenir. Elle est mesurée à l'aide d'un hygromètre numérique ou d'un psychromètre à fronde. Lorsque l'air est saturé de vapeur d'eau, l'humidité relative est de 100 %. Comme l'air froid possède moins d'énergie, l'eau est moins susceptible de s'évaporer, de sorte qu'il peut contenir moins de vapeur d'eau que l'air chaud. L'air chaud a plus d'énergie et, par conséquent, peut évaporer plus d'eau et ainsi contenir plus d'eau. La même quantité de vapeur d'eau peut causer une humidité relative de 100 % par temps froid et de seulement 50 % par temps chaud. Dans GLOBE Weather, l'humidité relative est appelée « humidité ».

Lors d'une journée claire et ensoleillée, l'humidité relative est plus élevée le matin que l'après-midi, car l'air du matin plus froid est plus proche de la saturation que l'air chaud de l'après-midi avec la même quantité de vapeur d'eau. En revanche, lors de journées pluvieuses ou très nuageuses, l'humidité relative augmente souvent pendant la journée, tandis que les nuages se développent et que la température n'est pas aussi chaude. Notez que l'humidité relative dans un nuage est de 100 % lorsque la pluie tombe, mais que l'humidité relative au niveau du sol, où elle est généralement mesurée, est souvent inférieure.

Qu'elle soit faible ou élevée, l'humidité peut être dangereuse. Une faible humidité peut entraîner une déshydratation, de la fatigue et une peau sèche et craquelée. Une humidité élevée peut entraîner des coups de chaleur et un épuisement dû à la chaleur, car la peau n'évacue pas la sueur.



Pour plus d'informations, consultez la page suivante : <https://scied.ucar.edu/shortcontent/humidity>

IDÉES FAUSSES RÉPANDUES :

Les fausses idées scientifiques suivantes ont été relevées par les professeurs de GLOBE Weather. Faites-y attention comme vos élèves étudient la météorologie.

IDÉE FAUSSE	EXPLICATION CORRECTE
<p>L'air est réchauffé directement par le Soleil.</p>	<p>L'énergie solaire est absorbée par la surface de la Terre, ce qui entraîne la hausse de la température de surface. L'air qui entre en contact avec la surface est réchauffé par conduction. Ainsi, c'est le réchauffement de la surface de la Terre par le Soleil qui modifie les températures de l'air dans la troposphère inférieure et non le Soleil qui réchauffe l'air directement.</p>
<p>L'air plus haut dans le ciel est plus chaud parce qu'il est plus proche du Soleil.</p>	<p>Dans la troposphère, la température de l'air diminue à mesure que l'altitude augmente. Ceci est dû au fait que la troposphère est réchauffée par en-dessous (comme décrit dans la précédente idée fautive ci-dessus) et qu'à des altitudes plus élevées la pression atmosphérique est moindre, ce qui entraîne une dispersion des molécules d'air. Comme il y a plus d'espace entre les molécules d'air, elles sont moins en mesure de retenir la chaleur (moins de collisions de transfert de chaleur entre les molécules).</p>
<p>Le pic de température de l'air se produit lorsque le Soleil est au zénith.</p>	<p>Même si le Soleil est plus haut dans le ciel vers la mi-journée, la température de l'air continue de grimper plus tard dans la journée, car l'air au-dessus de la surface de la Terre est réchauffé par le sol. La température de l'air est souvent plus chaude quelques heures après que le Soleil ait atteint son zénith.</p>
<p>Les nuages sont faits de vapeur d'eau.</p>	<p>L'eau liquide se transforme en vapeur d'eau lorsqu'elle s'évapore et s'élève dans le ciel; toutefois, les nuages se forment au point où l'air est suffisamment froid pour que la vapeur d'eau se condense à nouveau en eau liquide ou même en cristaux de glace. Cette condensation se produit autour de petites particules appelées noyaux de condensation. Ainsi, les nuages sont faits de gouttelettes d'eau liquide et/ou de cristaux de glace, mais pas de vapeur d'eau. Posez des questions aux élèves pour vérifier s'ils comprennent la raison pour laquelle l'eau change de phase au sein des systèmes météorologiques du cycle de l'eau. Par exemple, la vapeur d'eau se condense en eau liquide lorsque l'air refroidit, formant ainsi des nuages. Aidez les élèves à établir des liens entre le cycle de l'eau et la formation de nuages et de pluie.</p>
<p>Confusion sur la manière dont la température et l'humidité de l'air sont liées aux tempêtes isolées.</p>	<p>Lors d'une journée avec des averses de pluie l'après-midi, la température de l'air augmenterait probablement pendant la journée et chuterait avant qu'il pleuve. À mesure que la température de l'air augmente, les molécules d'air sont plus éloignées les unes des autres et l'humidité augmente parce que l'air plus chaud peut contenir plus de vapeur d'eau. L'humidité serait élevée pendant la journée précédant la tempête, car il faut de l'humidité pour qu'une tempête se forme. Les élèves doivent reconnaître que la température de l'air et l'humidité sont importantes pour la formation des tempêtes.</p>
<p>Il ne pleut que lorsque l'humidité est de 100 %.</p>	<p>Pour qu'il pleuve, l'humidité dans l'atmosphère, là où les nuages se forment, doit être de 100 %. Mais l'humidité relative à la surface peut être moins importante. Si l'air à la surface est très sec, la pluie qui tombe pourrait s'évaporer avant même de toucher le sol, ce qui est appelé une virga.</p>

LEÇON **2**

OBSERVER LE CIEL

Qu'est-ce qui favorise la formation des tempêtes?

S'ENGAGER

EXPLORER

EXPLIQUER

ÉLABORER

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(50 minutes, plus du temps pour observer le ciel)	
<p>Faire des observations : Journée ensoleillée/ Journée orageuse Les élèves réfléchissent à la manière dont les observations peuvent les aider à déchiffrer les systèmes météorologiques. Les élèves regardent des vidéos en accéléré, lesquelles constituent une façon de voir ce qui se passe dans le ciel au fil du temps. Les vidéos en accéléré montrent le ciel lors d'une journée ensoleillée et lors d'une journée orageuse, du lever au coucher du soleil. Lorsque les élèves regardent chaque vidéo, ils font des observations visuelles pour comparer les conditions et le déplacement des nuages dans le ciel au fil du temps.</p>	<p>Leçon 2 : Feuille d'activités de l'élève </p> <p>Tableau blanc, tableau intelligent ou papier millimétré et marqueurs (pour faire le Suivi des idées modèles et le Tableau des questions directrices)</p> <p>Vidéo en accéléré d'une journée ensoleillée (2 min.)</p> <p>Vidéo en accéléré d'une journée orageuse (2 min.)</p>
<p>Diagramme d'une tempête en formation Les élèves vont plus loin avec la vidéo en accéléré de la journée orageuse et modélisent la manière dont la tempête a commencé, a grandi, puis s'est dissipée. Ils dessinent un modèle de chacune de ces étapes d'une tempête. Les élèves comparent leurs diagrammes avec ceux de leurs camarades.</p>	
<p>Observation du ciel option 1 : Observations des nuages Les élèves sont encouragés à observer les nuages sur quelques jours, à noter des observations dans leurs carnets ou à utiliser une fiche technique. Les élèves peuvent également faire des vidéos en accéléré des nuages et s'en servir pour prouver la façon dont les nuages changent au fil du temps.</p>	<p>Appareil avec capacités d'accélération</p> <p>Carte d'identification de la nébulosité GLOBE bit.ly/globecloudchartfrench</p> <p>Carnet scientifique pour noter les observations sur les nuages</p>
<p>Observation du ciel option 2 : Protocole de GLOBE sur les nuages Les élèves sont initiés au Protocole de GLOBE sur les nuages et l'utilisent pour faire des observations. Les élèves notent leurs données sur les feuilles d'observation du protocole GLOBE et saisissent leurs données sur le site GLOBE ou à l'aide de l'application GLOBE Observateur.</p>	<p>Protocole de GLOBE sur les nuages (https://www.globe.gov/documents/10157/380996/atmo_chap_fr.pdf)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Feuille d'activité ou application GLOBE Observateur • Carte d'identification de la nébulosité de GLOBE • Options d'entrée de données • Guide pratique UCAR d'identification des nuages (scied.ucar.edu/apps/cloud-guide)



OBSERVER LE CIEL

Qu'est-ce qui favorise la formation des tempêtes?



Recherche de sens des NGSS

Les élèves font des commentaires initiaux et des modèles schématiques pour expliquer la formation des tempêtes isolées. Pendant leur discussion sur l'orage grandissant, on s'attend à ce que les élèves fassent appel à ce qu'ils savent déjà sur le cycle de l'eau et les changements de phase de l'eau, ainsi que sur le réchauffement de la Terre et le transfert d'énergie pour expliquer la tempête. L'objectif de cette leçon est de miser sur ce que les élèves savent sur les processus du cycle de l'eau et sur le lien entre le cycle de l'eau et les systèmes météorologiques. De plus, la leçon doit leur faire comprendre qu'il se produit des phénomènes intéressants les jours d'orage comparé aux journées ensoleillées, et qu'ils doivent recueillir plus de données et rassembler des informations supplémentaires pour les aider à expliquer les tempêtes. Les observations des nuages sont une source de données qu'ils peuvent recueillir lorsqu'ils étudient ce phénomène.

INDICATEUR DE RENDEMENT

Concevoir un modèle pour décrire la manière dont les nuages se forment les jours d'orage et s'amoncellent jusqu'à former un orage.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- L'eau circule continuellement entre la terre, l'océan et l'atmosphère par l'évaporation, la condensation et les précipitations. À l'échelle mondiale, la circulation de l'eau et ses changements sont causés par la lumière du Soleil.
- Concevoir un modèle pour décrire des mécanismes non observables.
- On peut se servir des relations de cause à effet pour prédire les phénomènes dans les systèmes naturels.

DIMENSIONS DES NGSS (3^e ANNÉE-5^e ANNÉE) (RENFORCEMENT)

- Préciser les limites des modèles.

Marche à suivre du professeur

Faire des observations : Journée ensoleillée/Journée orageuse

- 1. Faire la transition avec la leçon précédente.** Donnez aux élèves l'occasion de discuter de l'endroit où ils se sont arrêtés dans le phénomène qui sert de pilier (Leçon 1). Rappelez aux élèves leurs questions sur le Tableau des questions directrices et la nécessité d'approfondir leurs questions.
- 2. Évaluer les connaissances préalables des élèves sur le cycle de l'eau et les changements de phase pendant la formation des nuages.** Demandez aux élèves de se mettre en groupes de deux et d'expliquer l'un à l'autre comment l'eau à la surface de la Terre pourrait se retrouver sous forme de nuage dans l'atmosphère. Les élèves peuvent vouloir dessiner un diagramme sur papier brouillon ou dans leur carnet scientifique pour expliquer leur réflexion. Demandez aux élèves de se concentrer partout où l'eau change de phase (p. ex., de l'état liquide à l'état gazeux puis retour à l'état liquide). Après les explications en groupes de deux, dirigez une discussion avec la classe entière pour évaluer la compréhension. Fournissez des instructions directes et du vocabulaire (p. ex., vapeur d'eau, condensation) au besoin.
- 3. Passer à l'importance de faire des observations du ciel, en particulier des nuages.** Demandez aux élèves d'aller à la *Leçon 2 : Feuille d'activités de l'élève*. Demandez-leur de terminer la *Leçon 2 : Étape 1* sur la feuille d'activités, avec des partenaires ou en petits groupes. Les élèves sont invités à réfléchir aux objectifs de l'observation des nuages et à la manière dont les observations sont bénéfiques pour comprendre les systèmes météorologiques. Laissez du temps aux élèves pour expliquer pourquoi les observations des nuages, ou d'autres observations du temps ou du ciel, peuvent être utiles.

Suggestions de questions pour une discussion :

- *Que pouvons-nous apprendre sur la météo en observant le ciel au fil du temps?*
- *Que verrions-nous si nous observions le ciel un jour où une tempête est en train de se former?*
- *Comment le fait de regarder une vidéo en accéléré du ciel nous aide-t-il à en savoir plus sur les nuages et les tempêtes?*

- 4. Faire des observations à partir de vidéos de journées ensoleillées et de journées orageuses.** Expliquez aux élèves qu'ils vont regarder une vidéo en accéléré (voir ci-dessous). Diffusez la vidéo de la journée ensoleillée. Demandez aux élèves de faire des observations sur leurs feuilles d'activités dans la *Leçon 2 : Étape 2*. Pendant que les élèves observent, aidez-les à relever les preuves, dans la vidéo, qui nous renseignent sur l'heure de la journée. Ensuite, diffusez la vidéo en accéléré d'une journée orageuse et demandez aux élèves de faire des observations sur leurs feuilles d'activités. Observez les indicateurs du moment de la journée : c'est important pour déterminer que le matin commence par un ciel dégagé, que les nuages apparaissent puis que la tempête se produit l'après-midi.



VIDÉOS EN ACCÉLÉRÉ D'UNE JOURNÉE ENSOLEILLÉE ET D'UNE JOURNÉE ORAGEUSE

Ces vidéos ont été filmées sur Eagle Ridge au-dessus de Lyons, Colorado, près du Front Range dans les Rocheuses, par David Niels dans le cadre de sa recherche pour le Colorado Climate Center. La vidéo de la journée ensoleillée a été filmée le 6 avril 2017. La vidéo de la journée orageuse a été filmée le 4 juillet 2017. Chaque vidéo dure deux minutes.

Vidéo de la journée ensoleillée : <https://scied.ucar.edu/sunny-day-2017-04-06>

Vidéo de la journée orageuse : <https://scied.ucar.edu/stormy-day-2017-07-04>



Cause-effet

Lorsque les élèves discutent des différences entre les deux journées, misez sur ce qu'ils savent sur les causes de la tempête.

LEÇON
2
ÉTAPE 2

5. **Demander aux élèves de noter leurs idées et de discuter de la question directrice : « Pourquoi pensez-vous que la tempête s'est formée un jour et non pas l'autre? »** (Leçon 2 : Étape 2, suite) Demandez aux élèves d'exprimer leurs idées initiales sur ce qui est différent entre les deux jours et si quelque chose cause la formation de la tempête lors de la journée orageuse, qui n'est pas présent lors de la journée ensoleillée. (Remarque : bien qu'il existe plusieurs facteurs liés à la différence, l'humidité disponible dans l'atmosphère est importante.) Donnez aux élèves l'occasion d'exprimer leurs idées en petits groupes, puis dirigez une discussion avec toute la classe.

C'est l'occasion pour vous d'évaluer de manière informelle ce que les élèves savent déjà sur la relation entre les tempêtes et le cycle de l'eau. Voici quelques exemples d'idées initiales et étoffées des élèves :

- **Idées initiales :** *La vapeur d'eau monte dans l'air. Il y a plus d'évaporation.*
- **Idées étoffées :** *L'évaporation a été causée par la chaleur. La chaleur et l'évaporation sont remontées depuis le sol. L'énergie du Soleil réchauffe l'eau, puis elle s'évapore et va jusqu'aux nuages.*

6. **Noter les idées sur le Suivi des idées modèles.** Assignez un endroit facilement accessible dans la salle de classe qui servira à noter les idées des élèves sur la formation des tempêtes (p. ex., papier millimétré, Powerpoint, tableau intelligent ou tableau blanc). Il s'agit du Suivi des idées modèles et il sera utilisé de manière répétée dans le cadre du programme GLOBE Weather. Le Suivi est l'endroit où sont notées les idées consensuelles qui sont utiles pour expliquer l'humidité dans l'atmosphère et les précipitations. À ce stade de la séquence de la leçon, les élèves peuvent avoir des idées imprécises ou incomplètes, qu'il est important de prendre en compte pour aller de l'avant. Ne notez pas d'idées sur le Suivi des idées modèles si elles ne sont pas acceptées.

Idées modèles :

- L'évaporation de l'eau à la surface est importante pour les nuages/les tempêtes.
- L'évaporation se produit en raison du réchauffement par la lumière du Soleil.
- Les nuages se forment lorsque l'eau se condense.



Évaluation

Écoutez attentivement comment les élèves parlent de l'évaporation, du réchauffement et de la façon dont l'eau s'accumule dans les nuages. Ces concepts scientifiques seront développés tout au long de cette séquence d'apprentissage.



Conception et utilisation des modèles

Le Suivi des idées modèles sert à noter des idées consensuelles qui aident à expliquer un phénomène. Ces idées sont données par les élèves et acceptées par toute la classe.

Les élèves préparent un modèle schématique dans le cadre de leur Modèle de travail pour une tempête isolée. Les Modèles de travail saisissent des éléments importants du système, mais ne sont pas exhaustifs.

Diagramme d'une tempête en formation

- 1. Raconter l'histoire d'un orage qui se forme tout au long de la journée d'école.** « Imaginons ensemble une tempête qui pourrait se former tout au long de la journée. À votre réveil, le ciel est bleu. Pendant la matinée, quelques petits nuages apparaissent. Au déjeuner, il y a plus de nuages et ils sont beaucoup plus gros. À la fin de la journée d'école, il pleut! La pluie ne dure pas toute la nuit et, au moment où vous allez dormir, les étoiles sont visibles car les nuages sont partis. »
- 2. Demander aux élèves de construire un diagramme chronologique sur leurs feuilles d'activités à l'aide de la Leçon 2 : Étape 3.** L'objectif du diagramme chronologique est de concentrer les élèves sur la façon dont les tempêtes changent au fil du temps et sur ce qui peut être différent à divers moments au cours d'une tempête. Le diagramme chronologique est la première partie de leur Modèle de travail pour une tempête isolée. Ils peuvent revoir leurs diagrammes tout au long de la séquence d'apprentissage, d'autant plus qu'ils travaillent à obtenir un Modèle de consensus plus tard dans cette séquence. (Remarque : les élèves ne connaîtront pas encore le terme « tempête isolée », car il s'agit du premier type de tempête qu'ils étudient en profondeur. Le terme est présenté pour la première fois aux élèves dans la Leçon 5, bien que vous puissiez souhaiter faire un changement et le présenter plus tôt.)
- 3. Partager les diagrammes et en discuter.** Demandez aux élèves d'expliquer ce qui est différent à chaque étape de la tempête et pourquoi ils pensent qu'il y a une différence. À mesure que les élèves échangent leur idées, à l'aide des questions suivantes, demandez-leur de réfléchir aux mesures qu'ils pourraient vouloir effectuer pour mieux comprendre les tempêtes :

- Dans les diagrammes, on peut voir que les nuages sont haut au-dessus du sol. Si vous pouviez faire une recherche pour comparer l'air en hauteur par rapport à l'air près du sol, que verriez-vous à votre avis?
- Quelles mesures de l'air souhaiteriez-vous prendre à différentes altitudes? Comment ces mesures pourraient-elles nous aider à comprendre comment les nuages commencent à se former lors d'une journée ensoleillée?

ÉVALUATION FORMATIVE

Une bonne manière d'évaluer l'apprentissage de vos élèves dans une leçon S'Engager est de leur demander de commenter les idées importantes qu'ils ont apprises dans la leçon. Envisagez un billet de sortie ou des devoirs à la maison pour ce faire. Pour le billet de sortie, demandez aux élèves d'écrire leurs idées concernant les questions ci-dessous sur une carte d'index et de vous les remettre lorsqu'ils quitteront la salle de classe. Pour une activité d'apprentissage à domicile, demandez aux élèves de répondre aux questions dans leur carnet de notes scientifiques et d'être prêts à faire part de leurs idées pendant le cours suivant.

- **Quoi?** Écrivez une idée ou un concept que vous avez trouvé particulièrement intéressant.
- **Alors, quoi?** Expliquez pourquoi ce concept ou cette idée est important(e).
- **Maintenant, quoi?** Réfléchissez à la façon dont votre pensée a changé en fonction de cette nouvelle idée.



Demandez aux élèves de partager leurs réponses avec un partenaire ou avec le reste de la classe.



Lien vers le scénario

Ce jeu de questions est un lien essentiel pour maintenir la cohérence tandis que les élèves passent de la leçon 2 à la leçon 3 pour motiver l'analyse des données météorologiques.



Évaluation

Cette évaluation peut vous donner un aperçu de ce que les élèves ont compris comme étant des idées importantes de la leçon et si elles sont similaires aux idées modèles générées par la classe.

LEÇON
2

ÉTAPE 3

Observer le ciel



LEÇON
2

ÉTAPE 4

Jusqu'à présent, les élèves ont principalement discuté des nuages et des tempêtes à partir de vidéos et d'images préparées par d'autres personnes. Rien ne peut égaler l'expérience réelle d'observations faites à l'extérieur. Pour la *Leçon 2 : Étape 4* choisissez l'option 1 ou l'option 2 ci-dessous.

OPTION 1 : Observations des nuages

Envisagez d'effectuer une observation des nuages à l'extérieur en groupe, en identifiant les types de nuage à l'aide de la Carte d'identification de la nébulosité de GLOBE (bit.ly/globecloudchartfrench). Ensuite, attribuez une activité de projet ou d'apprentissage à domicile dans laquelle les élèves feront une vidéo en accéléré des nuages à l'aide de leur appareil, puis feront des observations à partir de leurs vidéos. Les vidéos en accéléré sont particulièrement probantes pour voir le changement au fil du temps et peuvent constituer un projet stimulant pour vos élèves. Les questions exemples suivantes peuvent guider la discussion sur leurs vidéos et observations :

- *Avez-vous remarqué ce qui est arrivé aux nuages au fil du temps?*
- *Les nuages ont-ils changé de forme ou de couleur?*
- *Avez-vous remarqué des schémas dans les nuages à certains moments de la journée?*

OPTION 2 : Protocole de GLOBE sur les nuages

Le protocole de GLOBE sur les nuages, dans lequel les élèves utilisent soit l'application GLOBE Observateur (observer.globe.gov), soit la Carte d'identification de la nébulosité de GLOBE (bit.ly/globecloudchartfrench) de concert avec le Protocole de GLOBE sur les nuages (<https://www.globe.gov/web/s-cool>), est un excellent moyen d'aider les élèves à faire des observations approfondies sur leur environnement. Le matériel et le temps nécessaires varieront selon la manière dont vous collecterez vos données d'observation et utiliserez le système d'entrée de données. Le protocole sur les nuages fait partie des protocoles sur l'atmosphère (https://www.globe.gov/documents/10157/380996/atmo_chap_fr.pdf).



Planification et exécution d'études

Le fait de prendre des vidéos en accéléré permet aux élèves de mener des études pour produire des données. Les élèves peuvent faire des observations à partir de leurs vidéos pour répondre aux questions ou expliquer les phénomènes.

Le Protocole de GLOBE sur les nuages permet d'approfondir les études menées par les élèves. Le processus de collecte et de saisie de données sur les nuages, dans le cadre de la communauté GLOBE, soutient les élèves dans des recherches scientifiques authentiques, où leurs observations au sol contribuent à un effort conjoint avec les scientifiques de la NASA.

LEÇON **3**

INDICES SUR LA TEMPÉRATURE

Comment la température est-elle liée à la formation de nuages?

S'ENGAGER

EXPLORER

EXPLIQUER

ÉLABORER

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(90 minutes, plus activité facultative)	
<p>Température : Du sol aux nuages Les élèves recueillent des données simulées sur la température de l'air, prises près du sol jusqu'à une altitude d'environ 10 kilomètres. Les élèves dégagent un schéma dans lequel les températures sont plus chaudes près de la surface et plus froides à plus haute altitude dans la troposphère.</p>	<p>Leçon 3 : Feuille d'activités de l'élève 3</p> <p>Vidéo météo https://scied.ucar.edu/weather-balloon-launch-video</p> <p>Simulation du ballon-sonde virtuel https://scied.ucar.edu/virtual-ballooning</p>
<p>Température de surface et température de l'air Les élèves examinent de plus près les températures près de la surface pour comprendre pourquoi les températures de l'air près du sol sont plus élevées que les températures de l'air plus haut dans la troposphère. Ils analysent les données sur la température de surface et de l'air qui montrent que les températures de surface sont plus élevées que les températures de l'air.</p>	
<p>Option : Protocole de GLOBE sur la température de surface et de l'air Les élèves recueillent leurs propres données sur la température de l'air et sur la température de surface pour analyse, à l'aide des protocoles de GLOBE sur la température de l'air et la température de surface. Ils recueillent également des données à partir de diverses surfaces pour voir comment le type de surface influence la température.</p>	<p>Protocoles de GLOBE sur la température de surface et la température de l'air (https://www.globe.gov/documents/10157/380996/atmo_chap_fr.pdf), un thermomètre et un thermomètre infrarouge (TR)</p>
<p>Modèle : Réchauffement de l'atmosphère de la Terre Les élèves recourent à leurs données sur la température pour concevoir un Modèle de travail expliquant comment l'atmosphère de la Terre est réchauffée depuis la surface en-dessous et non directement par le Soleil au-dessus.</p>	<p>Crayons de couleur</p>



INDICES SUR LA TEMPÉRATURE

Comment la température est-elle liée à la formation de nuages?



Recherche de sens des NGSS

L'objectif de cette série d'activités est de voir la température comme un facteur potentiel dans la formation de tempêtes. Le gradient de température, de la surface jusqu'aux nuages, est important et les élèves reviendront au schéma de température tout au long de cette séquence. Cette série d'activités aide également les élèves à comprendre les mécanismes sous-jacents qui causent le schéma observé et à se concentrer sur la raison pour laquelle la surface est plus chaude que l'air au-dessus d'elle. Une idée fautive assez répandue est que l'air dans l'atmosphère est chauffé directement par la lumière du Soleil au-dessus et non par la surface en-dessous. Comprendre le réchauffement de la surface de la Terre est un élément important d'un modèle convectif de la formation de tempête.

INDICATEUR DE RENDEMENT

- Recueillir et analyser des données pour préciser les schémas qui décrivent la relation entre la température et l'altitude.
- Analyser et interpréter les données pour décrire les différences de température de surface et de température de l'air pendant une journée.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- Les systèmes météorologiques sont influencés par les interactions entre la lumière du soleil, l'atmosphère et la terre.
- Collecter et produire des données qui serviront d'éléments de preuves en réponse aux questions scientifiques.
- Analyser et interpréter les données pour fournir des preuves de phénomènes et établir les relations temporelles.
- Concevoir un modèle pour décrire des mécanismes non observables.
- Poser des questions pour clarifier et/ou affiner un modèle.
- À l'aide de graphiques, relever les schémas dans les données.

DIMENSIONS DES NGSS (3^e ANNÉE-5^e ANNÉE) (RENFORCEMENT)

- Faire des observations et/ou prendre des mesures pour produire des données servant d'éléments de preuve pour expliquer un phénomène.
- Les schémas de changement peuvent servir à faire des prédictions.

Marche à suivre du professeur

Collecte de données sur la température

1. **Faire la transition avec la leçon précédente.** Au cours de la leçon précédente, les questions suivantes ont été publiées et peuvent être utilisées pour présenter cette leçon :
 - Dans les diagrammes (Leçon 2 : étape 3), nous pouvons voir que les nuages sont hauts par rapport au sol. Si vous pouviez faire une recherche pour comparer l'air en hauteur par rapport à l'air près du sol, que verriez-vous à votre avis?
 - Quelles mesures de l'air souhaiteriez-vous prendre à différentes altitudes?
 - Comment ces mesures peuvent-elles nous aider à comprendre comment ces nuages se forment?
2. **Présenter une vidéo d'un lancement de ballon-sonde météo.** La vidéo montre comment les ballons-sonde météo sont lancés pour prendre des mesures dans l'atmosphère, et la température est l'une de ces mesures importantes.



VIDÉO DU BALLON-SONDE MÉTÉOROLOGIQUE UCAR

Dans cette vidéo, des scientifiques lancent un ballon-sonde météorologique (2 minutes).

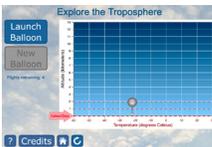
Lien vidéo : <https://scied.ucar.edu/weather-balloon-launch-video>

LEÇON
3
ÉTAPE 1

3. **Faire des prévisions sur la façon dont la température change de la surface aux altitudes où se forment les nuages.** Demandez aux élèves d'aller à la *Leçon 3 : Feuille d'activités de l'élève*. Lisez les instructions ensemble. Dites aux élèves d'imaginer un ballon-sonde météo recueillant des données sur la température à mesure qu'il s'élève dans l'atmosphère. Demandez-leur de faire des prévisions sur la température à partir du sol jusqu'à la hauteur des nuages dans la *Leçon 3 : Étape 1* et de partager ces prévisions en petits groupes.

LEÇON
3
ÉTAPE 2

4. **Organiser des groupes et leur donner accès à des ordinateurs ou à des tablettes pour la simulation de ballon-sonde virtuel.** Expliquez aux élèves qu'ils recueilleront des données à partir d'une simulation de données de ballon-sonde météo. Présentez-leur la simulation de ballon-sonde virtuel et dites-leur comment ils doivent recueillir et noter les données sur la température dans la *Leçon 3 : Étape 2*, qui prépare les élèves à la simulation.



SIMULATION DU BALLON-SONDE VIRTUEL UCAR

Lien vers la simulation : <https://scied.ucar.edu/virtual-ballooning>
(Remarque : les élèves doivent choisir « Explorer la troposphère » dans l'interactif.)

LEÇON
3
ÉTAPE 2

5. Les élèves collectent des données sur la température et les notent sur leur feuilles d'activités dans la *Leçon 3 : Étape 2*.



Lien vers le scénario
Ce jeu de questions est un lien essentiel pour maintenir la cohérence alors que les élèves passent de la leçon 2 à la leçon 3 pour motiver l'analyse des données météorologiques.

LEÇON
3

ÉTAPE 3

6. Les élèves travaillent avec des camarades pour analyser les données (Leçon 3 : Étape 3, Questions 1 et 2) et interpréter les données (Leçon 3 : Étape 3, Questions 3 et 4). Menez une discussion de classe portant sur les idées des élèves à propos de ces questions, en vue d'arriver au modèle clé :

MODÈLE CLÉ : La température est plus élevée près de la surface de la Terre et diminue à mesure que le ballon-sonde météorologique monte plus haut dans l'atmosphère où les nuages/tempêtes se forment. (Remarque : ce modèle s'applique à la troposphère.)

Alors que les élèves discutent de ce modèle, tentez d'obtenir les récits d'autres expériences qu'ils ont vécues directement ou indirectement liées à des températures de l'air de la Terre plus élevées, à des altitudes plus basses, alors que l'air est plus frais en altitude. Sondez les idées initiales des élèves sur la raison pour laquelle ce schéma pourrait se produire.

7. **Examiner la question finale : Comment la température est-elle liée aux nuages dans la formation d'une tempête isolée?** Encouragez les élèves à recourir à ce qu'ils ont appris sur la température et l'altitude pour reconsidérer ce qui pourrait se passer dans le phénomène qui sert de pilier ou la formation des tempêtes en général. À ce stade, les élèves peuvent discuter de tempêtes spécifiques ou de schémas plus généraux qu'ils remarquent sur la température et les tempêtes.
8. **Passer à l'activité suivante.** À l'aide des questions suivantes, amenez les élèves à examiner davantage les températures proches de la surface de la Terre :
- Si nous pouvions examiner de près les différentes altitudes, de la surface jusque très haut dans le ciel, à quel modèle de température vous attendriez-vous?
 - Comment pensez-vous que les résultats différeraient si nous mesurions la température tout au long d'une journée d'école?

Comparer les données sur la température de surface et la température de l'air

LEÇON
3

ÉTAPE 4

Remarque pour la planification : Si vous souhaitez que les élèves se concentrent uniquement sur l'analyse des données, vous pouvez utiliser l'ensemble de données fournies dans l'activité ci-dessous. Si vous souhaitez que les élèves collectent leurs propres données, demandez-leur de recueillir des données sur la température de l'air et la température de surface selon les protocoles de GLOBE sur l'atmosphère (https://www.globe.gov/documents/10157/380996/atmo_chap_fr.pdf) et remplacez la Leçon 3 : Étape 4 sur les fiches d'activités par les données de vos élèves.

OPTION : ANALYSE DES DONNÉES UNIQUEMENT

1. **Faire la transition avec l'activité précédente.** Demandez aux élèves d'expliquer les schémas de température qu'ils ont observés lors de l'étude avec le ballon-sonde virtuel. Rappelez-leur les questions à la fin de la dernière activité afin de définir un objectif pour l'analyse du prochain ensemble de données :
- Si nous faisons un zoom avant sur cette partie de l'altitude où nous vivons, à quel modèle de température vous attendriez-vous?
 - Comment pensez-vous que les résultats différeraient si nous mesurions la température tout au long d'une journée d'école?

** Si vous observez les protocoles de GLOBE sur la température de surface et la température de l'air, présentez-les ici. Les élèves n'ont pas à compléter l'analyse des données recueillies à Longmont ci-dessous car ils peuvent analyser leur propre ensemble de données.**



Schémas dans les données

Les élèves relèvent un schéma de température lié au réchauffement de la Terre et à la formation de tempêtes.



Lien vers le scénario

À l'aide de ces deux questions, revoyez les points que les élèves ont terminé lors de l'activité précédente.

2. **Présenter l'ensemble des données aux élèves.** Décrivez les endroits où les données sur la température de l'air et la température de surface ont été recueillies, sur quelle période de temps et leur mode de collecte.
(Voir la description ci-dessous.)

ENSEMBLE DE DONNÉES DE L'ÉCOLE WESTVIEW

Les élèves du secondaire à Longmont, Colorado, souhaitent connaître la température du sol (température de surface) par rapport à la température de l'air. Ils ont mesuré les deux températures pendant une journée d'école. Leurs données sur la température de surface ont été mesurées sur la piste de course de leur école et leur thermomètre mesurant la température de l'air était situé sur le toit de l'école. Les élèves ont convenu que ces deux surfaces étaient les plus similaires, c'est pourquoi ils ont choisi la piste de course de l'école pour y mesurer la température de surface. Ils ont mesuré les deux températures toutes les heures pendant la journée d'école. Ils ont également fait des observations sur la couverture nuageuse.

3. **Se servir de la stratégie de recherche de sens Identification et Interprétation (I²) pour analyser et interpréter les données graphiques.** Présentez le graphique aux élèves en fonction des axes, les lignes de données montrant les données sur la température de surface et de l'air, et les notes sur la la couverture nuageuse en haut du graphique.



- a. **Écrire les énoncés « Ce que je vois ».** Pour ce faire, les élèves écrivent leurs observations sur les données dans le graphique. Ils dessinent l'icône « Ce que je vois » suivi de leur observation (p. ex., « La ligne de température de surface sur le graphique est toujours au-dessus de la ligne de température de l'air »). Les élèves dessinent également une flèche vers la partie du graphique qui correspond à leur observation. Rappelez-leur d'éviter les énoncés avec « parce que » et de se concentrer uniquement sur les observations. Menez une brève discussion pour souligner les points où les élèves ont des observations semblables ou différentes.



- b. **Écrire les énoncés « Ce que cela signifie ».** À côté de chaque énoncé de « Ce que je vois » (observation), les élèves dessinent l'icône « Ce que cela signifie » puis une explication (p. ex. « La surface est plus chaude que l'air »). Chaque énoncé « Ce que je vois » doit avoir un énoncé « Ce que cela signifie » à côté. Ces énoncés constituent les interprétations des élèves sur ce qui se passe dans chaque partie du graphique. Menez une discussion sur les idées des élèves. Comme les élèves sont encore en cours de recherche, il est normal que leurs explications soient incomplètes. Concentrez-vous sur les observations précises et logiques, même si elles sont incomplètes.

Option : Collecte de données de GLOBE sur la température de surface et de l'air

Recueillir des données sur la température de surface est une activité très motivante pour les élèves. Ils aiment explorer la manière dont la température de surface varie au cours de la journée en fonction de différents types de surfaces. Servez-vous des protocoles de GLOBE sur la température de l'air et la température de surface pour mener cette recherche. Il existe plusieurs manières de recueillir les données, mais si le temps et l'équipement le permettent, les élèves devraient relever les températures de surface et de l'air sur diverses surfaces afin de comparer leurs relations et leurs différences, selon la surface. Consultez la section GLOBE Connexions du site Web GLOBE Weather si vous ou vos élèves êtes intéressés à utiliser ces observations comme point de départ à une étude GLOBE.



Analyse et interprétation des données

La stratégie de recherche de sens I² est une stratégie pédagogique qui permet de structurer le processus d'interprétation des données. Lorsqu'elle est utilisée avec des données graphiques, les élèves font des observations et interprètent les parties d'un graphique avant de le regarder dans son ensemble.

Modèle : Réchauffement de l'atmosphère de la Terre

- 1. Demander aux élèves de partager ce qu'ils ont appris de l'analyse de la température de surface et de la température de l'air.** Demandez à vos élèves de réfléchir à la manière dont les données sur le ballon-sonde virtuel et l'ensemble de données Longmont ont éclairé leur réflexion. Il est important de comprendre que la surface est plus chaude que l'air au-dessus d'elle, mais que les deux températures sont en concordance alors que le Soleil réchauffe la Terre. Ajoutez cette idée au Suivi des idées modèles.

Idées modèles :

- La surface est plus chaude que l'air au-dessus d'elle.
- L'air près du sol est plus chaud que celui avoisinant l'endroit où les nuages se forment.

LEÇON
3

ÉTAPE 5

- 2. Présenter le Modèle de travail pour expliquer les schémas de température.** Dans la *Leçon 3 : Étape 5*, les élèves concevront un Modèle de travail du réchauffement de la surface pour expliquer les schémas de température, la surface du sol ayant les températures les plus chaudes et la température diminuant avec l'altitude. Il s'agit d'un Modèle de travail parce c'est un travail en cours qui n'est une représentation complète du système, mais une représentation partielle de celui-ci.
- 3. Dessiner et étiqueter un Modèle de travail individuellement.** Avant que les élèves commencent leur modèle, donnez un aperçu des éléments listés dans la *Leçon 3 : Étape 5* de leurs feuilles d'activités de l'élève pour les conseiller sur ce que leurs modèles doivent expliquer et sur la question à laquelle leurs modèles tentent de répondre : « Pourquoi la température de surface se réchauffe-t-elle au cours de la journée et pourquoi la surface est-elle plus chaude que l'air au-dessus d'elle? » Leurs modèles doivent décrire les liens entre la lumière du Soleil réchauffant la surface de la Terre et les schémas de température qu'ils ont observés, en particulier pourquoi la surface est plus chaude que l'air au-dessus d'elle, ce qui mène à la leçon suivante sur l'air chaud ascendant. Ces modèles seront plus ou moins sophistiqués, en fonction des connaissances préalables des élèves sur les modèles de particules, la température et le transfert de l'énergie thermique.
- 4. Partager et réviser les Modèles de travail en petits groupes.** Divisez les élèves en petits groupes et demandez-leur de partager leurs modèles. Les élèves doivent réviser leurs modèles en fonction des commentaires de leur groupe.
- 5. Discuter des Modèles de travail avec toute la classe.** Demandez aux élèves de dire comment ils ont représenté différentes parties du modèle et laissez-leur le temps de réfléchir à la manière dont ils veulent représenter ces éléments en classe. Les élèves peuvent apporter des modifications à leurs modèles alors que la classe en discute. Pendant que les élèves discutent, vérifiez le Suivi des idées modèles pour ajouter des éléments au Suivi ou mettre à jour les Idées modèles.

Suggestions de questions pour une discussion :

- Pourquoi pense-t-on que la température de surface est plus chaude que la température de l'air au-dessus d'elle?
- Comment l'air chaud se déplace-t-il? Est-ce que cela correspond à notre schéma de température?
- Question plus avancée pour les élèves ayant des connaissances préalables sur les particules et la température : Qu'est-ce qui arrive aux molécules d'air lorsqu'elles sont réchauffées près de la surface?

LEÇON
3

ÉTAPE 6

- 6. Relier le Modèle de travail à une tempête isolée.** Dans la *Leçon 3 : Étape 6*, demandez aux élèves d'exprimer leurs idées sur la manière dont les schémas de température se rapportent à la formation des nuages et des tempêtes. Notamment, demandez-leur de réfléchir aux raisons pour lesquelles ces types de tempêtes ont tendance à se produire l'après-midi, alors que le Soleil est levé depuis des heures.



Conception et utilisation des modèles

Dans cette activité, les élèves utilisent des schémas de données sur la température pour générer davantage d'idées modèles pour leur Suivi des idées modèles. Ensuite, ils élaborent un Modèle de travail pour expliquer le réchauffement de l'atmosphère par le bas, depuis les couches inférieures, contrairement au réchauffement par le haut directement par le Soleil. Il s'agit d'un mécanisme important dans le système.

LEÇON **4**

CARBURANT POUR LES TEMPÊTES

Quelle est la différence entre une journée ensoleillée et une journée orageuse?

S'ENGAGER

EXPLORER

EXPLIQUER

ÉLABORER

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(80 minutes)	
<p>Analyse des données : Journée ensoleillée et journée orageuse</p> <p>Les élèves analysent les données sur la température et l'humidité lors d'une journée ensoleillée et d'une journée orageuse. Ils trouvent différents schémas dans les deux. Lors d'une journée ensoleillée, la température augmente, tandis que l'humidité relative diminue. Lors d'une journée orageuse, ce schéma normal s'installe au début, mais change ensuite car l'humidité augmente. Cela amène les élèves à penser à l'humidité comme étant une variable cruciale dans la formation de tempêtes à ajouter à leur Suivi des idées modèles.</p>	<p>Leçon 4 : Feuille d'activités de l'élève </p>
<p>Laboratoire de modèles en bouteille/ Démonstration</p> <p>Les élèves créent des modèles à l'aide de bouteilles de soda pour simuler ce qui se produit lorsque la température augmente en présence et en absence d'humidité. Les grandes étendues d'eau peuvent être une source d'humidité, mais l'humidité est également présente dans le sol, comme démontré dans les systèmes de modèles en bouteilles.</p>	<p>Trois bouteilles, eau, sable/terre, thermomètres, lampe, entonnoirs, bouchons en caoutchouc, horloge/ minuterie</p>


4
LEÇON

CARBURANT POUR LES TEMPÊTES

Quelle est la différence entre une journée ensoleillée et une journée orageuse?



Recherche de sens des NGSS

L'objectif de cette série d'activités est de voir l'humidité comme un facteur clé dans la formation de tempêtes. Les élèves apprennent que les températures chaudes associées à beaucoup d'humidité constituent des conditions favorables aux tempêtes. La mesure utilisée pour l'humidité est le taux d'humidité. Si des températures chaudes ou une certaine humidité sont absentes du système, par exemple des températures froides ou une humidité insuffisante, alors le risque de tempête est moindre.

INDICATEUR DE RENDEMENT

- Analyser et interpréter les données pour établir les différences dans les schémas de température et d'humidité de l'air pendant les journées orageuses et les journées ensoleillées.
- Mener une expérience et recueillir et analyser des données afin de comparer les changements d'humidité dans les conditions ensoleillées et dans les conditions orageuses.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- L'eau circule continuellement entre la terre, l'océan et l'atmosphère par l'évaporation, la condensation et les précipitations. À l'échelle mondiale, la circulation de l'eau et ses changements sont causés par la lumière du Soleil. Les systèmes météorologiques sont influencés par les interactions entre la lumière du Soleil, l'atmosphère et la terre.
- Analyser et interpréter les données pour fournir les preuves d'un phénomène.
- Collecter et traiter des données qui serviront d'éléments de preuves en réponse aux questions scientifiques.
- Concevoir et/ou réviser un modèle pour montrer la relation entre les variables, y compris celles qui ne sont pas observables mais qui prévoient la survenue de phénomènes observables.
- Se servir de tableaux pour relever les schémas dans les données.

DIMENSIONS DES NGSS (3^e ANNÉE-5^e ANNÉE) (RENFORCEMENT)

- Les schémas de changement peuvent servir à faire des prédictions.

Marche à suivre du professeur

Analyse des données : Journée ensoleillée et journée orageuse

- Faire la transition avec l'activité précédente.** À la fin de l'activité précédente, les élèves ont discuté de la manière dont la température pourrait être liée aux tempêtes en formation. Demandez-leur de revoir leurs idées avant de commencer l'activité suivante.
- Rassembler des idées pour établir la différence entre une journée ensoleillée et une journée orageuse.** Demandez aux élèves de réfléchir aux comparaisons de données entre une journée ensoleillée et une journée orageuse.

Posez les questions suivantes :

- *Comment une journée peut-elle être chaude et ensoleillée, alors que la journée suivante est encore chaude mais avec une tempête isolée? Qu'est-ce qui est différent entre les deux jours?*
- *Quelles mesures météorologiques pourraient aider à répondre à ces questions?*

LEÇON
4
ÉTAPE 1

- Inviter les élèves à considérer les données d'une journée ensoleillée et d'une journée orageuse.** Demandez aux élèves d'aller à la *Leçon 4 : Étape 1* de leurs feuilles d'activités de l'élève. Les élèves compareront la température de l'air entre une journée orageuse et une journée ensoleillée. Vous pouvez utiliser la stratégie de recherche de sens I², ou une autre stratégie d'interprétation graphique, pour cette activité.

DONNÉES SUR UNE JOURNÉE ENSOLEILLÉE ET SUR UNE JOURNÉE ORAGEUSE

L'ensemble des données sur l'humidité (relative) et la température vient d'une station météorologique automatisée locale située à Albuquerque, au Nouveau-Mexique. Les données sont disponibles en ligne grâce à Weather Underground et au service météorologique national des États-Unis. Le tracé du 29 juillet 2017 est issu d'une journée ensoleillée, alors que le 31 juillet 2017 était une journée orageuse.

- Analyser les données sur une journée ensoleillée et sur une journée orageuse.** Donnez aux élèves le temps d'analyser et d'interpréter les graphiques avec un partenaire ou en petits groupes. Encouragez-les à écrire sur les graphiques à l'aide des énoncés « Ce que je vois » et « Ce que cela signifie » si vous utilisez la Stratégie de recherche de sens I².
- Relever les schémas de température de l'air.** Demandez aux élèves de décrire les schémas de température d'une journée ensoleillée et d'une journée orageuse. Demandez-leur de partager et de comparer les schémas qu'ils ont observés dans les graphiques de température de l'air. Les deux schémas suivants doivent ressortir de ces discussions :
 - **Schéma d'une journée ensoleillée :** La température se réchauffe progressivement puis refroidit progressivement lors d'une journée ensoleillée
 - **Schéma d'une journée orageuse :** La température se réchauffe progressivement, mais se refroidit rapidement au cours de l'après-midi

Demandez aux élèves d'entourer sur leur graphique d'une journée orageuse le moment où ils pensent qu'il a plu. Demandez-leur d'expliquer leur choix par écrit et de partager leurs idées avec leur groupe. Demandez à plusieurs élèves de partager leurs idées à voix haute lors d'une discussion avec la classe. Encouragez les élèves à expliquer les données qui, d'après eux, indiquent qu'une tempête s'annonce.

LEÇON
4
ÉTAPE 2

- Relever les schémas d'humidité.** Demandez aux élèves d'aller à la *Leçon 4 : Étape 2*, soit le deuxième ensemble de graphiques montrant l'humidité sur les mêmes périodes. Dites aux élèves que l'humidité est un moyen de mesurer la quantité de vapeur d'eau ou d'humidité dans l'air. À l'aide de la Stratégie de recherche de sens I², aidez les élèves à analyser et à interpréter les graphiques d'humidité. Demandez-leur de décrire les schémas de température



Lien vers le scénario

Faites un lien vers les vidéos en accéléré d'une journée ensoleillée et d'une journée orageuse pour amener les élèves à s'interroger sur d'autres facteurs liés aux tempêtes.



Analyse et interprétation des données

Les élèves analysent les données sur la température et l'humidité relative lors d'une journée ensoleillée et d'une journée orageuse.



Schémas dans les données

Les élèves relèvent des schémas de température et d'humidité importants qui sont différents entre une journée ensoleillée et une journée orageuse.

d'une journée ensoleillée et d'une journée orageuse. Demandez aux élèves de partager et de comparer les schémas qu'ils ont observés dans les graphiques d'humidité. Les deux schémas suivants doivent ressortir de ces discussions :

- **Schéma d'une journée ensoleillée** : L'humidité est importante au départ, mais elle diminue pendant la journée
- **Schéma d'une journée orageuse** : L'humidité est importante au départ et elle commence à tomber, puis elle monte très haut, très rapidement, dans l'après-midi/en début de soirée

Demandez aux élèves d'entourer quand il a plu, sur leur graphique d'humidité d'une journée orageuse. Demandez-leur d'expliquer leur choix par écrit et de partager leurs idées avec leur groupe.

- 7. Comparer la température de l'air et l'humidité ambiante d'une journée orageuse.** En utilisant les deux ensembles de données, demandez aux élèves de dire quand il a plu. Quelles étaient les conditions de température et d'humidité qui ont causé cet événement? Demandez aux élèves de dire à quoi ressemblaient la température et l'humidité avant, pendant et après la tempête, grâce à une discussion en classe.
- 8. Ajouter de nouvelles idées au Suivi des idées modèles.** Demandez aux élèves d'exprimer de nouvelles idées sur la journée orageuse à l'aide des schémas de température de l'air et d'humidité. Notez-les sur le Suivi des idées modèles.

Idées modèles :

- La hausse de la température et de l'humidité sont favorables à la formation d'une tempête isolée.
 - La hausse de la température et une faible humidité ne sont pas favorables à la formation d'une tempête isolée.
- 9. Terminer la discussion en passant à l'activité suivante sur les modèles en bouteille :** « Si on créait un système avec des températures chaudes et beaucoup d'humidité, il pourrait pleuvoir. Mais si les températures n'étaient pas chaudes ou si l'humidité n'était pas suffisante, pensez-vous qu'il pleuvrait ou pas? Voyons voir si on peut essayer cela. »

Laboratoire de modèles en bouteille/Démonstration

Note de planification : L'activité de modèle en bouteille peut être effectuée en laboratoire ou lors d'une démonstration. On peut également utiliser une vidéo en accéléré si le temps et le matériel ne permettent pas une activité en laboratoire ou une démonstration. Effectuez les modifications nécessaires pour répondre aux besoins de vos élèves en fonction de votre équipement disponible. Cette démonstration a pour objectif d'aider les élèves à établir un lien entre les mesures de données qu'ils viennent d'analyser et des preuves visuelles qu'ils peuvent vérifier. Les instructions ci-dessous sont rédigées pour une démonstration en classe. Consultez la page suivante pour une description de la configuration de démonstration.

- 1. Faire la transition avec la leçon précédente.** Demandez aux élèves de se mettre en groupes de deux et de décrire les schémas de température et d'humidité pour une journée ensoleillée et pour une journée orageuse. Expliquez que nous allons tester ces conditions pour voir si elles peuvent créer des « tempêtes » et « pas de tempêtes » dans un petit système.
- 2. À l'aide de schémas de température et d'humidité, réfléchir à la manière de créer une tempête dans une bouteille.** Demandez aux élèves de recourir à ce qu'ils ont appris sur la température et l'humidité pour produire une tempête dans une bouteille. Donnez-leur une idée générale de la manière de mettre en place l'expérience et une liste de matériel possible, mais laissez-les réfléchir à ce qu'ils ajouteraient à une bouteille pour créer une tempête et ce qu'ils ajouteraient afin de ne pas créer de tempête.
- 3. En classe, décider de deux systèmes à tester, soit une bouteille (sans tempête) représentant une « journée ensoleillée » et une bouteille (tempête) représentant une « journée orageuse ».** Demandez aux élèves volontaires d'aider à mettre le matériel nécessaire dans les bouteilles à l'aide d'un entonnoir. Pour le sable/la terre mouillée(e), mettez d'abord le sable sec ou la terre, puis ajoutez de l'eau.



Conception et utilisation des modèles

En utilisant des schémas dans les données sur l'humidité et la température, les élèves peaufinent leur Suivi des idées modèles.



Lien vers le scénario

Cette dernière section prépare le terrain pour l'activité en laboratoire/la démonstration de modèle en bouteille et souligne la nécessité de tester les idées initiales des élèves sur la température et l'humidité.



Lien vers le scénario

Préparer le terrain à l'activité en laboratoire/la démonstration du modèle en bouteille est important pour permettre aux élèves d'établir un lien entre les données qu'ils analysent et l'observation qu'ils font des bouteilles.

LEÇON 4
ÉTAPE 3

LEÇON 4
ÉTAPE 3

4. **Configurer le laboratoire.** Demandez aux élèves d'aller à la *Leçon 4 : Étape 3* pour dessiner la configuration du laboratoire et étiqueter les parties de chaque système et ce que représentent ces éléments.

5. **Discuter, avec la classe entière, des prévisions des élèves sur les conditions qui mèneront à la meilleure tempête et pourquoi (et vice versa).** Plus précisément, parlez de ce qu'on s'attend à voir si on crée des conditions propices à une tempête (p. ex., *Est-ce qu'il « pleuvra » à l'intérieur de la bouteille? Que pourrait-on voir?*). Rappelez aux élèves que la vapeur d'eau n'est pas visible et examinez les parties du cycle de l'eau que cette activité montrera (concentrez-vous sur l'évaporation et la condensation). Regardez le tableau de données (*Leçon 4 : Étape 3*) et soulignez que la température doit être mesurée toutes les 2 minutes. Décidez en classe ce qui sera noté dans la colonne d'humidité de ce tableau de données (p. ex., les élèves vont-ils consigner des notes lorsque la condensation est visible ou invisible?).

6. **Allumer la lampe et laisser la démonstration se dérouler pendant au moins 15 à 20 minutes.** Plus la puissance de l'ampoule est élevée, plus vos élèves verront les résultats rapidement. Vous pouvez faire cette activité en laboratoire aussi longtemps que vous en aurez besoin pour voir s'opérer un changement de la température et de la condensation.



Planification et exécution d'études

Faites participer les élèves à la planification de l'activité en laboratoire/la démonstration du modèle en bouteille. Demandez-leur de préciser pourquoi certaines conditions doivent être testées pour les aider à trouver les conditions les plus favorables à la formation des tempêtes.

DÉMONSTRATION DE MODÈLES EN BOUTEILLE

DURÉE :

- La configuration prendra environ 10 minutes en fonction du nombre de bouteilles que vous souhaitez tester.
- On peut observer des résultats dans les 20 minutes qui suivent l'allumage de la lampe.

MATÉRIEL :

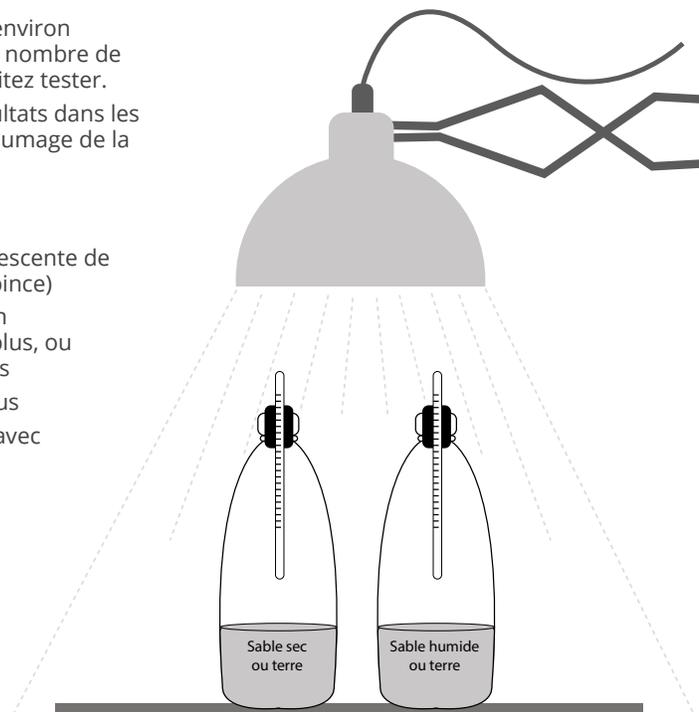
- Lampe et ampoule incandescente de 100 watts (p. ex. lampe à pince)
- Deux bouteilles de soda en plastique transparent ou plus, ou des récipients transparents
- Deux thermomètres ou plus
- Bouchons en caoutchouc avec trou (en option)
- Entonnoir
- Sable sec ou terre sèche
- Sable ou terre humide

CONSEILS ET PRÉPARATION PRÉLIMINAIRE :

- Si vous n'utilisez pas de bouchons en caoutchouc, percez un trou dans le couvercle de la bouteille pour insérer les thermomètres.
- Les thermomètres peuvent devenir difficiles à lire avec la condensation.
- Mettre le sable/la terre dans la bouteille avant de l'humidifier. Il sera plus facile et plus propre de les verser pour éviter d'avoir du sable sur le côté de la bouteille. Prenez soin de réduire au minimum la matière qui se trouve à l'intérieur des bouteilles. Le but est que les côtés des bouteilles restent aussi propres que possible afin que les élèves puissent mesurer la température et observer la condensation.

RESSOURCES VIRTUELLES :

Vidéo en accéléré de modèle en bouteille : <https://scied.ucar.edu/bottle-model-timelapse>



LEÇON
4

ÉTAPE 3

7. **Faire des observations sur les bouteilles.** Demandez aux élèves de faire des observations sur les bouteilles et de noter les mesures de température dans un tableau de données (*Leçon 4 : Étape 3*). À l'aide d'une horloge ou d'une minuterie, suivez le temps qui s'écoule et demandez aux élèves de noter leurs observations toutes les deux minutes.
8. **Discuter et comparer les résultats.** Donnez aux élèves l'occasion de discuter des questions sur leurs feuilles d'activités, en petits groupes ou à l'aide d'une stratégie de groupe collaborative.

Questions pour la discussion :

- *Comment la bouteille de la journée ensoleillée correspond/ne correspond pas à ce que vous attendiez?*
 - *Comment la bouteille de la journée orageuse correspond/ne correspond pas à ce que vous attendiez?*
 - *Le changement de la quantité d'eau dans le système (humidité) était important. Si une ville est située loin de la mer ou d'une grande étendue d'eau, d'où provient l'eau?*
 - *En se fondant sur les preuves des modèles en bouteille et sur les données de température et d'humidité dans la Leçon 4 : Étape 1 et étape 2, quelles sont les conditions les plus favorables à la formation des tempêtes?*
9. **Passer à la discussion avec toute la classe.** Concentrez-vous spécifiquement sur l'importance de la source de l'eau et sur les conditions les plus favorables à une tempête. Pour les conditions d'observation de l'eau seule, la source d'eau peut représenter de grandes étendues d'eau ou l'océan. Pour le sol/sable humide, la source d'eau représente l'eau souterraine et les sources d'eau de surface plus petites. Demandez aux élèves de mettre leurs observations en relation avec les schémas de température et d'humidité observés pour une journée ensoleillée et une journée orageuse. Ajoutez-les au Suivi des idées modèles à mesure que les élèves s'entendent sur le rôle de l'humidité.

Idée modèle :

- Une source d'humidité est importante pour amener l'eau dans l'atmosphère pour la formation de tempêtes.
10. **Se préparer en vue de la leçon suivante.** Terminez la discussion, en posant la question suivante : « *Comment l'eau qui se trouvait au fond de la bouteille s'accumule-t-elle sur les côtés de la bouteille?* » Demandez aux élèves de partager leurs idées initiales en rapport avec cette question.



Conception et utilisation des modèles

Ajoutez au Suivi des idées modèles le rôle essentiel d'une source d'eau pour la formation d'une tempête.



Lien vers le scénario

Les élèves étudieront ensuite le processus de convection, ils doivent donc commencer à réfléchir à la manière dont l'eau à la surface s'élève dans l'atmosphère.

LEÇON **5**

L'AIR EN DÉPLACEMENT

Comment l'air se déplace-t-il et change-t-il lorsqu'une tempête se développe?

S'ENGAGER

EXPLORER

EXPLIQUER

ÉLABORER

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(100 minutes)	
<p>Démonstration : Air chaud et air frais Les élèves regardent une démonstration de réchauffement et de refroidissement de l'air à l'intérieur d'un ballon en mylar qui a été partiellement dégonflé. Ils discutent de ce qui, selon eux, provoque la montée ou la descente du ballon.</p>	<p>Leçon 5 : Feuille d'activités de l'élève </p> <p>Ballon en mylar rempli d'hélium Sèche-cheveux</p>
<p>Lecture interactive : L'air en déplacement Les élèves lisent des articles sur le réchauffement de l'air et l'évaporation de l'eau à la surface, et sur la façon dont cet air se déplace pendant la convection. Les élèves font des illustrations de concepts tout au long de la lecture et établissent des liens avec les preuves précédentes qu'ils ont recueillies.</p>	<p>Crayons de couleur</p>
<p>Modèle de consensus : Tempête isolée La classe travaille ensemble pour construire un Modèle de consensus qui explique les conditions atmosphériques les plus favorables pour les tempêtes. Les élèves tirent des idées de leurs précédents Modèles de travail pour créer un modèle complet afin de montrer comment l'humidité qui est disponible dans un endroit augmente le risque d'une tempête isolée.</p>	<p>Tableau blanc, tableau intelligent ou papier millimétré et marqueurs (pour préparer le Tableau des questions directrices et le Suivi des idées modèles)</p> <p>Tableau blanc ou papier millimétré et marqueurs (pour faire le Modèle de consensus)</p>


 LEÇON
5

L'AIR EN DÉPLACEMENT

Comment l'air se déplace-t-il et change-t-il lorsqu'une tempête se développe?



Recherche de sens des NGSS

Cette série d'activités aidera les élèves à assembler différentes parties d'un modèle sur lequel ils ont travaillé dans les leçons précédentes. L'objectif est que les élèves relèvent les mécanismes et les processus sous-jacents importants qui expliquent comment l'humidité devient disponible dans un endroit au cours d'une tempête isolée. Les élèves utilisent des preuves de leurs études antérieures pour évaluer le modèle émergent par rapport à leurs Idées modèles, ou les règles du système.

INDICATEUR DE RENDEMENT

- Mener une expérience et analyser et interpréter les données pour décrire comment les changements de température dans une masse d'air entraînent la modification et le déplacement de l'air.
- Concevoir et utiliser un modèle pour expliquer comment l'énergie solaire, la convection, l'eau à la surface et dans l'air, et les variations de température et d'humidité créent des conditions favorables à/entraînent la formation de tempêtes isolées.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- À l'échelle mondiale, la circulation de l'eau et ses changements sont causés par la lumière du Soleil. Les systèmes météorologiques sont influencés par les interactions entre la lumière du soleil, l'atmosphère et la terre.
- Analyser et interpréter les données pour fournir les preuves d'un phénomène.
- Recueillir et produire des données servant d'éléments de preuves en réponse aux questions scientifiques.
- Concevoir et/ou réviser un modèle pour montrer la relation entre les variables, y compris celles qui ne sont pas observables, mais qui prévoient la survenue de phénomènes observables.
- Les relations de cause à effet peuvent servir à prévoir les phénomènes dans les systèmes naturels.

DIMENSIONS DES NGSS (3^e ANNÉE-5^e ANNÉE) (RENFORCEMENT)

- Concevoir et/ou réviser de manière collaborative un modèle fondé sur des preuves qui montrent les relations entre les variables pour des événements fréquents et réguliers.

Marche à suivre du professeur

Démonstration : Air chaud et air frais



1. **Faire la transition avec la leçon précédente.** À la fin de la leçon précédente, les élèves ont fait part de leurs idées sur la manière dont l'eau à la surface (près du fond) de leurs bouteilles s'est retrouvée sur la partie supérieure des bouteilles.

Passez en revue cette discussion à l'aide des questions suivantes :

- *Qu'est-il arrivé à l'eau à la surface avant qu'elle se déplace vers le haut de la bouteille?*
 - *Qu'est-il arrivé à l'eau en haut de la bouteille?*
 - *Comment l'eau est arrivée là? Pourquoi est-elle montée?*
2. **Souligner la nécessité d'étudier le mouvement vertical de l'air.** Les élèves peuvent dire que l'évaporation est la façon dont l'eau à la surface s'élève plus haut dans l'atmosphère. Rappelez aux élèves le cycle de l'eau. Définissez l'évaporation et comment elle explique la modification de l'eau liquide en gaz, mais pas la façon dont elle se déplace vers le haut. (Déterminez si les élèves ont besoin de soutien supplémentaire pour comprendre les processus du cycle de l'eau.)

Transition suggérée :

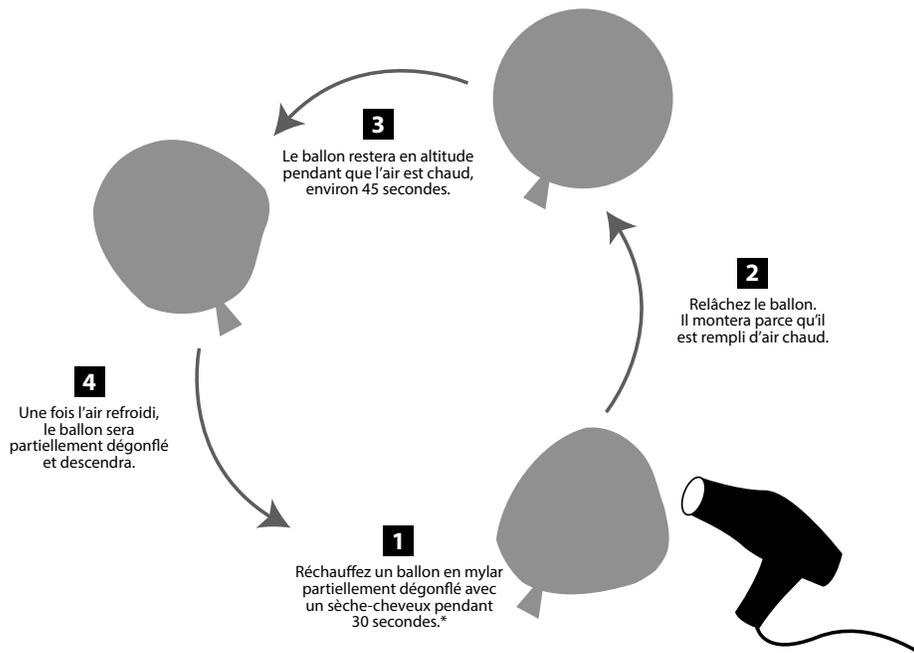
- *« Donc nous savons que la surface est plus chaude ici et que l'eau s'évapore, et nous savons que l'eau se condense ici parce que c'est plus froid, mais comment et pourquoi la vapeur d'eau se déplace-t-elle vers le haut? Nous devons le déterminer. Si on ajoute de la chaleur à l'air ici, peut-on faire monter le ballon? »*
3. **Mettre à profit les expériences des élèves au sujet de l'air réchauffé et de la vapeur.** Demandez aux élèves de réfléchir à la raison pour laquelle la vapeur d'eau récemment réchauffée se déplacerait vers le haut. Élargissez la discussion pour tenter d'obtenir les expériences des élèves en rapport avec la vapeur d'eau réchauffée (p. ex., buée) et l'air réchauffé (p. ex., « vagues de chaleur » sur les autoroutes). Indiquez un schéma selon lequel cet air chaud semble remonter. Demandez aux élèves pourquoi ils pensent que l'air chaud se déplace vers le haut.
 4. **Présenter aux élèves l'étude sur le ballon en mylar.** Le ballon en mylar contient de l'hélium et les élèves vont réchauffer ce gaz pour voir s'ils peuvent faire monter le ballon.



Lien vers le scénario

Ce mouvement définit la nécessité d'expliquer l'air circulant vers le haut. Les élèves peuvent penser que l'évaporation suffit. Ils ont besoin d'aide pour voir qu'il manque un élément à leurs modèles.

DÉMONSTRATION AVEC LE BALLON EN MYLAR

**HEURE :**

- La configuration prend moins d'une minute
- * Le temps nécessaire pour que le ballon gonfle visiblement variera (généralement 20 à 60 secondes)
- Le ballon restera dans les airs pendant environ 45 secondes avant de se dégonfler et de redescendre vers le sol

MATÉRIEL :

- Ballon en mylar partiellement dégonflé rempli d'hélium. Doit reposer légèrement près du sol
- Sèche-cheveux
- Paille

CONSEILS ET PRÉPARATION PRÉLIMINAIRE :

- Dégonflez le ballon en insérant une paille aux trois-quarts dans le trou près de la base du ballon. Pressez légèrement l'air du ballon, mais évitez de trop le vider. Préparez quelques ballons supplémentaires au cas où un ou plusieurs ne fonctionneraient pas correctement.
- Si vous avez un thermomètre infrarouge, envisagez de mesurer la température du ballon avant de le chauffer, pendant qu'il est chauffé, puis quand il se refroidit.

RESSOURCES VIRTUELLES :

- Vidéo de démonstration : <https://scied.ucar.edu/warming-mylar-balloon>

5
LEÇON
ÉTAPE 1

- 5. Configurer l'activité en laboratoire.** Demandez aux élèves d'aller à la *Leçon 5 : Étape 1* de leurs feuilles d'activités de l'élève. Demandez-leur de dessiner l'installation de démonstration sur leurs feuilles d'activités.
- 6. Réchauffer le ballon en mylar.** Demandez à un volontaire de réchauffer le ballon en mylar à l'aide d'un sèche-cheveux. Il est important de représenter le ballon comme une poche d'air située à la surface de la Terre. Le sèche-cheveux doit représenter l'énergie thermique qui se dégage du sol et non pas l'énergie de la lumière du Soleil au-dessus.

LEÇON
5

ÉTAPE 1

- Faire des observations sur le ballon.** Les élèves font des observations sur ce qu'ils voient et entendent alors que l'air à l'intérieur du ballon en mylar est réchauffé (p. ex., plissement pendant qu'il se dilate et se déplace jusqu'au plafond). Demandez aux élèves d'ajouter ces observations à leur feuille d'observation dans la *Leçon 5 : Étape 1*. Continuez à observer le ballon en mylar tandis qu'il se refroidit (environ une minute ou moins). Une fois que l'air à l'intérieur du ballon se refroidit, il commence à tomber et à se rétracter visiblement. Demandez aux élèves d'ajouter des observations à leurs feuilles d'observation. Répétez la démonstration une deuxième ou une troisième fois avec différents élèves volontaires pour faire d'autres observations et demandez aux élèves de commencer à expliquer ce qui se passe dans le ballon.
- Proposer une explication initiale.** Invitez les élèves à répondre aux questions à la fin de la *Leçon 5 : Étape 1* sur leurs feuilles d'activités. Les élèves doivent expliquer ce qui se passe à l'intérieur du ballon en mylar lorsqu'il est chauffé et lorsqu'il tombe. Si les élèves débutent dans le domaine du mouvement de particules et de l'énergie thermique, ils pourraient être incertains de ce qui se passe dans le ballon. Vous les aiderez à comprendre que les molécules d'air réchauffées se déplacent plus et qu'elles sont plus écartées les unes des autres, et vice versa pour les molécules d'air qui ont refroidi. Les élèves vont découvrir ces concepts dans la lecture qui suit. Encouragez les élèves à penser au fait que le ballon renferme la même quantité d'air, qu'il soit chaud ou froid, mais qu'il change en termes de volume, ce qu'ils observent lorsque le ballon se dilate et se contracte.

Lecture interactive : L'air en déplacement

LEÇON
5

ÉTAPE 2

- Faire la transition à partir de la recherche avec le ballon en mylar.** Les élèves ont des idées initiales pour expliquer l'air chaud à l'intérieur du ballon qui monte. Ils ont probablement besoin d'informations supplémentaires pour assembler les pièces d'un modèle de convection. Expliquez aux élèves que lire davantage au sujet des molécules dans l'air peut les aider à mieux comprendre ce qui se passe. Demandez-leur d'aller à la *Leçon 5 : Étape 2*, une lecture interactive appelée L'air en déplacement. Les élèves interagiront avec les nouvelles informations en dessinant des diagrammes et en résumant de nouvelles informations.
- Lire les deux premiers paragraphes et dessiner l'air chaud et froid sur le diagramme.** La première partie de la lecture porte sur ce qui se passe lorsque la chaleur est transférée vers des molécules d'air ou lorsque ces molécules perdent de l'énergie. Les élèves dessinent des diagrammes pour montrer que les molécules d'air réchauffées dans un ballon se déplacent plus rapidement et se dispersent et que les molécules d'air plus froides se rapprochent et se déplacent plus lentement.
- Prendre connaissance de la façon dont la gravité influe sur les molécules d'air.** Les élèves lisent puis ils dessinent des molécules bas dans l'atmosphère à une pression plus élevée et des molécules en hauteur à une pression plus basse (plus étalées), ce qui les aidera à comprendre pourquoi l'air chaud monte. Demandez aux élèves d'indiquer sur leurs dessins où se trouvent la « zone de basse pression » et la « zone de haute pression ».
- En savoir plus sur le processus de convection.** Les élèves lisent et regardent un diagramme de particules montrant comment les molécules d'air changent pendant la convection. Après la période de lecture, posez la question : « Comment la convection pourrait-elle être liée au(x) _____? » (p. ex., ballon en mylar, modèles en bouteille, tempêtes en formation). On rappelle aux élèves la relation entre la vapeur d'eau et l'air chaud/refroidi (dans la *Leçon 4*). La vapeur se condense à partir de l'air lorsque l'air atteint des températures plus froides.
- Revoir les explications sur la montée de l'air chaud et les ajouter au Suivi des idées modèles.** Terminez la lecture en faisant réfléchir les élèves à la question : « Pourquoi l'air chaud monte-t-il et l'air frais descend-t-il? » Les élèves écrivent leurs idées sur la lecture en premier. Pendant que les élèves partagent leur réflexion avec la classe, demandez-leur de faire la relation entre le phénomène précédent et les schémas de données qu'ils ont vus dans l'unité (p. ex., ballon en mylar, modèles en bouteille, vidéos en accéléré d'une tempête isolée, schémas de température de la surface jusqu'aux nuages) et comment les nouveaux concepts les aident à expliquer ce qu'ils ont observé.

Idées modèles :

- L'air chaud monte et l'air plus froid descend.
- L'air chaud peut emmagasiner plus de vapeur d'eau que l'air frais.



Connexion alphabétisation

Les élèves interagissent avec cette lecture en synthétisant de nouvelles informations et en établissant des liens avec ce qu'ils ont appris précédemment.



Obtenir des informations

Les élèves lisent le texte scientifique pour déterminer les concepts importants qui les aident à expliquer les phénomènes.



Lien vers le scénario

Il s'agit d'un moment important dans la leçon. Expliquez où les élèves commencent à utiliser les mouvements de particules, la convection et l'humidité pour expliquer les phénomènes.



Conception et utilisation des modèles

Ajoutez de nouvelles idées au Suivi des idées modèles sur la convection et l'humidité obtenues à partir de la lecture et l'étude du ballon en mylar.

Modèle de consensus pour une tempête isolée



1. **Consacrer du temps à « faire un bilan » en retournant au Tableau des questions directrices.** Pendant que vous faites la transition avec la lecture et les idées récemment développées par les élèves sur les molécules d'air, le mouvement des particules et la convection, demandez-leur de réfléchir à ce qu'ils ont appris. Revenez au Tableau des questions directrices pour voir à quelles questions les élèves peuvent répondre maintenant. Alors que les élèves examinent leurs questions et répondent à certaines d'entre elles, utilisez ces informations pour expliquer comment vous abordez le Modèle de consensus. Il se peut que les élèves doivent revoir un ensemble de données expliquées plus tôt dans la séquence pour « rafraîchir » leur réflexion et/ou établir des liens qu'ils n'ont pas encore établis.
2. **Revoir la vidéo en accéléré de la journée orageuse pour motiver l'explication de ce phénomène.** Regardez de nouveau la vidéo en accéléré d'une tempête isolée et demandez aux élèves de travailler en petits groupes pour discuter des phénomènes importants qui se produisent pour que la tempête se forme. Dites-leur qu'ils vont élaborer un modèle pour expliquer la tempête isolée :
 - « Voyons si nous pouvons rassembler tout ce que nous avons appris afin de créer un modèle qui explique ce qui se passe pour que la tempête se forme. »
3. **Revoir le Suivi des idées modèles.** À l'aide du Suivi des idées modèles, examinez les « règles du système » importantes. Ces Idées modèles fournissent des preuves pour les appuyer et peuvent aider les élèves à comprendre comment fonctionne un système. Lorsque les élèves élaborent le Modèle de consensus pour une tempête isolée, ils doivent prêter attention à l'adéquation de leur modèle avec leurs Idées modèles.
4. **Préparer le Modèle de consensus.** Demandez aux élèves d'aller à la *Leçon 5 : Étape 3* sur leurs feuilles d'activités de l'élève pour noter individuellement leurs idées sur la manière dont les précipitations se produisent dans une tempête isolée. Dites-leur qu'après avoir élaboré leur modèle, la classe proposera un Modèle de consensus pour une tempête isolée qui tient compte des Idées modèles des élèves.
5. **Concevoir un Modèle de consensus.** Dans un espace accessible à toute la classe, dessinez le Modèle de consensus pour une tempête isolée tandis que les élèves font part de leurs réflexions sur les processus et conditions nécessaires pour les tempêtes. Pour chaque ajout suggéré, présentez l'idée à la classe afin que les autres élèves la clarifient et la modifient avant de la consigner dans le modèle de classe. Demandez spécifiquement aux élèves de citer des données ou d'autres preuves pour appuyer leurs idées. Une liste de questions directrices est fournie sur la feuille d'activités de l'élève pour aider à organiser les parties du modèle.
6. **Terminer le Modèle de consensus.** Une fois que la version de la classe du Modèle de consensus pour une tempête isolée est terminée, demandez aux élèves de réviser leurs modèles sur leur feuille d'activités des élèves à l'aide d'un crayon de couleur différente. Encouragez les élèves à matérialiser leurs idées de différentes manières si cela les aide à comprendre ce qui se passe dans le modèle. Ils n'ont pas besoin de se souvenir du modèle exact élaboré par la classe, mais ils doivent en mémoriser un qui est cohérent avec le Suivi des idées modèles.

LEÇON
5

ÉTAPE 3



Évaluation

Revenir au Tableau des questions directrices permet à vos élèves et à vous-même d'évaluer les progrès par rapport à leurs questions. Vous pouvez formaliser cette évaluation autant que vous le souhaitez, par exemple, en demandant aux élèves d'écrire des explications à leurs questions ou simplement de discuter à voix haute de leurs nouvelles idées.



Conception et utilisation des modèles

Les élèves élaborent un modèle pour expliquer un phénomène de tempête isolée. Le modèle est examiné au regard de leurs preuves.

LEÇON
6

CRÉER UN ORAGE

Pouvons-nous définir les meilleures conditions pour les tempêtes?

S'ENGAGER

EXPLORER

EXPLIQUER

ÉLABORER

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(50 minutes)	
<p>Simuler un orage Les élèves testent leurs modèles en manipulant des parties de ces modèles pour voir comment les changements apportés influencent le risque potentiel de tempête. Les élèves ont la possibilité de confirmer des parties de leurs modèles et d'affiner d'autres parties en fonction de cette étude.</p>	<p>Leçon 6 : Feuille d'activités de l'élève </p> <p>Ordinateurs</p> <p>Simuler un orage https://scied.ucar.edu/make-thunderstorm</p>
<p>Quand a-t-il plu? Les élèves reçoivent un ensemble de données consignées sur une période de deux jours. Pendant les deux jours, il n'a plu qu'une seule fois. À l'aide de ce que les élèves savent sur les conditions les plus favorables aux précipitations, ils identifient les moments où il a plu et proposent une explication factuelle appuyant leur choix. Cette activité peut être ajustée pour servir à l'évaluation du rendement.</p>	
<p>Retour au Tableau des questions directrices/Évaluation La classe travaille ensemble pour préparer un Modèle de consensus afin d'expliquer les conditions atmosphériques les plus favorables à la formation des tempêtes. Les élèves tirent des idées de leurs précédents Modèles de travail pour créer un modèle complet afin de montrer comment l'humidité devient disponible dans un endroit, augmentant ainsi le risque de tempête isolée.</p>	<p>Tableau des questions directrices (utilisé dans la Leçon 5) Banque d'élément d'évaluation</p>



CRÉER UN ORAGE

Pouvons-nous définir les meilleures conditions pour les tempêtes?



Recherche de sens des NGSS

Cette série d'activités aide les élèves à assembler différentes parties d'un modèle sur lequel ils ont travaillé dans les leçons précédentes. L'objectif est que les élèves relèvent les mécanismes et les processus sous-jacents importants qui expliquent comment l'humidité devient disponible à un endroit au cours d'une tempête isolée. Les élèves utilisent des preuves de leurs études pour évaluer le modèle émergent par rapport à leurs Idées modèles ou aux règles du système.

INDICATEUR DE RENDEMENT

- Recueillir, analyser et interpréter les données pour décrire les conditions de température et d'humidité au sol et dans les nuages qui créent des conditions favorables/entraînent la formation d'une tempête.
- Analyser et interpréter les tendances dans les données pour expliquer comment et pourquoi l'humidité et la température changent dans une tempête isolée.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- À l'échelle mondiale, la circulation de l'eau et ses changements sont causés par la lumière du Soleil. Les systèmes météorologiques sont influencés par les interactions entre la lumière du soleil, l'atmosphère et la terre.
- Analyser et interpréter les données pour fournir les preuves d'un phénomène.
- Concevoir et/ou réviser un modèle pour montrer la relation entre les variables, y compris celles qui ne sont pas observables, mais qui prévoient la survenue de phénomènes observables.
- Se servir de graphiques pour préciser les schémas dans les données.
- Les relations de cause à effet peuvent servir à prévoir les phénomènes dans les systèmes naturels.

Marche à suivre du professeur

Simuler un orage



- 1. Faire la transition avec la leçon précédente.** Prenez un moment pour examiner le Modèle de consensus pour une tempête isolée. Demandez aux élèves s'il y a de nouvelles questions du Tableau des questions directrices auxquelles ils peuvent maintenant répondre. Demandez aux élèves de partager ces questions et réponses avec la classe.
- 2. Revenir au phénomène qui sert de pilier.** Demandez aux élèves de se mettre en petits groupes pour discuter de ce qu'ils savent maintenant des « causes » des précipitations et du risque potentiel de précipitations. Demandez-leur de partager leur réflexion sur le phénomène qui sert de pilier et s'ils pensent que le Modèle de consensus pour une tempête isolée est cohérent avec la tempête qui a eu lieu au Colorado. Discutez de la manière dont la tempête du Colorado peut s'adapter ou non aux Idées modèles. Notez que les élèves ont pu également reconnaître que la durée de la tempête, qui a persisté pendant plusieurs jours, ne correspond pas au Modèle de consensus pour une tempête isolée.

Idées modèles issues de la séquence d'apprentissage 1 :

- L'évaporation de l'eau à la surface est importante pour les nuages/les tempêtes.
 - L'évaporation se produit en raison du réchauffement par la lumière du Soleil.
 - Les nuages se forment lorsque l'eau se condense.
 - La surface est plus chaude que l'air au-dessus d'elle.
 - L'air près du sol est plus chaud que l'air à des altitudes plus élevées, par exemple près de l'endroit où les nuages se forment.
 - La hausse de la température et de l'humidité sont des conditions favorables à la formation d'une tempête isolée.
 - La hausse de la température et une faible humidité ne sont pas des conditions favorables à la formation d'une tempête isolée.
 - Une source d'humidité est importante pour amener l'eau dans l'atmosphère pour la formation de tempêtes.
 - L'air chaud monte et l'air plus froid descend.
 - L'air chaud peut emmagasiner plus de vapeur d'eau que l'air frais.
- 3. Encourager les élèves à tester leurs modèles.** Expliquez aux élèves qu'il est important de tester un modèle afin de s'assurer qu'il est utile pour comprendre un phénomène et qu'il peut être utile pour faire des prévisions. S'ils peuvent comprendre quelles sont les conditions les plus favorables à la formation des fortes tempêtes accompagnées de précipitations abondantes, et celles des tempêtes plus faibles ou moins importantes avec moins de précipitations, leurs modèles seront plus performants pour expliquer pourquoi certaines tempêtes s'accompagnent de plus de précipitations que d'autres.

LEÇON
6

- 4. Présenter la simulation Créer un orage.** Demandez aux élèves d'aller à la *Leçon 6 : Feuille d'activités de l'élève*. Présentez aux élèves la simulation Créer un orage, qui leur permet de manipuler les parties liées à la température et l'humidité dans leurs modèles pour voir comment changer des éléments du modèle influence le risque potentiel de tempête. Insistez sur le fait que, si une variable dans leurs modèles change, les résultats changent. Ils devront expliquer pourquoi une forte tempête se forme et pourquoi une tempête plus faible se forme, sur la base des changements qu'ils ont apportés aux parties du modèle.

SIMULER UN ORAGE

Lien pour la simulation : <https://scied.ucar.edu/make-thunderstorm>



Lien vers le scénario
Revenir au Tableau des questions directrices peut aider les élèves à se rappeler de leurs questions initiales au début de l'unité.



Conception et utilisation des modèles
Les élèves recourent à leurs modèles pour prédire la probabilité d'une tempête et affiner leurs modèles en fonction des données simulées.



Systèmes et modèles de systèmes
Les élèves apprennent que la modification d'une variable dans le modèle de systèmes peut changer complètement le modèle.



Conception et utilisation des modèles
Les élèves recourent à leurs modèles pour faire des prédictions et affiner leurs modèles en fonction des preuves.

LEÇON
6

ÉTAPE 1

5. **Utiliser le Modèle de consensus pour faire des prévisions.** Demandez aux élèves de faire des prévisions sur les conditions les plus favorables à la formation des tempêtes. Les élèves notent leurs prévisions dans la *Leçon 6 : Étape 1* de leurs feuilles d'activités.

LEÇON
6

ÉTAPE 2

6. **Recueillir des preuves de la simulation.** Divisez les élèves en groupes avec un ordinateur ou une tablette. Invitez-les à considérer la simulation et donnez-leur des instructions pour noter les données dans la *Leçon 6 : Étape 2*. Les élèves recueillent des données sur la simulation. Circulez dans la classe et suivez les progrès accomplis. Demandez aux élèves d'expliquer l'issue de la tempête en considérant les conditions qui ont aidé à la formation d'une tempête et les conditions qui n'ont pas aidé à la formation d'une tempête.

Schémas importants à dégager à partir de la simulation :

- Des températures chaudes près de la surface et des températures plus froides dans l'atmosphère avec une humidité élevée sont des conditions idéales pour les orages.
 - Si la différence de température est moins importante entre les deux altitudes, des tempêtes plus faibles peuvent toujours se former.
 - Si l'humidité est faible, quelle que soit la température, les orages n'éclateront pas.
7. **Confirmer et/ou améliorer le Modèle de consensus.** Dans une discussion avec toute la classe, revenez au Modèle de consensus pour confirmer ou améliorer le modèle. Demandez aux élèves d'utiliser les données de la simulation pour déterminer s'ils peuvent confirmer le modèle ou veulent en modifier une partie.

Quand a-t-il plu?



1. **Faire la transition avec l'activité précédente.** Les élèves comprennent comment utiliser la température et l'humidité pour interpréter le risque potentiel de tempête dans les tempêtes convectives, notamment les tempêtes isolées. Les élèves auront recours à ce qu'ils savent pour identifier un événement pluvieux et pour élaborer une explication sur ce qui a conduit à cet événement. Utilisez le Suivi des idées modèles pour aider les élèves à rassembler ce qu'ils savent pour affirmer quand cet orage pluvieux va se former :
- *Si l'air près de la surface de la Terre doit être chaud et monter pour former une tempête, et que le Soleil réchauffe la surface du sol, ce qui réchauffe l'air près du sol, alors à quelle heure de la journée vous attendriez-vous à voir un orage?*

LEÇON
6

ÉTAPE 3

2. **Inviter les élèves à considérer le nouvel ensemble de données.** Demandez aux élèves d'aller à la *Leçon 6 : Étape 3* sur leurs feuilles d'activités. Les élèves examinent les données historiques de température et d'humidité pour tester si leurs modèles de tempête isolée les aident à déterminer quand un événement pluvieux s'est produit à Pompano, en Floride.

ENSEMBLE DE DONNÉES DE POMPANO

Cet ensemble de données est fourni par Pompano Beach High School (une école du réseau GLOBE) à Pompano, en Floride. Les données sur la température et l'humidité (relative) du 21 au 22 juillet 2017 proviennent d'une station météorologique automatisée WeatherBug située à proximité de cette école du réseau GLOBE. Ces stations automatisées enregistrent les données météorologiques quotidiennement toutes les 15 minutes. Ces données sont disponibles sur l'outil GLOBE Visualisation et l'outil GLOBE d'accès avancé aux données.

3. **Analyser les données.** Laissez les élèves travailler individuellement ou en groupes pour analyser les données et déterminer l'heure de l'événement pluvieux. Si les élèves ne tombent pas d'accord, ils doivent donner des preuves pour justifier leurs choix.



Évaluation

Cette activité peut servir d'évaluation individuelle du rendement si vous pensez que vos élèves sont prêts à démontrer ce qu'ils savent. Si vos élèves ont besoin de plus de pratique pour comprendre les concepts, ils doivent travailler sur cette tâche en groupes.



Analyse et interprétation des données

Les élèves analysent les données sur la température et l'humidité pour déterminer le moment probable d'un événement pluvieux.



Schémas dans les données

Les élèves utilisent des schémas dans les données pour élaborer une explication pour un événement pluvieux.

- Partager les données sur les précipitations avec les élèves.** Projetez les données sur les précipitations afin que les élèves puissent vérifier s'ils avaient raison dans leurs identifications. Dans une discussion avec toute la classe, demandez aux élèves d'expliquer si leurs décisions étaient correctes ou incorrectes et d'en faire part aux autres.

Tableau des questions directrices / Évaluation



- Donner du temps aux élèves pour mettre à jour le Tableau des questions directrices.** Demandez aux élèves de retourner au tableau pour répondre aux questions, apporter des changements aux questions et/ou ajouter de nouvelles questions. Demandez aux élèves de partager à voix haute les nouvelles réponses qu'ils ont et/ou les nouvelles questions qu'ils souhaitent ajouter.
- Revenir de nouveau au phénomène qui sert de pilier.** Demandez aux élèves : « La tempête du Colorado a-t-elle eu lieu l'après-midi? » Les élèves se rappelleront peut-être que la vidéo a révélé que la tempête a duré plusieurs jours. Demandez aux élèves quelles parties de leurs modèles pourraient expliquer l'événement et quelles différences leur viennent à l'esprit. Comme l'événement du Colorado a duré beaucoup plus longtemps qu'une tempête isolée type, il se peut que cette tempête soit d'un type différent. Servez-vous en pour lancer d'autres études sur différents types de tempêtes que les élèves exploreront dans la séquence d'apprentissage 2.

Par exemple :

- « Notre modèle nous aide à expliquer certains types de tempêtes, mais la tempête du Colorado a duré beaucoup plus longtemps. La tempête du Colorado peut être un autre type de tempête, nous devons donc faire des recherches supplémentaires pour la comprendre. »
- Mettre l'accent sur les points forts et les limites des modèles.** Demandez aux élèves de parler des types d'orages que leurs modèles expliquent bien, mais aussi des types d'orages qui ne correspondent pas à leurs modèles. Expliquez aux élèves que les modèles sont des outils qui nous aident à expliquer certains phénomènes qui se produisent dans le monde, mais qu'ils ne sont pas toujours parfaits et ne peuvent pas tout saisir. Ceci est particulièrement vrai pour les modèles de systèmes complexes comme les systèmes météorologiques, c'est pourquoi la météo est prévue de manière probabiliste.
 - Évaluer l'apprentissage des élèves à l'aide de l'évaluation de la séquence d'apprentissage 1.** Vous trouverez la banque d'éléments d'évaluation et la grille de notation dans la section Évaluations de *GLOBE Weather*.



Apprentissage à domicile
Demandez aux élèves de commencer à penser aux tempêtes qui correspondent à leurs modèles et aux tempêtes qui ne leur correspondent pas. Ils doivent se préparer à partager leurs idées lors du cours suivant.

GUIDE DU PROFESSEUR

▼▼▼
SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE 2

S'ENGAGER

LEÇON 7

Un autre type de tempête

EXPLORER

LEÇON 8

Météo avant, pendant et après
le passage d'un front froid

EXPLIQUER

LEÇON 9

Tempêtes et précipitations
le long d'un front

ÉLABORER

LEÇON 10

Front en déplacement

LEÇON 11

Examen plus approfondi des
systèmes dépressionnaires

Un front se dirige vers vous

Quels autres types de tempêtes s'accompagnent de précipitations?



L'objectif de cette séquence d'apprentissage est de continuer à renforcer la compréhension des élèves sur la façon dont les tempêtes se forment. Dans la séquence d'apprentissage 1, les élèves ont examiné des données sur la température et l'humidité pour définir les conditions favorables aux tempêtes isolées, qui se forment par convection. Ils ont élaboré un modèle pour expliquer ce qui se passe dans l'atmosphère qui cause une tempête isolée. La séquence d'apprentissage 2 commence par une discussion sur les limites du modèle qu'ils ont fait pour décrire une tempête isolée. Les élèves se rendent compte que leur modèle ne convient pas pour une tempête qu'ils observent dans une vidéo en accéléré : la tempête dure plus longtemps qu'une tempête isolée. Il s'agit du passage d'un front froid, qui est le phénomène à l'étude pour la séquence d'apprentissage 2. Les élèves étudient d'autres façons dont les tempêtes se forment à un endroit, en particulier lorsqu'un front froid ou un système dépressionnaire se déplace dans un endroit. Les élèves tirent parti des Idées modèles existantes de la séquence d'apprentissage 1 et en élaborent de nouvelles pour expliquer ces nouveaux types de tempêtes. Par exemple, ils appliquent ce qu'ils ont appris dans la séquence d'apprentissage 1, sur le rôle de l'air ascendant dans la formation des nuages et des précipitations, pour comprendre pourquoi l'air chaud, poussé vers le haut à un front froid, entraîne la formation de nuages et de précipitations. Ils vérifient leur nouveau modèle en revoyant la tempête du Colorado qu'ils ont étudiée dans la leçon pilier. Cette séquence change les échelles spatiotemporelles; les élèves examinent un endroit sur une seule journée, puis examinent une zone plus vaste sur plusieurs jours.

IDÉES SCIENTIFIQUES

Les masses d'air sont de vastes zones de l'atmosphère ayant des schémas similaires de température et d'humidité. Les frontières entre les masses d'air sont appelées fronts. Dans un front froid, les masses d'air plus froid et plus sec se déplacent vers les masses d'air chaud et humide. L'air chaud est poussé vers le haut, ce qui peut entraîner des précipitations le long du front. Les zones dans lesquelles l'air se déplace vers le haut sont des zones de basse pression. Les zones de haute pression sont un des facteurs qui entraînent le déplacement des masses d'air. Les zones de haute pression se caractérisent par un air descendant qui s'étale au niveau du sol.

Contenu scientifique

QU'EST-CE QU'UNE MASSE D'AIR?

L'air présent au-dessus d'une grande zone géographique ayant une température et une teneur en humidité similaires est appelé une masse d'air. Par exemple, la masse d'air au-dessus de l'Arctique canadien est froide et sèche, car elle est à haute latitude et au-dessus de la terre. La masse d'air au-dessus du golfe du Mexique et du sud-est américain est chaude et humide, car elle est à une latitude plus basse et principalement au-dessus d'eaux chaudes.

LES FRONTS SONT LES FRONTIÈRES ENTRE LES MASSES D'AIR.

Il existe plusieurs types différents de fronts, notamment des fronts froids (dans lesquels une masse d'air froid se glisse dans une masse d'air chaud), des fronts chauds (dans lesquels une masse d'air chaud se glisse dans une masse d'air froid) et des fronts stationnaires (dans lesquels une masse d'air froid et une masse d'air chaud sont en mouvement mais ne peuvent pas pénétrer l'une dans l'autre). Bien que cette séquence d'apprentissage donne des exemples pour se concentrer sur les fronts froids, différents types de fronts se produisent généralement autour des zones de basse pression.

Un front froid se forme à la frontière entre une masse d'air froid et une masse d'air chaud lorsque l'air froid se glisse sous l'air chaud. Les fronts froids peuvent produire des changements météorologiques spectaculaires car l'air froid est si dense qu'il peut rapidement s'imposer dans une masse d'air chaud.

Généralement, lorsque le front froid traverse un endroit, les vents soufflent en rafales et la température chute brutalement. Une pluie abondante, de la grêle, du tonnerre et des éclairs peuvent se produire. L'air chaud soulevé devant le front produit des cumulus ou des cumulonimbus. La pression atmosphérique diminue puis augmente sur le front. Après le passage d'un front froid, vous remarquez peut-être que la température est plus froide, que la pluie a cessé et que les cumulus sont remplacés par des stratus ou des stratocumulus, ou un ciel dégagé. Un front froid (et la masse d'air froid qui se déplace à l'intérieur) pourrait ne pas être froid mais plutôt « plus frais » que l'air qu'il remplace. Pendant l'été, les températures peuvent être assez chaudes, mais un front froid apporte généralement un temps plus frais par rapport aux jours précédents.

Sur les cartes météorologiques, un front froid (voir image) est représenté par une ligne bleue fixe avec des triangles du long. Les triangles sont comme des flèches pointant dans la direction vers laquelle le front se déplace. Notez sur la carte que les températures au niveau du sol sont plus chaudes à l'avant du front qu'à l'arrière. Cela représente les deux masses d'air différentes qui se rencontrent sur le front. La masse d'air à l'arrière du front est plus froide que la masse d'air à l'avant du front.

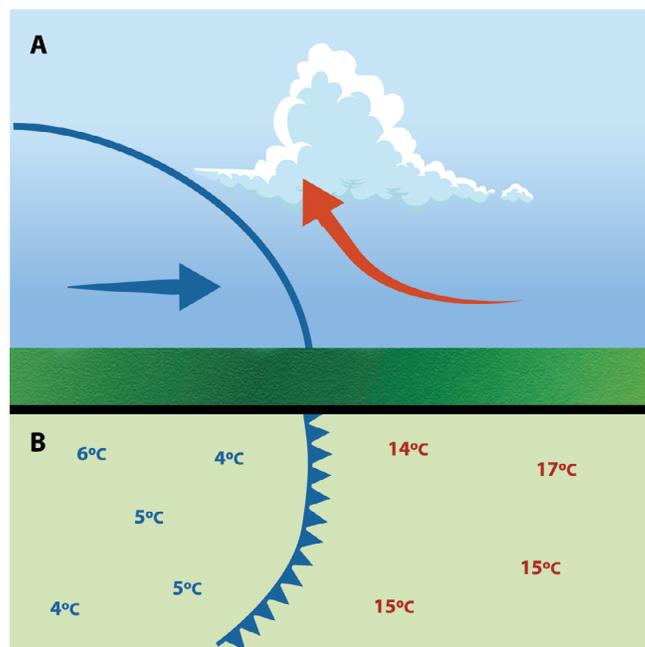
Soyez à l'affût afin d'éviter toute confusion des élèves sur l'endroit où les précipitations se produisent dans un front froid. Les précipitations se produisent le long d'un front froid plutôt que dans les masses d'air, car la masse d'air chaud refroidit et se condense à mesure qu'elle s'élève dans l'atmosphère.

LES VARIATIONS SPATIALES DANS LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE AIDENT LES FRONTS À SE DÉPLACER.

Dans les zones de haute pression (appelées « anticyclones » et représentées par un « A » majuscule sur les cartes météorologiques), l'air provenant d'altitudes plus élevées descend. Au niveau du sol, le débit descendant d'air s'étend à partir de la zone de haute pression.

Dans les zones de basse pression (appelées « systèmes dépressionnaires » et représentées par un « D » majuscule sur les cartes météorologiques), l'air en basse atmosphère monte. Au niveau du sol, l'air s'engouffre pour remplacer l'air qui se déplace vers le haut.

NOTE : Sur les cartes, en anglais, les symboles utilisés sont « H » (high pressure) et « L » (low pressure).



A. Section transversale d'un front froid, où une masse d'air froid se glisse sous une masse d'air chaud. L'air chaud est poussé vers le haut où il refroidit et la vapeur d'eau se condense pour former des nuages.

B. Vue cartographique d'un front froid. La masse d'air froid se trouve sur le côté gauche, se glissant sous une masse d'air chaud. La ligne bleue bordée de triangles indique l'endroit où se rejoignent l'air froid et l'air chaud.

Dans l'ensemble, les vents de surface passent d'une zone de haute pression à une zone de basse pression. Lors de la deuxième étude de cette séquence d'apprentissage, les élèves apprendront comment les différences de pression atmosphérique influencent le mouvement des masses d'air, créant ainsi un front froid tandis qu'une zone de haute pression amène une masse d'air froid à se glisser sous une masse d'air chaud. (Remarque : le tourbillonnement de l'air autour de la zone de haute et de basse pression est dû à la force de Coriolis, qui est abordée dans la séquence d'apprentissage 3.)

Remarquez que, même si les élèves peuvent saisir que l'air passe d'une zone de haute pression à une zone de basse pression, ils ont parfois du mal à expliquer pourquoi l'air se déplace. Rappelez-leur que c'est la zone de haute pression qui pousse l'air vers le bas et la zone de basse pression qui permet à l'air de monter. À mesure que certaines molécules d'air montent, d'autres molécules d'air se déplacent pour remplir l'espace vacant. Comme certaines molécules d'air sont poussées vers le bas, les molécules d'air qui étaient déjà là sont forcées de se déplacer ailleurs. Le fait de dessiner et d'étiqueter des images d'air circulant dans les systèmes de haute/basse pression peut aider à bien comprendre ces concepts.

Les fronts et les masses d'air se déplacent également en raison des mouvements de niveau supérieur du courant-jet (le courant d'air au sommet de la troposphère qui circule d'ouest en est autour de la planète aux latitudes moyennes). Comme cette unité porte sur les observations météorologiques au niveau du sol, le courant-jet n'est pas inclus; cependant, il joue un rôle important dans les systèmes météorologiques. Si le temps le permet, et si les élèves ont besoin d'un défi supplémentaire, vous pouvez inclure le courant-jet dans la section Expliquer de la deuxième étude.



Vous pouvez en apprendre davantage sur la manière dont différents types de front se forment autour d'une zone de basse pression en lisant l'article explicatif du modèle de cyclone norvégien (NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration) :

<https://www.weather.gov/jetstream/cyclone>

IDÉES FAUSSES RÉPANDUES :

Les fausses idées scientifiques suivantes ont été relevées par les professeurs de GLOBE Weather. Faites-y attention lorsque vos élèves étudient la météorologie.

IDÉE FAUSSE	EXPLICATION CORRECTE
<p>Les fronts froids se produisent en hiver parce qu'il fait froid. Les fronts chauds se produisent l'été parce qu'il fait chaud.</p>	<p>Il peut être trompeur d'attribuer une température à un front. Les fronts se produisent à tout moment de l'année. La température dans le nom indique ce qui arrive aux masses d'air. Les fronts sont nommés d'après la masse d'air qui se déplace vers une autre. Un front froid se forme lorsqu'une masse d'air froid se glisse sous une autre masse d'air. Un front chaud se forme là où une masse d'air chaud en pousse une autre.</p>
<p>Une masse d'air chaud est aussi chaude qu'un séjour tropical. Une masse d'air froid est glaciale.</p>	<p>L'air dans une masse d'air chaud peut être assez frais, surtout en hiver, et l'air dans une masse d'air froid peut sembler tiède. La température associée à la masse d'air est relative aux masses d'air adjacentes, et non une indication de ce qu'on ressent. Ainsi, face à un front froid par temps chaud l'été, une masse d'air humide très chaud peut être déplacée par une masse d'air légèrement moins chaude et plus sèche.</p>
<p>Les précipitations se produisent à l'intérieur d'une masse d'air.</p>	<p>Des précipitations peuvent survenir lorsqu'il y a une tempête isolée (comme les élèves l'ont vu dans la séquence d'apprentissage 1) dans une masse d'air. Mais lorsque les élèves relèvent l'emplacement des précipitations, dans le phénomène de front froid vu dans la séquence d'apprentissage 2, assurez-vous qu'ils comprennent que la pluie (ou la neige) tombera sur le front.</p>
<p>Idées fausses sur la pression</p>	<p>Dans la séquence d'apprentissage 2, les élèves vont étendre leurs connaissances sur la pression atmosphérique en apprenant que les centres des zones de basse et de haute pression sont marqués respectivement d'un « D » et d'un « A » sur les cartes météorologiques. Observez les fausses idées possibles sur la pression, notamment (1) que les zones de haute pression sont plus élevées dans l'atmosphère; (2) que là où la pression est élevée, l'air monte plus haut; et (3) que l'air chaud restera toujours bas en termes de pression.</p>
<p>L'air chaud retient plus d'humidité, car il y a plus d'espace entre les molécules.</p>	<p>L'espace entre les molécules n'est pas lié à la quantité d'humidité pouvant se trouver dans l'air. C'est plutôt l'énergie thermique de l'air chaud qui permet une évaporation plus importante, ce qui rend l'air chaud capable de retenir plus d'humidité.</p>

LEÇON **7**

UN AUTRE TYPE DE TEMPÊTE

Quels autres types de tempêtes s'accompagnent de précipitations?

S'ENGAGER

EXPLORER

EXPLIQUER

ÉLABORER

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(30 minutes)	
<p>À quoi ressemble un front froid? Les élèves échangent leurs idées sur les types de tempêtes. Ils regardent une vidéo en accéléré du passage d'un front froid et font des observations sur cette tempête. Ils partagent ensuite leurs observations initiales sur la différence entre un front froid et la tempête isolée qu'ils ont étudiée dans la séquence d'apprentissage 1. Les élèves voient une prévision initiale pour le passage d'un front froid et font des observations sur la température, l'humidité et les précipitations avant, pendant et après le passage du front.</p>	<p>Leçon 7 : Feuille d'activités de l'élève </p> <p>Vidéo en accéléré d'un front froid https://scied.ucar.edu/weather-timelapse-lyons-colorado-may-8-2017</p> <p>Tableau blanc, tableau intelligent ou papier millimétré et marqueurs (pour préparer le Tableau des questions directrices)</p>



Recherche de sens des NGSS

Dans la leçon S'engager, les élèves se rendent compte que le modèle qu'ils ont développé dans la séquence d'apprentissage 1 n'est pas adapté pour expliquer certaines des observations qu'ils font sur la tempête du Colorado. Ils remarquent que la tempête du Colorado dure plus longtemps qu'une tempête isolée. Un nouveau phénomène à l'étude est présenté aux élèves : une vidéo en accéléré d'un front froid, qui est un type de tempête qui peut durer plus longtemps et se produire à différents moments de la journée. À l'aide des Idées modèles existantes de la séquence d'apprentissage 1, les élèves font des prévisions sur les conditions changeantes au cours du passage du front froid et ce qui peut causer ces changements.

INDICATEUR DE RENDEMENT

- Se servir d'un modèle pour faire des prévisions sur les caractéristiques de l'air avant, pendant et après le passage d'un front froid.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- Les masses d'air circulent depuis les zones de haute pression vers celles de basse pression, ce qui amène des systèmes météorologiques (définis par la température, la pression, l'humidité, les précipitations et le vent) qui se forment dans un endroit fixe à changer au fil du temps. Des changements soudains de la météo peuvent survenir lorsque différentes masses d'air entrent en collision.
- Se servir d'un modèle pour prévoir les phénomènes.
- Les relations de cause à effet peuvent servir à prévoir les phénomènes dans les systèmes naturels.

DIMENSIONS DES NGSS (3^e ANNÉE-5^e ANNÉE) (RENFORCEMENT)

- Préciser les limites des modèles.

Marche à suivre du professeur

À quoi ressemble un front froid?

- Faire la transition avec la leçon précédente.** Demandez aux élèves de se rappeler le type d'Idées modèles importantes apprises pendant la séquence d'apprentissage 1. Passez brièvement en revue le Modèle de consensus que les élèves ont préparé pour expliquer l'humidité disponible pour une tempête isolée. Servez-vous des questions ci-dessous pour orienter votre discussion.

SUGGESTIONS DE QUESTIONS	EXEMPLES DE RÉPONSES DES ÉLÈVES
<i>Qu'avons-nous appris sur la température et les tempêtes?</i>	La température se réchauffe pendant la journée au cours d'une journée ensoleillée ou d'une journée orageuse. Il faut des températures chaudes pour que l'évaporation ait lieu.
<i>Qu'avons-nous appris sur l'humidité et les tempêtes?</i>	Il doit y avoir de l'humidité dans l'air pour qu'un orage pluvieux se forme.
<i>Quelqu'un peut-il expliquer pourquoi la tempête s'est produite l'après-midi?</i>	La tempête se produit l'après-midi après que le Soleil ait réchauffé le sol, ce qui a réchauffé l'air au-dessus et l'a amené à monter dans l'atmosphère et à entraîner la formation des nuages.

Fin de la discussion :

« Nous savons qu'il existe d'autres types d'orages et notre modèle nous aide uniquement à expliquer les précipitations dans un type de tempête, nous devons donc poursuivre nos recherches. »

- Miser sur les connaissances préalables des élèves au sujet des fronts froids.** Demandez aux élèves s'ils ont déjà entendu parler de front froid. Si oui, qu'est-ce qu'ils savent sur les fronts froids? Simplement en regardant ce terme, qu'attendraient-ils de ce type de tempête? Certains élèves peuvent se concentrer sur le changement extrême de température qui se produit lors du passage d'un front. D'autres élèves peuvent penser que les fronts froids ne se produisent qu'en hiver. Pendant la leçon S'engager, il est acceptable pour les élèves d'avoir des idées imprécises ou inexacts sur les fronts froids. Notez ce que vos élèves savent et ne savent pas sur les fronts froids afin de pouvoir revenir à certaines de ces idées au cours de cette séquence d'apprentissage.
- Faire des observations à partir d'une vidéo en accéléré du passage d'un front froid.** Dites aux élèves que vous disposez d'une vidéo d'un front froid, et qu'ils doivent comprendre comment cette tempête est différente des vidéos qu'ils ont vues sur les tempêtes isolées. Dites-leur qu'ils regarderont la vidéo deux fois :
 - La première fois qu'ils regardent la vidéo, demandez-leur de faire des observations sans prendre de notes. Discutez de leurs premières observations sur la manière dont cette tempête peut être différente de la tempête isolée.
 - Regardez la vidéo une seconde fois et demandez aux élèves de prendre des notes dans la *Leçon 7 : Étape 1* de leurs feuilles d'activités de l'élève. Invitez-les à se concentrer sur la surveillance d'une certaine composante de la météo et sur l'heure de la journée. Vous pouvez le faire en assignant aux élèves une composante (par exemple, les précipitations, la couverture nuageuse, les types de nuages, la direction du vent) à noter et en arrêtant la vidéo à certains moments pour tenter de déterminer l'heure de la journée.
 - Demandez aux élèves de dire ce qu'ils ont observé dans la vidéo pour faire une description complète des observations issues de la vidéo.



Lien vers le scénario

Demandez aux élèves de résumer les Idées modèle importantes qu'ils ont proposées dans l'unité précédente. Nombre de ces idées seront reportées dans cette séquence d'apprentissage.



Évaluation

Profitez de l'occasion pour vérifier leur compréhension. Vous voulez entendre des explications précises sur les schémas de température et d'humidité pour une tempête isolée. Si les élèves peinent à exprimer ces idées, revoyez le Suivi des idées modèles et le Modèle de consensus pour une tempête isolée.



Conception et utilisation des modèles

La séquence d'apprentissage 2 est motivée par les limites du modèle élaboré dans la séquence d'apprentissage 1. Soulignez aux élèves que les modèles sont des outils utiles mais imparfaits.

LEÇON
7

ÉTAPE 1



VIDÉO EN ACCÉLÉRÉ D'UN FRONT FROID

Vidéo en accéléré d'un front froid à Lyons, dans le Colorado, le 8 mai 2017 : <https://scied.ucar.edu/weather-timelapse-lyons-colorado-may-8-2017>

Décomposition de la vidéo et codes temporels :

0:00-0:52 — Du lever du soleil à midi

0:52-1:26 — De midi à 16 h

1:26-1:59 — De 16 h au coucher du soleil

Dans la vidéo, on peut voir quelques cirrus en haute altitude juste après le lever du soleil (à partir de 20 sec.). Ensuite, des nuages d'altitude moyenne, plus bas et plus uniformes, se forment (à partir de 27 sec.). De petits cumulus en formation à basse altitude sont visibles plus tard (environ 50 sec.). Ils se développent en un cumulonimbus qui commence à produire des précipitations (environ 1 min. 15 sec.). Le cumulonimbus se transforme pendant le reste de la journée, produisant parfois des précipitations.

Vous voudrez peut-être aider vos élèves à faire des observations à partir d'une vidéo en accéléré car les points cardinaux ne sont pas indiqués, les nuages changent extrêmement rapidement et les précipitations ne peuvent pas être quantifiées.

- **Vent** : Demandez aux élèves de regarder la direction vers laquelle les nuages se déplacent (vers/loin de la caméra, à gauche ou à droite). Rappelez-leur que les vents peuvent se déplacer dans des directions différentes à différentes altitudes.
- **Précipitations** : Mettez la vidéo en pause à un moment où la pluie est visible.
- **Nuages** : Si les élèves ont appris les types de nuages, mettez la vidéo en pause pour leur donner le temps d'identifier le type de nuage avec des guides d'identification tels que la Carte d'identification de la nébulosité de GLOBE (<https://bit.ly/globecloudchartfrench>) ou Le Guide pratique UCAR SciEd d'identification des nuages (<https://scied.ucar.edu/apps/cloud-guide>). Ou demandez aux élèves de noter une tendance générale dans le volume de la couverture nuageuse.

LEÇON
7

ÉTAPE 1

4. **Poser la question : Comment la tempête dans la vidéo en accéléré est-elle différente d'une tempête isolée?** Les élèves doivent d'abord réfléchir à la question par eux-mêmes. Discutez ensuite avec toute la classe et demandez aux élèves de consigner les réponses sur leur feuille d'activité dans la *Leçon 7 : Étape 1* (sous l'encadré d'observations de la vidéo).

L'élève devrait remarquer que, contrairement aux orages isolés, cette tempête arrive plus tôt dans la journée, qu'elle dure plus longtemps, qu'elle s'accompagne de variations du vent et de différents types de nuages.

LEÇON
7

ÉTAPE 2

5. **Réfléchir à d'autres types de tempêtes qui ne correspondent pas au modèle actuel.** Demandez aux élèves de travailler en petits groupes pour réfléchir aux tempêtes qu'ils ont vécues qui ne sont pas bien expliquées par le Modèle de consensus pour une tempête isolée (p. ex., des orages à d'autres moments de la journée comme le matin ou au milieu de la nuit, un orage pluvieux qui a duré toute la journée, un blizzard). Les élèves peuvent noter leurs idées dans la *Leçon 7 : Étape 2*. Demandez aux groupes de faire part de leurs idées à voix haute. Consignez les caractéristiques inexpliquées importantes de ces tempêtes (p. ex., l'heure de la journée ne correspond pas, la durée de la tempête ne correspond pas, le type de précipitation ne correspond pas).

Servez-vous des questions suivantes pour encourager les élèves à s'exprimer :

- *La tempête a-t-elle eu lieu l'après-midi, comme celle de notre modèle?*
- *La tempête a-t-elle duré peu de temps (c'est-à-dire quelques heures), ou a-t-elle duré plus longtemps?*
- *Comment la tempête a-t-elle changé les conditions météorologiques? Quelle était la température avant, pendant et après la tempête?*



Pour obtenir des conseils sur les types de nuages, voir Observer les types de nuages sur GLOBE.gov :

<https://www.globe.gov/documents/348614/50bab4c6-d6b6-451c-84e3-2877d382f4ac>



Schémas dans les données et Cause-effet

Les élèves commencent à apprendre les tendances des données sur la température et l'humidité avant, pendant et après le passage d'un front froid. Ils ne pourront le voir comme un modèle que plus tard dans la séquence d'apprentissage.



Lien vers le scénario

Demandez aux élèves d'indiquer les données dont on a besoin pour comprendre les schémas dans un front froid. Ils vont probablement évoquer la température, l'humidité et les précipitations. Ils peuvent également mentionner des données sur le vent et la couverture nuageuse de la vidéo en accéléré.

LEÇON
7

ÉTAPE 3

6. **Examiner la prévision météo d'un front froid.** Une fois que les élèves ont remarqué des schémas généraux dans un front froid, projetez une prévision sur sept jours comprenant un front froid. Invitez les élèves à considérer la prévision (*Qu'est-ce que vous remarquez? Que pouvons-nous dire sur la météo?*). Vous pouvez demander à vos élèves de supposer le moment où le front de la tempête s'est déplacé en regardant simplement la diapositive des prévisions sur sept jours avant de passer à la *Leçon 7 : Étape 3* de leur feuille d'activités de l'élève. Demandez aux élèves de faire part de leurs suppositions et des preuves tirées des prévisions au soutien de leurs affirmations. Distribuez ensuite les feuilles d'activités de l'élève et, dans la *Leçon 7 : Étape 3*, demandez aux élèves d'identifier le jour où ils pensent que le front froid a traversé la zone. Consignez les températures avant et après le passage du front froid. À l'aide d'informations sur la formation des nuages, demandez aux élèves d'estimer s'ils pensent que l'humidité était élevée ou faible. (Notez que les degrés sont indiqués en Fahrenheit au lieu de Celsius pour correspondre à la mesure communément utilisée dans les prévisions météorologiques américaines.)

Samedi Généralement ensoleillé  Max. 68° Min. 55°	Dimanche Partiellement nuageux  Max. 75° Min. 60°	Lundi Partiellement nuageux  Max. 74° Min. 60°	Mardi Généralement nuageux  Max. 70° Min. 56°	Mercredi Généralement nuageux  Max. 70° Min. 55°	Jeudi Averses de pluie  Max. 60° Min. 31°	Vendredi Ensoleillé  Max. 47° Min. 30°
--	--	---	--	---	---	---

7. **Discuter des schémas de l'air avant et après le passage du front.** Demandez aux élèves de s'aider de leurs observations pour dire comment était l'air avant le passage du front (du samedi au mercredi), comment il était le jour où le front est passé dans la région (jeudi) et comment il était après que le front soit passé (vendredi).
8. **Terminer la discussion en posant la question suivante :**
- *Quel type de données serait utile pour en savoir plus sur ce type de tempête?*

Vous voulez entendre des réponses telles que :

- *Nous devrions étudier ce qui est différent au sujet de l'humidité et de la température dans un front froid.*
 - *Il faudrait voir quelle quantité de pluie ou de neige est tombée.*
9. **Donner du temps aux élèves pour mettre à jour le Tableau des questions directrices.** Les élèves voudront peut-être ajouter des questions au Tableau des questions directrices maintenant qu'ils ont réfléchi davantage aux fronts froids. L'ajout de questions au tableau peut être effectué sous forme de billet de sortie ou d'activité de conclusion à la leçon S'engager.

**Évaluation**

Les billets de sortie comme évaluation formative donnent des indices sur ce que vos élèves pensent et sur les moments où ils peuvent avoir besoin de plus d'instructions.

LEÇON 8

MÉTÉO AVANT, PENDANT ET APRÈS LE PASSAGE D'UN FRONT FROID

Comment l'air change-t-il avant, pendant et après le passage d'un front froid?

S'ENGAGER

EXPLORER

EXPLIQUER

ÉLABORER

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(50 minutes)	
<p>Analyse des données : Température et humidité dans un front froid</p> <p>Les élèves étudient les données sur la température et l'humidité de GLOBE sur une période de 10 jours pour un front froid qui a traversé South Riding, en Virginie, en octobre 2016. À l'aide des schémas pour les journées avant, pendant et après le front, ils décrivent à quoi ressemblait l'air jusqu'à l'arrivée de la tempête et après que la tempête soit passée.</p>	<p>Leçon 8 : Feuille d'activités de l'élève </p> <p>Tableau blanc, tableau intelligent ou papier millimétré et marqueurs (pour le Tableau des questions directrices)</p>

LEÇON
8

MÉTÉO AVANT, PENDANT ET APRÈS LE PASSAGE D'UN FRONT FROID

Comment l'air change-t-il avant, pendant et après le passage d'un front froid?



Recherche de sens des NGSS

Les élèves analysent et interprètent les données sur la température de l'air et l'humidité pour déterminer comment une tempête associée à un front froid est similaire à, ou différente de, la tempête convective qu'ils ont déjà étudiée. Les élèves identifient les schémas dans des conditions atmosphériques avant le passage du front, pendant le front, et après le passage du front. À l'aide de ces schémas, ils génèrent un ensemble d'idées modèles qu'ils utiliseront dans la leçon suivante, tout en élaborant un Modèle de consensus pour expliquer les précipitations au cours d'un front froid.

INDICATEUR DE RENDEMENT

- Analyser les graphiques pour décrire les changements de température et d'humidité avant et après le passage d'un front froid.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- Les masses d'air circulent depuis les zones de haute pression vers celles de basse pression, ce qui amène des systèmes météorologiques (définis par la température, la pression, l'humidité, les précipitations et le vent) qui se forment dans un endroit fixe à changer au fil du temps. Des changements soudains de la météo peuvent survenir lorsque différentes masses d'air entrent en collision.
- Analyser et interpréter les données pour fournir des preuves de phénomènes et dégager les relations temporelles.
- Se servir des graphiques pour relever les schémas dans les données.

DIMENSIONS DES NGSS (3^e ANNÉE-5^e ANNÉE) (RENFORCEMENT)

- Faire des observations et/ou prendre des mesures pour produire des données servant d'éléments de preuve pour expliquer un phénomène.
- Les schémas de changement peuvent servir à faire des prévisions.

Marche à suivre du professeur

Analyse des données : Température et humidité dans un front froid

1. **Faire la transition avec la leçon précédente.** Passer en revue la question évoquée dans la leçon précédente pour faire ressortir la nécessité d'examiner les données lors du passage d'un front froid :

- *Quel type de données serait utile pour en savoir plus sur ce genre de tempête?*

Vous voulez entendre des réponses telles que :

- *Nous avons pensé qu'il serait important de regarder les données sur l'humidité et sur la température lors du passage d'un front froid.*
- *Nous avons remarqué que le vent change beaucoup au passage d'un front froid.*
- *Nous voulions savoir si les précipitations étaient abondantes, et s'il a plu ou neigé.*

Les élèves examineront d'abord les données sur la température et l'humidité issues de leurs activités d'analyse des données dans les leçons précédentes.

2. **Insister sur l'importance de regarder les données météorologiques.** Expliquez que l'observation d'une tempête en personne (c.-à-d., faire des observations visuelles comme ils l'ont fait pendant la leçon S'engager) est une façon de collecter des données météorologiques. L'utilisation des mesures obtenues avec des instruments météorologiques est une autre façon de collecter des données météorologiques. Demandez aux élèves de décrire les types de mesures qu'ils ont déjà trouvées utiles pour expliquer les tempêtes (température, humidité).

Terminer par :

Voyons ce qui se passe avec la température et l'humidité avant, pendant et après le passage d'un front froid pour déceler les similitudes et les différences par rapport à ce que nous connaissons déjà.

3. **Demander aux élèves d'aller à la Leçon 8 : Feuille d'activités de l'élève.** Lisez les instructions et le bulletin météorologique ensemble. Ce bref rapport fournit aux élèves des informations utiles pour déterminer à quel moment le front froid est passé par cet endroit sur leurs graphiques.

Invitez les élèves à donner à voix haute les indices trouvés dans le bulletin météorologique :

- *Quel jour prévoyons-nous que le front se déplacera vers South Riding, en Virginie?*
- *Combien de temps prévoyons-nous que le front restera dans la région?*

4. **Examiner les nouveaux graphiques.** Demandez aux élèves de regarder le graphique de température de l'air dans la *Leçon 8 : Étape 1* et de noter ce qui est différent dans ce graphique par rapport aux graphiques de température de l'air d'une journée ensoleillée et d'une journée orageuse de la séquence d'apprentissage 1 (p. ex., le graphique compte maintenant 10 jours et pas un jour). Pensez à demander aux élèves de couvrir tous les jours sauf un sur le graphique pour les aider à remarquer la relation avec le schéma diurne dans le graphique de température de 24 heures. Demandez-leur d'indiquer d'où proviennent les données, depuis combien de temps elles ont été collectées, et toutes les autres questions qu'ils peuvent avoir.

Aidez-vous des questions suivantes :

- *Quelles informations trouve-t-on dans le graphique?*
- *Où les données ont-elles été mesurées? À quelle période de l'année?*
- *Qu'est-ce que la ligne descendante et ascendante ondulée signifie?*
- *En quoi les hauts et les bas sont-ils liés aux hausses et baisses des températures sur nos graphiques de données sur une journée ensoleillée et une journée orageuse?*



Lien vers le scénario

Dans la leçon précédente, les élèves ont fait part de leurs idées sur les données météorologiques à examiner afin de mieux comprendre un front froid.



Analyse et interprétation des données

Les élèves utilisent la Stratégie de recherche de sens ¹ ou une stratégie d'analyse graphique comparable pour analyser les données sur la température et l'humidité avant, pendant et après le passage d'un front.



Schémas dans les données

Pour appuyer la discussion des élèves sur les graphiques, demandez-leur de dégager les schémas dans les graphiques avant et après le passage du front. Le front lui-même est une perturbation du schéma diurne normal.

LEÇON
8

ÉTAPE 1

ENSEMBLE DE DONNÉES DE LA FREEDOM HIGH SCHOOL

Cet ensemble de données provient de la Freedom High School (une école du réseau GLOBE) à South Riding, en Virginie. Les données comprennent la température et l'humidité (relative) du 16 au 25 octobre 2016. De plus, les données sur la pression, provenant du même endroit et de la même période, se trouvent dans la leçon 10. Ces données proviennent d'une station météorologique automatisée WeatherBug, située à proximité de cette école du réseau GLOBE. Ces stations automatisées enregistrent les données météorologiques quotidiennement toutes les 15 minutes. Ces données sont disponibles sur l'outil GLOBE Visualisation et l'outil GLOBE d'accès avancé aux données.

5. Les élèves se servent des informations du bulletin météorologique pour entourer sur le graphique le moment où le front froid passe par South Riding, en Virginie. Vous pouvez également demander aux élèves d'étiqueter le front « avant », « pendant » et « après », pour faciliter la lecture du graphique.



6. À l'aide de la Stratégie de recherche de sens I², les élèves font des observations sur le graphique et les interprètent. Rappelez aux élèves de faire des observations avant de commencer à expliquer ces dernières.
- Les élèves écrivent d'abord leurs propres énoncés « Ce que je vois ».
 - Demandez aux élèves de partager leurs énoncés « Ce que je vois » avec un camarade ou en groupes. Les élèves peuvent ajouter des éléments à leurs graphiques à ce moment-là.
 - Demandez aux élèves d'ajouter les énoncés « Ce que cela signifie » à côté de chaque énoncé « Ce que je vois ». Les énoncés « Ce que cela signifie » sont des explications initiales des élèves sur ce qui se passe dans une partie spécifique du graphique.
 - Demandez à plusieurs élèves de lire à voix haute leurs énoncés « Ce que je vois » et « Ce que cela signifie ».

LEÇON 8

ÉTAPE 1

7. Se servir des questions de la feuille d'activités de l'élève dans la Leçon 8 : Étape 1 pour orienter une discussion sur les tendances visibles dans le graphique, en vous concentrant sur les distinctions entre avant, pendant et après le passage du front.

MODÈLE CLÉ : Les élèves devraient remarquer un schéma diurne régulier avant que le front ne soit perturbé. Ce schéma diurne revient après le front, mais il est plus froid.

LEÇON 8

ÉTAPE 2

ÉTAPE 3

8. Demander aux élèves d'entourer/d'étiqueter leurs graphiques et d'utiliser à nouveau la Stratégie de recherche de sens I² lors de l'interprétation du graphique d'humidité (Leçon 8 : Étape 2) et les données sur le vent (Leçon 8 : Étape 3). Les élèves remarqueront les changements en termes d'humidité avant et après le passage du front, ce qui correspond à des masses d'air différentes. Les élèves remarqueront également que la vitesse du vent a augmenté à mesure que le front s'est déplacé. Bien qu'ils ne disposent peut-être pas de toutes les informations pour comprendre les données sur le vent, les élèves doivent être en mesure d'établir une corrélation entre le vent et le front.
9. Terminer l'analyse des données par une discussion sur les schémas visibles dans les conditions atmosphériques lorsque le front est arrivé le matin du 21 octobre 2016 :
- Pourquoi pensez-vous que les probabilités de précipitations sont élevées le matin du 21 octobre?
 - En quoi cette tempête ressemble-t-elle à, ou est-elle différente de, la tempête isolée?
 - Si vous avez recueilli des données météorologiques dans votre école, quels types d'événements météorologiques seriez-vous le plus susceptibles d'observer?



Conception et utilisation des modèles

Servez-vous du Suivi des idées modèles pour présenter les nouvelles règles que les élèves ont indiquées à propos du système d'un front froid. N'oubliez pas qu'il s'agit de règles générales qui sont utiles pour expliquer un phénomène de front froid. Vous pouvez envisager de démarrer un nouveau Suivi des idées modèles pour cette séquence d'apprentissage ou d'ajouter des éléments aux Idées modèles initiées dans les leçons précédentes.



Approfondir

Aidez les élèves à comprendre les avantages et les inconvénients d'utiliser un modèle en débattant de ces idées avec toute la classe. Une fois les Idées modèles documentées, laissez les élèves se déplacer dans la pièce (un côté pour et un côté contre) pour chaque Idée modèle. Si les élèves pensent que le modèle n'a pas réussi à couvrir l'Idée modèle, demandez-leur de faire des suggestions pour améliorer l'Idée modèle.

10. Documenter les Idées modèles pour clôturer la leçon. Même si les élèves n'ont pas encore conçu un modèle pour un front froid, il est maintenant temps de présenter les Idées modèles (règles du système) sur la base de leurs observations sur des tempêtes dues à un front froid, à la fois des observations visuelles issues de la vidéo en accéléré et des analyses de données. Dans cette activité d'analyse des données, les élèves apprennent que l'humidité est élevée le matin des précipitations (très semblable à la tempête isolée). Cette Idée modèle doit être documentée sur le Suivi des idées modèles.

Voici d'autres Idées modèles que vous voudrez peut-être ajouter à ce stade :

- Les températures sont plus chaudes avant le passage d'un front froid et suivent le schéma normal ascendant/descendant des journées ensoleillées.
- Les températures sont plus froides après le passage du front froid mais suivent également le schéma normal ascendant/descendant des journées ensoleillées.
- L'humidité est plus élevée avant le passage d'un front froid et suit le schéma normal ascendant/descendant des journées ensoleillées.
- L'humidité est plus faible après le passage d'un front froid mais suit également le schéma normal ascendant/descendant des journées ensoleillées.

LEÇON 9

TEMPÊTES ET PRÉCIPITATIONS LE LONG D'UN FRONT

Qu'est-ce qui cause des précipitations le long d'un front froid?

S'ENGAGER

EXPLORER

EXPLIQUER

ÉLABORER

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(100 minutes)	
<p>Une masse d'air chaud rencontre une masse d'air froid À l'aide de ce qu'ils savent sur les conditions atmosphériques avant et après le passage d'un front, les élèves font des observations sur ce qui se passe lorsque ces deux types de fluides entrent en contact l'un avec l'autre. En se fondant sur le modèle du bac de mesure de densité, les élèves proposent des Idées modèles supplémentaires à ajouter au Suivi des idées modèles.</p>	<p>Leçon 9 : Feuille d'activités de l'élève </p> <p>Bac de mesure de densité Eau chaude en rouge Eau froide en bleu Magnétoscope avec système de ralenti (en option) Crayons de couleur (rouge/bleu)</p>
<p>Modèle de consensus : Précipitations le long d'un front froid Les élèves se servent du Suivi des idées modèles pour commencer à concevoir un Modèle de consensus expliquant pourquoi il y a de l'humidité le long de la limite entre l'air froid et l'air chaud et ce qui se produit pour permettre la formation des précipitations. Les élèves en apprennent davantage sur les masses d'air et les fronts et relient ces nouvelles informations à l'activité d'analyse des données et au bac de mesure de densité. Les élèves réexaminent leurs Modèles de consensus pour les réviser puis écrivent une explication en utilisant leurs modèles.</p>	<p>Tableau blanc, tableau intelligent ou papier millimétré et marqueurs (pour le Suivi des idées modèles et le Modèle de consensus)</p>
<p>Vue d'ensemble : Suivi d'un front froid Dans cette activité, les élèves recourent à leurs modèles pour expliquer comment les précipitations le long du front se déplacent à mesure que le front se déplace. Cette transition est importante. Les élèves ont observé un endroit à partir d'une coupe transversale, tandis qu'un front traverse ledit endroit. A présent ils observent un front sur une carte, en suivant le front lorsqu'il se déplace dans une région en particulier.</p>	<p>Crayons de couleur</p>

LEÇON
9

TEMPÊTES ET PRÉCIPITATIONS LE LONG D'UN FRONT

Qu'est-ce qui cause des précipitations le long d'un front froid?



Recherche de sens des NGSS

Les élèves développent un modèle pour expliquer l'humidité disponible à un endroit lors du passage d'un front froid et comment cette source d'humidité peut entraîner des précipitations le long du front. Les élèves lisent de manière critique un texte scientifique pour recueillir plus d'informations sur les masses d'air et les fronts qu'ils peuvent utiliser pour améliorer leur Modèle de consensus. Les élèves changent de perspective pour suivre un front froid dans une région donnée, en repérant l'emplacement du front et des masses d'air à l'aide des données sur la température et les précipitations. Les élèves se rendent compte que ce ne sont pas tous les emplacements qui reçoivent des précipitations, ce qui déclenche une discussion sur les points forts et les limites de leur Modèle de consensus.

INDICATEUR DE RENDEMENT

- Préparer un modèle pour montrer comment les différences de température et d'humidité avant et après un front froid interagissent pour causer une tempête.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- Les masses d'air circulent depuis les zones de haute pression vers celles de basse pression, ce qui amène des systèmes météorologiques (définis par la température, la pression, l'humidité, les précipitations et le vent) qui se forment dans un endroit fixe à changer au fil du temps. Aussi, des changements soudains de météo peuvent survenir lorsque différentes masses d'air entrent en collision.
- Concevoir et/ou réviser un modèle pour montrer la relation entre les variables, y compris celles qui ne sont pas observables, mais qui prévoient la survenue de phénomènes observables.
- Étudier de manière critique des textes scientifiques adaptés à une utilisation en classe pour déterminer les idées centrales et/ou obtenir des informations scientifiques et/ou techniques afin de décrire les schémas et/ou les preuves concernant le(s) système(s) naturel(s) ou préconçus.
- Les relations de cause à effet peuvent servir à prévoir les phénomènes dans les systèmes naturels.

DIMENSIONS DES NGSS (3^e ANNÉE-5^e ANNÉE) (RENFORCEMENT)

- Concevoir et/ou réviser de manière collaborative un modèle fondé sur des preuves qui montrent les relations entre les variables pour des événements fréquents et réguliers.

Marche à suivre du professeur

Une masse d'air chaud rencontre une masse d'air froid

LEÇON
9
ÉTAPE 1

- 1. Les élèves passent en revue la leçon précédente en dessinant les conditions météorologiques avant, pendant et après le passage d'un front froid.** Demandez aux élèves d'aller à la *Leçon 9 : Étape 1* dans leurs feuilles d'activités de l'élève. Demandez-leur de dessiner une représentation visuelle des conditions atmosphériques la veille, pendant, et au cours de la journée suivant un front froid, en fonction de ce qu'ils ont appris dans les activités précédentes (p. ex. vidéo en accéléré, prévisions météorologiques, analyse des données de la Freedom High School). Incitez les élèves à inclure dans leur représentation les conditions de température et d'humidité fondées sur des preuves. Cette activité permettra de préparer les élèves en vue de la démonstration avec le bac de mesure de densité.
- 2. Discuter des illustrations des élèves en leur posant les questions suivantes :**
 - *Durant quels jours vous attendez-vous à ce qu'il y ait plus d'air chaud ascendant et pourquoi?*
 - *Vous attendriez-vous à ce qu'il y ait plus de vapeur d'eau dans l'air chaud ou dans l'air frais?*
 - *Si nous examinions l'endroit où les deux types d'air se sont « touchés », que verrions-nous?*
- 3. Comprendre l'air sur le front.** Préparez le terrain pour cette activité : *Nous devons faire des observations sur ce qui se passe lorsque l'air chaud et l'air froid se rencontrent, pour nous aider à comprendre pourquoi il y a des précipitations dans la zone où ils se rencontrent. Comme on ne peut pas voir l'air avec nos yeux, servons-nous d'eau chaude et d'eau froide pour représenter les deux masses d'air afin de déterminer pourquoi les précipitations se forment le long de la limite entre les deux (le front).* Définissez l'objectif de la démonstration pour déterminer pourquoi les précipitations se forment le long d'un front en faisant des observations d'un endroit où les fluides froids et chauds se rencontrent.



Lien vers le scénario
Dans cette leçon, les élèves apprennent un nouveau mécanisme qui fait monter l'air chaud et humide dans l'atmosphère. Associez ce qu'ils savent déjà sur le processus de convection et les tempêtes isolées.



Concepts fondamentaux disciplinaires : Eau
Les élèves travaillent sur leur compréhension conceptuelle de la manière dont l'humidité devient disponible à certains endroits et de la manière dont cette humidité est différente selon qu'il s'agit d'une tempête convective ou d'un front froid.

DÉMONSTRATION : PRÉCIPITATIONS LE LONG D'UN FRONT FROID

MATÉRIEL :

- Bac de mesure de densité avec un séparateur en plexiglas
- Eau chaude (chauffer à l'aide d'une bouilloire électrique; ne pas faire bouillir)
- Eau froide (refroidie avec de la glace, mais ne pas mettre de glace directement dans le bac)
- Colorant alimentaire rouge et bleu



PRÉPARATION :

- 1.** Chauffez suffisamment d'eau pour remplir la moitié du bac, à l'aide d'une bouilloire électrique (ne pas faire bouillir) et ajoutez un colorant alimentaire rouge.
- 2.** Préparez un pichet d'eau froide refroidie avec de la glace (assez pour remplir la moitié du bac) et ajoutez un colorant alimentaire bleu.
- 3.** Préparez l'eau chaude et froide en dehors du bac de mesure de densité et placez-les à proximité du bac. Le fait de placer le bac devant un fond blanc (un mur clair ou en accrochant du papier blanc derrière le bac) permettra d'observer plus facilement les changements à l'intérieur de celui-ci.
- 4.** Pendant que la classe observe, versez l'eau froide dans le côté GAUCHE du bac et l'eau chaude, dans le côté DROIT. Vous devrez mettre rapidement les deux liquides dans le réservoir afin d'éviter une infiltration trop importante le long du séparateur en plexiglas.

4. **Inviter les élèves à considérer le modèle.** Avant d'ajouter de l'eau dans le bac de mesure de densité, montrez aux élèves le modèle et expliquez que le bac représente l'atmosphère. (Vous voudrez peut-être rappeler aux élèves qu'un modèle physique est une représentation d'un phénomène réel.)

Invitez les élèves à considérer les parties du modèle :

- Le fond du bac représente la surface terrestre.
 - L'eau dans le bac représente l'air. Ce modèle utilise de l'eau pour simuler l'air car l'air et l'eau sont tous les deux des fluides, donc ils se comportent de manière similaire, mais l'eau peut être observée.
 - L'air chaud à l'avant du front sera simulé par de l'eau chaude colorée en rouge.
 - L'air froid à l'arrière du front sera simulé par de l'eau froide colorée en bleu.
5. **Se préparer à faire des observations.** Les élèves vont dessiner une section transversale sur leur feuille d'activités après la démonstration. Notez que c'est la première fois qu'une vue transversale est introduite et que les élèves peuvent avoir besoin d'aide (par rapport à une vue cartographique). Notez également que l'eau dans la démonstration bouge très rapidement. Les élèves peuvent souhaiter faire une vidéo ou prendre des photos. Envisagez de filmer la démonstration à l'aide d'une vidéo au ralenti pour que les élèves puissent la revoir afin de faire des observations plus détaillées ou de regarder la vidéo au ralenti du bac de mesure de densité fournie ci-dessous. Expliquez qu'il est avantageux d'avoir plusieurs façons de présenter les événements car on peut combiner les différents types de données pour mieux les comprendre.
6. **Prévoir ce qui se passera.** Au début de la démonstration, munissez-vous d'un morceau de plexiglas pour diviser le bac en deux moitiés. Expliquez comment la démonstration sera effectuée. Demandez aux élèves de prévoir ce qui se passera lorsque le séparateur sera retiré.
7. **Ajouter l'eau dans le bac.** Versez simultanément l'eau froide colorée en bleu dans le côté gauche et l'eau chaude colorée en rouge dans le côté droit du bac. (Remarque : vous pouvez utiliser de la glace pour refroidir l'eau bleue, mais ne mettez pas de glace dans le bac car ce n'est pas un liquide.) N'attendez pas trop longtemps avant d'enlever le séparateur en plexiglas, car de l'eau pourrait s'infiltrer autour du séparateur. Les élèves doivent dessiner la configuration de la démonstration, avant que le séparateur ne soit retiré, dans la *Leçon 9 : Étape 2* de leurs feuilles d'activités.
8. **Faire des observations.** Retirez le séparateur et demandez aux élèves de consigner ce qui se passe dans le bac dans la *Leçon 9 : Étape 2* de leurs feuilles d'activités. Les élèves devraient observer que l'eau froide circule sous l'eau chaude et que l'eau chaude est poussée vers le haut. (Remarque : cela se produit plutôt rapidement dans un petit bac, aussi vous pourriez souhaiter avoir assez d'eau chaude et froide à portée de main pour répéter le modèle plusieurs fois.) Examinez les vidéos prises par les élèves ou lisez la vidéo au ralenti du bac de mesure de densité plusieurs fois, au besoin, pour aider les élèves à noter leurs observations.

LEÇON
9

ÉTAPE 2



VIDÉO AU RALENTI DU BAC DE MESURE DE DENSITÉ.

Vidéo au ralenti de la démonstration du bac de mesure de densité.
<https://scied.ucar.edu/cold-front-density-tank-slow-motion>

Cette vidéo montre, au ralenti, ce qui se passe lorsque le séparateur du bac de mesure de densité est retiré. Notez que le liquide froid (bleu) s'enfonce sous le liquide chaud (rouge), l'obligeant à aller vers le haut.

9. **Donner un sens à la démonstration.** Demandez aux élèves de dire ce qu'ils ont observé et d'expliquer comment ils ont schématisé le phénomène.

Servez-vous des questions suivantes pour orienter cette discussion :

- *Qu'est-il arrivé au liquide chaud? Qu'est-il arrivé au liquide froid? Pourquoi cela a-t-il eu lieu?*
- *Qu'arriverait-il à l'air chaud à l'avant du front froid et à l'air chaud à l'arrière du front lorsqu'ils se rencontreraient?*
- *Comment cela pourrait-il nous aider à expliquer les précipitations le long du front?*



Conception et utilisation des modèles

Mettez l'accent sur les points forts et les limites des modèles. Les élèves peuvent remarquer que l'eau ricoche sur le côté du bac, qui est un artefact du modèle et ne fait pas partie du processus de formation du front froid. C'est l'occasion de faire remarquer que le modèle du bac de mesure de densité est utile pour observer ce qui se passe lorsque des fluides chauds et froids se rencontrent, mais il est également limité parce qu'il est différent du monde réel.

Servez-vous du Suivi des idées modèles pour présenter les nouvelles règles que les élèves ont indiquées à propos des systèmes de fronts froids. N'oubliez pas qu'il s'agit de règles générales qui sont utiles pour expliquer un phénomène de front froid.

Les élèves doivent faire l'analogie avec l'atmosphère : à un front froid, l'air froid descend sous l'air chaud car il est plus dense. L'air chaud s'élève dans l'atmosphère car il est moins dense. Rappelez aux élèves comment les tempêtes isolées se forment là où l'air chaud et humide monte plus haut dans l'atmosphère. À un front froid, l'air chaud et humide est également poussé plus haut dans l'atmosphère, bien que le mécanisme soit différent.

Les élèves peuvent avoir besoin d'aide pour comprendre comment l'air chaud est poussé dans ce modèle étant donné que la partie supérieure de la surface de l'eau dans le bac reste la même. Pour aider les élèves, demandez-leur de tirer une ligne horizontale sur leurs dessins ou photos au milieu du bac avant puis après que le séparateur ait été retiré. Notez combien d'eau rouge (chaude) se trouvait en-dessous du milieu avant (la moitié) et après (beaucoup moins que la moitié) que le séparateur ait été retiré.

- 10. Écrire une nouvelle Idée modèle sur le Suivi des idées modèles.** Les élèves démontrent que lorsque l'air froid et l'air chaud se rencontrent, l'air froid passe en-dessous tandis que l'air chaud monte.

Idée modèle :

- Lorsque l'air froid rencontre de l'air chaud, l'air froid passe sous l'air chaud. L'air chaud monte dans l'atmosphère.

Modèle de consensus : Précipitations le long d'un front froid

- 1. Faire la transition avec l'activité précédente.** Sur la base de leurs observations sur le bac de mesure de densité, obtenez des explications des élèves à propos des précipitations là où l'air froid et chaud se rencontrent.

SUGGESTIONS DE QUESTIONS	EXEMPLES DE RÉPONSES DES ÉLÈVES
<i>Repensez à ce que nous savons sur l'humidité et la température de l'air. Quel type d'air est capable de produire le plus d'évaporation d'eau? L'air chaud ou l'air froid?</i>	La température se réchauffe pendant la journée au cours d'une journée ensoleillée ou d'une journée orageuse. Il faut des températures chaudes pour que l'évaporation ait lieu.
<i>Lorsque l'air chaud monte dans l'atmosphère, décrivez ce qui arrive à l'humidité présente dans l'air chaud.</i>	Lorsque l'air chaud monte, il devient plus froid. L'air froid ne peut pas déplacer autant de vapeur d'eau dans l'air, alors l'humidité se condense, formant ainsi des nuages.



Évaluation

Les élèves sont prêts à réunir tous les éléments pour expliquer les précipitations le long d'un front. Les réponses des élèves à ces questions peuvent expliquer votre approche sur le Modèle de consensus (par exemple, ont-ils besoin de plus ou moins de structure pour assembler les éléments).



ÉTAPE 3

- 2. Modèle de consensus en petits groupes.** Expliquez aux élèves qu'il faut modéliser la manière dont se produisent les précipitations le long du front. Rappelez aux élèves la liste des éléments à inclure dans leur modèle dans la *Leçon 9 : Étape 3* de leurs feuilles d'activités de l'élève. Laissez les élèves discuter de cette liste en groupes pour réfléchir à leurs idées. Une fois prêts, ils pourront schématiser et étiqueter leurs modèles sur leurs feuilles d'activités en groupe. Ils devraient discuter de la meilleure façon de représenter leurs idées dans le modèle. (Remarque : sur le modèle, l'air avant le front se trouve sur le côté droit et l'air après le front, sur le côté gauche. Cela suit la convention de la plupart des modèles de front froid; cependant, cela peut être contre-intuitif pour les élèves, car les données de la Freedom High School pour l'air avant le front se trouvaient sur le côté gauche du graphique et l'air après le front se trouvait sur le côté droit du graphique. Prenez le temps d'aider les élèves pour la transition entre les données graphiques et la convention de modélisation.)

LEÇON
9

ÉTAPE 4

3. **Lectures sur les masses d'air et les fronts.** À l'aide de la lecture scientifique (*Leçon 9 : Étape 4*), clarifiez et remettez en question les modèles des élèves. Invitez-les à considérer les différentes cartes météorologiques dans la lecture (*Que signifient les différents symboles? Quelles informations le plan affiche-t-il?*). Définissez l'objectif : *Tentons d'en savoir plus sur ce phénomène de front froid pour nous aider à clarifier quelques-unes des questions que nous avons encore. Ensuite, nous reviendrons à nos modèles pour faire quelques ajustements.* Les élèves peuvent faire une lecture individuelle ou avec toute la classe. Invitez les élèves à faire une pause et à réfléchir lorsqu'ils rencontrent des questions dans le texte. Ces questions sont destinées à les aider à établir des liens entre les informations qu'ils ont lues et leurs observations précédentes.

LEÇON
9

ÉTAPE 5

4. **Comparer deux types de tempêtes.** À la fin de la lecture (*Leçon 9 : Étape 5*), les élèves sont invités à schématiser deux manières différentes dont l'humidité est rendue disponible, la première est dans la tempête isolée par convection, et la deuxième dans un front froid, par l'interaction de deux masses d'air. Ces diagrammes peuvent façonner leurs modèles de précipitations le long d'un front froid (à partir de la *Leçon 9 : Étape 3*).

LEÇON
9

ÉTAPE 3

5. **Réviser les Modèles de consensus des petits groupes.** Dites : *La lecture contenait des informations que nous connaissons déjà, mais nous en avons lu de nouvelles. Revenons à nos modèles (Leçon 9 : Étape 3) et ajoutons des détails en nous servant de ces nouvelles informations.* Cela donne aux élèves le temps de discuter de nouvelles idées. Pendant que les élèves travaillent, circulez dans la salle pour les inciter à ajouter des éléments à leurs modèles.

Servez-vous des questions suivantes :

- Où est la masse d'air chaud dans votre modèle? Où est la masse d'air froid dans votre modèle?
 - Comment pouvez-vous utiliser ce que nous avons observé dans le bac pour expliquer ce qui se passe ici, où se rencontrent ces masses d'air?
 - Pouvez-vous indiquer les endroits où il y a plus d'humidité et ce qui se passe pour qu'elle se transforme en précipitations?
6. **Élaborer un Modèle de consensus en classe.** Demandez à chaque groupe de montrer son modèle. Lorsque vous commencez à remarquer des tendances dans les modèles (p. ex., l'air chaud à l'avant du front est une masse d'air chaud, la masse d'air chaud contient plus d'humidité) demandez aux élèves s'ils acceptent de l'ajouter au Suivi des idées modèles. Une fois que plusieurs idées ont été ajoutées au Suivi des idées modèles, passez à la création du Modèle de consensus. Décidez comment représenter chaque Idée modèle dans le Modèle de consensus.
- Idées modèles :
- Les masses d'air peuvent avoir des températures différentes (chaudes, froides).
 - Les masses d'air peuvent avoir des quantités d'humidité différentes (importantes ou faibles).
 - Lorsqu'une masse d'air froid se glisse sous une masse d'air chaud, l'air chaud se déplace vers le haut au-dessus de l'air froid.
 - Lorsque la masse d'air chaud monte, elle refroidit et l'humidité dans l'air se condense, formant des nuages, ce qui peut entraîner des précipitations.
7. **Revoir l'explication pour South Riding en Virginie (Leçon 9 : Étape 3).** Une fois le Modèle de consensus terminé, invitez les élèves à utiliser ce modèle pour réviser leur explication sur les changements de température et d'humidité à South Riding, en Virginie, et les raisons pour lesquelles des précipitations se sont probablement produites le long du front froid. Cette discussion peut être menée avec toute la classe.



Obtenir des informations
Les élèves lisent un texte scientifique pour obtenir des informations sur un phénomène dans le monde naturel.



Connexion alphabétisation
Les élèves lisent des textes documentaires et sont invités à établir des liens et à synthétiser des idées.



Évaluation
Demandez aux élèves de remplir les explications individuellement. Évaluez les explications des élèves comme évaluation formative de leur compréhension des systèmes de front.

Vue d'ensemble : Suivi d'un front froid



- Faire la transition avec l'activité précédente.** Dans l'activité précédente, les élèves ont appris que les précipitations dans un front froid se forment à la frontière entre les masses d'air froid et chaud. Amenez les élèves à expliquer pourquoi les précipitations se trouvent le long de cette limite en suivant les instructions suivantes :

SUGGESTIONS DE QUESTIONS	EXEMPLES DE RÉPONSES DES ÉLÈVES
<i>Comment l'humidité se transforme-t-elle en précipitations le long du front? Qu'est-ce qui cause ce phénomène?</i>	L'air chaud et humide est poussé vers le haut par l'air froid et la vapeur d'eau se condense dans les températures plus froides.
<i>Que faudrait-il pour qu'il y ait plus ou moins de précipitations?</i>	Il faudrait plus d'humidité dans l'air chaud pour qu'il y ait plus de précipitations. S'il n'y a pas beaucoup d'humidité, il n'y aura probablement pas beaucoup de précipitations.

- Parler de points de vue.** Jusqu'à présent, les élèves ont étudié un front froid en observant un seul endroit à mesure que le front passe. Ils ont élaboré un modèle pour expliquer les précipitations le long du front, mais à partir d'une coupe transversale. Demandez aux élèves : *Après qu'un front soit passé à un endroit, où va-t-il ensuite?* Dites aux élèves qu'il faut faire un zoom arrière pour comprendre la taille du front, sa façon de se déplacer et ce qui arrive aux précipitations le long du front. Le zoom arrière permettra aux élèves de passer d'une vue transversale à une vue cartographique, alors prenez le temps de les aider à examiner ce nouvel ensemble de données.
- Prévoir la cartographie du front froid.** Demandez aux élèves d'aller à la *Leçon 9 : Étape 6* de leurs feuilles d'activités de l'élève. Dites-leur de se servir des données pour localiser le front sur une carte et d'indiquer où et pourquoi certains endroits connaissent des précipitations. Dites aux élèves qu'ils devront réfléchir à la manière dont les conditions ont changé sur quatre jours à chaque endroit spécifique, mais aussi dans quelle mesure les conditions ont changé au cours des quatre jours dans toute la région. Dites-leur qu'en examinant une vue cartographique, on est en mesure d'avoir une perspective plus large d'une région, ce qui est différent des vues en coupe étudiées précédemment.
- Lire les instructions ensemble avant d'étiqueter et de colorier les cartes.** Répartissez les élèves en groupes de quatre et assurez-vous que chaque élève du groupe se voie attribuer un jour différent à cartographier.
- Les élèves cartographient leurs données et associent leurs cartes pour analyse.** Les élèves colorient et étiquettent individuellement les cartes. En groupes de quatre, ils associent leurs cartes en une séquence de quatre jours. Ensemble, les élèves localisent le front et l'indiquent sur chacune des quatre cartes. À l'aide des données sur la température, ils localisent et colorient les masses d'air froid et chaud.
- Discussion et réflexion en classe.** Demandez aux élèves de partager leurs observations sur le front en déplacement et sur l'emplacement des masses d'air chaud et froid. Invitez-les à utiliser des données sur la température pour appuyer leur décision concernant l'emplacement des masses d'air. En deuxième partie, la discussion devrait porter sur la raison pour laquelle certains endroits le long du front ont connu des précipitations tandis que d'autres non.

Servez-vous des questions suivantes pour orienter cette discussion :

- *Comment pouvons-nous utiliser la température pour déterminer le type d'air présent au-dessus d'une certaine région?*
- *Selon nous, d'où vient la masse d'air froid? Pourquoi?*
- *Selon nous, d'où vient la masse d'air chaud? Pourquoi?*



Lien vers le scénario

Les élèves se serviront maintenant des idées qu'ils ont développées pour expliquer un front froid. Cependant, il y a un changement important de perspective dans cette activité (c.-à-d., de la vue en coupe vers la vue cartographique), ce qui peut rendre les choses plus difficiles pour les élèves. Les élèves peuvent avoir des difficultés à passer de la vue en coupe du front à la vue cartographique du front.



Évaluation

Profitez de cette discussion pour évaluer de façon formative l'apprentissage des élèves dans le domaine des fronts et des masses d'air.



Lien vers le scénario

Les élèves vont s'appuyer sur le déplacement des fronts dans une région dans la prochaine leçon. Cette conversation peut servir à vérifier certaines de leurs idées initiales.



ÉTAPE 6

- *Si nous devons prévoir le temps pour le lendemain, dans quelle direction le front se déplacerait-il?*
- *À l'aide de notre modèle, tentons de comprendre pourquoi il y a eu des précipitations à certains endroits le long du front et pas à d'autres.*

POINTS FORTS ET LIMITES DES MODÈLES : PRÉVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES

La dernière question de l'ensemble ci-dessus pourrait mener à une discussion sur les modèles des élèves pour expliquer les précipitations le long d'un front froid. Comme il n'y a pas de précipitations à tous les endroits le long du front, les élèves doivent donc réfléchir à la manière dont leurs modèles les aident à comprendre ce qui se passe dans les endroits où il y a des précipitations et ce qui pourrait se passer là où il n'y en a pas. Les élèves peuvent préciser les limites de leurs modèles : d'autres facteurs entrent sans doute en jeu pour déterminer la quantité de précipitations que leurs modèles ne prennent pas en compte. Il est important de mentionner comment leurs modèles sont utiles pour comprendre les précipitations le long d'un front froid et où ils pourraient être incomplets.



Conception et utilisation des modèles

Les élèves réfléchissent au manque de précipitations à certains endroits pour comprendre les limites de leur Modèle de consensus.

LEÇON **10**

FRONT EN DÉPLACEMENT

Qu'est-ce qui cause le déplacement des fronts?

S'ENGAGER

EXPLORER

EXPLIQUER

ÉLABORER

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(100 minutes avant l'extension facultative)	
<p>Sous pression (50 min.) On présente aux élèves la pression atmosphérique et son rôle dans le déplacement des masses d'air et des fronts. Les élèves analysent les données sur la pression atmosphérique pour relever les zones de haute et basse pression autour d'un front. À l'aide de ces informations, ils précisent les tendances dans les zones de haute et de basse pression et avancent une raison pour laquelle les fronts passent d'une zone de haute pression à une zone de basse pression.</p>	<p>Leçon 10 : Feuille d'activités de l'élève LEÇON 10 Crayons de couleur (rouge/bleu) Ballons, haricots secs, lentilles ou petites perles Papier et crayon</p>
<p>Extension facultative : Mesures de pression barométrique Les élèves se servent du protocole de GLOBE sur la pression barométrique pour mesurer la pression barométrique.</p>	<p>Baromètre anéroïde ou altimètre Protocole de GLOBE sur la pression barométrique (globe.gov/do-globe/globe-teachers-guide/atmosphere, https://www.globe.gov/documents/10157/380996/atmo_chap_fr.pdf)</p>
<p>Pression : Analyse des données (50 min.) Les élèves étudient les données sur la pression et sur le vent pour South Riding, en Virginie, et continuent de développer leurs idées sur les hautes et basses pressions avant, pendant et après le passage d'un front. Ils les ajoutent à leur Suivi des idées modèles et revoient leur Modèle de consensus.</p>	<p>Tableau blanc, tableau intelligent ou papier millimétré et marqueurs (pour le Suivi des idées modèles et le Modèle de consensus)</p>

LEÇON
10

FRONT EN DÉPLACEMENT

Qu'est-ce qui cause le déplacement des fronts?



Recherche de sens des NGSS

Dans la première leçon *Élaborer*, les élèves commencent à expliquer le déplacement des masses d'air et des fronts en amplifiant les concepts sur la pression atmosphérique qui se rapportent aux systèmes de haute et de basse pression. Les élèves commencent leurs recherches en revoyant les données de South Riding, en Virginie, en y superposant maintenant la pression atmosphérique avant, pendant et après le passage du front.

INDICATEUR DE RENDEMENT

- Analyser les tendances dans les données pour décrire la manière dont la pression change avant et après le passage d'un front froid.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- Les masses d'air circulent depuis les zones de haute pression vers celles de basse pression, ce qui amène des systèmes météorologiques (définis par la température, la pression, l'humidité, les précipitations et le vent) qui se forment dans un endroit fixe à changer au fil du temps. Des changements soudains de la météo peuvent survenir lorsque différentes masses d'air entrent en collision.
- Analyser et interpréter les données pour fournir des preuves de phénomènes et dégager les relations temporelles.
- Se servir des graphiques pour relever les schémas dans les données.

DIMENSIONS DES NGSS (3^e ANNÉE-5^e ANNÉE) (RENFORCEMENT)

- Faire des observations et/ou prendre des mesures pour produire des données servant d'éléments de preuve pour expliquer un phénomène.
- Les schémas de changement peuvent servir à faire des prévisions.

Marche à suivre du professeur

Sous pression

1. **Faire la transition avec la leçon précédente.** À l'aide des idées des élèves tirées de l'activité Vue d'ensemble (*Leçon 9 : Étape 6*), passez en revue les questions suivantes de la discussion précédente :

SUGGESTIONS DE QUESTIONS	EXEMPLES DE RÉPONSES DES ÉLÈVES
<i>Si on voulait faire des prévisions sur le temps du lendemain, dans quelle direction le front se déplacerait-il?</i>	Le front se déplacerait probablement vers la droite comme nous l'avons vu dans la Vue d'ensemble.
<i>À votre avis, qu'est-ce qui cause le front?</i>	Le vent cause le front.

2. **Définir l'objectif de cette activité.**

Expliquez aux élèves :

Maintenant que nous en savons plus sur la manière dont fonctionne un front, voyons si nous pouvons comprendre pourquoi il se déplace et vers quelle direction il se dirigera ensuite. Si on peut le comprendre, on saura quelles communautés devraient recevoir des précipitations venant du front lorsque celui-ci arrivera dans leur secteur.

3. **Rappeler aux élèves ce qu'est la pression atmosphérique en la modélisant physiquement.**

Dites aux élèves que les mesures de pression barométrique sont une autre mesure météorologique nécessaire pour déterminer la direction des déplacements. Servez-vous de haricots ou d'un élément équivalent (lentilles, perles, etc.) pour demander aux élèves de modéliser l'air dans une zone de haute pression, par rapport à l'air dans une zone de basse pression. Donnez aux élèves 20 haricots à tenir dans une main et cinq haricots, dans l'autre main. Demandez-leur de fermer les yeux et de faire attention à la pression que les haricots exercent à la surface de leurs mains. (Remarque : les haricots sont relativement inefficaces pour modéliser la distance entre les grains et montrer si l'air monte ou descend dans la colonne. Cependant, ils peuvent être utilisés pour aider les élèves à comprendre que ce qui se trouve dans la colonne d'air au-dessus d'une surface exerce une pression sur cette surface.)

4. **Extension facultative : Mesurer la pression barométrique à l'aide du protocole de GLOBE sur la pression barométrique.**

Le protocole de GLOBE sur la pression barométrique est une autre excellente occasion, pour les élèves, de prendre des mesures de leur environnement et de découvrir un autre instrument de mesure météorologique. Présentez le protocole de GLOBE sur la pression barométrique à ce stade si les élèves doivent prendre des mesures. Vous utiliserez un baromètre anéroïde ou un altimètre ainsi que le protocole. Si vous avez un baromètre numérique dans votre salle de classe ou tout autre équipement pour mesurer la pression barométrique, il serait utile de prendre des mesures avec ceux-ci également.



Le protocole sur la pression barométrique se trouve à l'adresse :

<https://www.globe.gov/do-globe/globe-teachers-guide/atmosphere>, https://www.globe.gov/documents/10157/380996/atmo_chap_fr.pdf



5. **Établir le lien entre la pression atmosphérique et les masses d'air ascendantes et descendantes.** Demandez aux élèves d'aller à la *Leçon 10 : Étape 1* de leurs feuilles d'activités de l'élève. Dites-leur de lire la page puis, avec toute la classe, discutez de l'image (ci-dessous) qui montre comment l'air se déplace dans les zones de haute et de basse pression. Demandez aux élèves de réfléchir à la manière dont la densité de l'air qui descend dans une zone de haute pression est différente de la densité de l'air qui monte dans une zone de basse pression. Faites remarquer qu'un grand « A » bleu, sur les cartes météo, indique le centre de la zone de haute pression (anticyclone), et qu'un grand « D » rouge indique le centre de la zone de basse pression (système dépressionnaire). (Remarque : on ne s'attend pas à ce que les élèves



Lien vers le scénario

Les élèves continuent à élargir leurs connaissances sur le déplacement d'un front froid dans une région, en ajoutant le rôle des zones de basse et de haute pression.



Concepts fondamentaux disciplinaires :

Pression atmosphérique

Le contenu de cette activité dépend du fait que vos élèves ont étudié la pression atmosphérique avant cette unité ou pas encore. Si c'est le cas, tirez parti de ce qu'ils savent pour explorer la pression atmosphérique plus en profondeur. La version actuelle de l'activité est écrite sans cette attente.

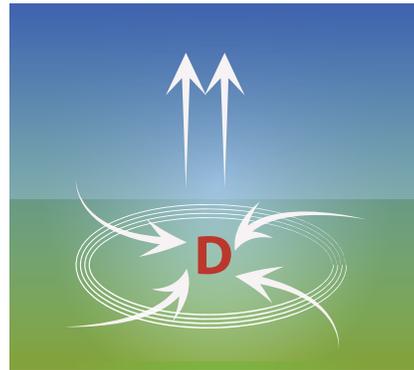
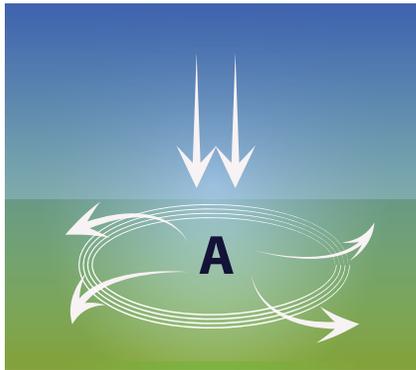


Connexion GLOBE

Les écoles du réseau GLOBE collectent également des données sur la pression barométrique. Si vos élèves sont familiarisés avec la prise de mesure, aidez-les à établir le lien entre les données qu'ils recueillent et celles qu'ils étudient.

LEÇON
10
ÉTAPE 1

sachent pourquoi l'air est dévié de différentes manières dans une zone de basse pression ou de haute pression. Cela peut être revu après que la force Coriolis ait été enseignée dans la séquence d'apprentissage 3.)



6. Mettre en relation le mouvement vertical ascendant et descendant de la pression atmosphérique avec le déplacement horizontal et vers l'extérieur. À l'aide du même graphique, faites la transition en attirant l'attention sur les flèches pointant vers la zone de basse pression et les flèches s'éloignant de la zone de haute pression.

7. Faire une démonstration pratique du déplacement de l'air dans les zone de basse et de haute pression. Les élèves travaillent en groupes de deux. Donnez à chaque groupe un ballon rempli d'une quantité de haricots secs équivalente à la taille d'une balle de golf (ou des lentilles, perles, etc.). Dites aux élèves que les haricots à l'intérieur du ballon représentent des molécules d'air. Ils doivent placer leur ballon sur une feuille de papier et tracer un cercle autour des bords du ballon. Demandez à un élève d'appuyer sur le ballon, ce qui simule une zone de haute pression. L'autre élève doit alors tracer un nouveau cercle autour des bords du ballon « pressurisé ». Ensuite, simulez une zone de basse pression en relâchant le ballon. Comparez la taille des deux cercles. Les élèves peuvent simuler à tour de rôle la zone de haute et basse pression en appuyant sur le ballon et en relâchant la pression.

Les élèves expliquent l'un à l'autre et à tour de rôle ce qui arrive à l'air sous haute pression et basse pression, à l'aide des questions suivantes :

- *Qu'arrive-t-il à l'air en lorsqu'il est sous haute pression? Où va-t-il?*
- *Les cercles que vous avez dessinés montrent comment l'air s'est déplacé au niveau du sol. Pourquoi le cercle est-il plus grand pour l'air sous haute pression?*

Reportez-vous aux diagrammes de la *Leçon 10 : Étape 1* pour aider les élèves à établir des liens entre l'air dans l'atmosphère et l'activité du ballon.

8. Démontrer notre compréhension de l'air sous haute pression et sous basse pression.

Vous pouvez demander aux élèves de se placer dos à dos pour les inciter à se lever et à se déplacer tout en discutant de leurs idées. Les élèves réfléchissent à la manière dont le déplacement ascendant et descendant de l'air influence le déplacement de l'air à la surface.

- Formez deux rangs, chaque élève se tenant dos à dos avec une personne de l'autre rang.
- Les élèves écoutent la question que vous posez concernant l'activité :
 - *Si l'air d'une zone de basse pression monte, pourquoi ces flèches pointent-elles vers le centre de la zone?*
 - *Si l'air d'une zone de haute pression descend, pourquoi ces autres flèches s'éloignent-elles du centre de la zone?*
- Demandez aux élèves de réfléchir individuellement jusqu'à ce que vous leur disiez de se retourner (généralement environ 30 secondes). Dites ensuite : *Retournez-vous.*
- Les élèves font part de leurs réflexions à l'élève avec lequel ils étaient dos à dos.



Analyse et interprétation des données

Les élèves analysent les données sur la pression barométrique sur le front à partir de la Vue d'ensemble.



Utilisation des modèles

Utiliser un ballon rempli pour simuler l'air dans les systèmes de haute et de basse pression donne une dimension kinesthésique aux concepts.



Approfondir

Gonfler un ballon. Dessiner à quoi ressemble la zone de haute pression à l'intérieur du ballon par rapport à la zone de basse pression à l'extérieur du ballon. Demander aux élèves de prévoir ce qui se passerait si on faisait éclater le ballon. L'air extérieur s'engouffrerait à l'intérieur ou l'air à l'intérieur sortirait-il du ballon? Demandez aux élèves de schématiser la direction vers laquelle l'air se déplacerait (de la zone de haute pression à l'intérieur vers la zone de basse pression à l'extérieur). Ensuite, faites éclater le ballon!

LEÇON 10
ÉTAPE 2

- Se servir des données sur la pression pour déterminer la direction vers laquelle le front se déplace.** Demandez aux élèves d'aller à la *Leçon 10 : Étape 2* de leurs feuilles d'activités de l'élève. Lisez les instructions ensemble et invitez les élèves à considérer la carte de pression atmosphérique.
- Demander aux élèves de faire des prévisions :** *Si des zones de haute pression et de basse pression se trouvaient dans la même région, comment l'air se déplacerait-il entre les deux, selon vous?* Puis donnez aux élèves le temps de terminer l'activité.
- Discuter des schémas que les élèves ont relevés et de la manière dont la pression atmosphérique se rapporte au déplacement.** Gardez les colonnes d'air froid et d'air chaud projetées pour les élèves. À l'aide des instructions pour la discussion au bas de la feuille d'activités de l'élève, animez une discussion dans laquelle les élèves font des prédictions sur la manière dont le vent souffle. Les élèves continueront à développer cette explication dans la prochaine activité.

Suggestion de question à débattre :

- *Le front se déplace d'ouest (côté gauche de la carte) en est (côté droit de la carte). Les flèches du front froid pointent dans la direction vers laquelle il se déplace. En utilisant les mesures de pression barométrique, pourquoi le front pourrait-il se déplacer dans cette direction?*

Pression : Analyse des données



- Faire la transition avec l'activité précédente.** Les élèves ont commencé à proposer une explication sur la pression en examinant les mesures de pression barométrique sur un front. Demandez-leur de revoir ce qu'ils ont appris de cette activité en se concentrant sur l'endroit où se trouvait la zone de haute pression (à l'arrière du front) et où se trouvait la zone de basse pression (le long du front et à l'extrémité nord).
- Définir l'objectif pour examiner la pression de plus près.**

Demandez aux élèves :

Si on revenait à la Freedom High School en Virginie et qu'on s'attendait au passage d'un front froid, à quels changements de pression faudrait-il s'attendre avant, pendant et après le front?

Dire aux élèves de se servir de ce qu'ils ont appris de la leçon précédente (*Leçon 10 : Étapes 1 et 2 : Sous Pression*) pour prévoir quelle pourrait être la pression lorsque le front traverse un certain endroit. Obtenez les réponses initiales des élèves à cette question.

- Demander aux élèves d'aller à la Leçon 10 : Étape 3 sur leurs feuilles d'activités.** Lisez les instructions ensemble. Demandez aux élèves de se servir de la Stratégie de recherche de sens I² (Ce que je vois/Ce que cela signifie) pour analyser le graphique de la pression barométrique. Rappelez aux élèves qu'ils regardent maintenant un seul endroit à mesure que le front se déplace. Invitez-les à revoir les données graphiques au besoin avant d'analyser le graphique.
- Les élèves analysent et interprètent le graphique.** Donnez aux élèves le temps de travailler ensemble pour analyser le graphique de la pression barométrique. Demandez aux élèves de discuter et de répondre aux questions d'analyse en dessous du graphique.
- Discuter des données pour générer des Idées modèles.** Discutez des observations des élèves sur le graphique. Invitez-les à échanger sur les énoncés « Ce que je vois » avant de faire la transition vers les énoncés « Ce que cela signifie ». Pendant que les élèves font part de leurs observations à propos des zones de haute et de basse pression, demandez-leur d'établir des liens avec la carte régionale de pression (*étape 2*) et les endroits où il y avait des zones de haute et de basse pression autour du front (p. ex., près du front, derrière le front).

LEÇON 10
ÉTAPE 3



Évaluation

Écoutez comment les élèves expliquent leur réflexion à leur partenaire dans le cadre d'une évaluation formative.



Analyse et interprétation des données

Les élèves analysent les données sur la pression préparées par la Freedom High School pour préciser où se trouvent les zones de basse et de haute pression autour d'un front froid.



Lien vers le scénario

Les élèves ont vu les données sur la pression d'un point de vue cartographique dans une zone donnée. Ils vont maintenant étudier les données sur la pression pour un seul endroit dans le temps. Précisez ce changement aux élèves.

Créez des schémas pour expliquer la pression et transformez ces schémas en Idées modèles pour le Suivi des idées modèles.

- **Voici des exemples d'Idées modèles tirées des données cartographiques spatiales :**
 - Les zones de haute pression se trouvent généralement à l'arrière du front froid.
 - Les zones de basse pression se trouvent autour du front et à l'extrémité nord.
- **Voici des exemples d'Idées modèles tirées de l'analyse des données temporelles :**
 - Après le passage d'un front froid, à un certain endroit il peut se former une zone de haute pression associée à un air descendant plus froid qui contient moins d'humidité.
 - Juste avant et pendant la tempête, à un certain endroit, il peut se former une zone de basse pression, associée à un air chaud ascendant et à des précipitations.
 - L'air passe d'une zone de haute pression à une zone de basse pression.

**Conception et utilisation des modèles**

Ajouter au Suivi des idées modèles de nouvelles idées sur les zones de haute et de basse pression et la manière dont l'air se déplace entre les deux.

LEÇON **11**

EXAMEN PLUS APPROFONDI DES SYSTÈMES DÉPRESSIONNAIRES

Qu'est-ce qui pourrait bloquer un front?

S'ENGAGER

EXPLORER

EXPLIQUER

ÉLABORER

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(75 minutes)	
<p>Expliquer la tempête du Colorado Les élèves revoient la tempête qui a eu lieu au Colorado, soit le phénomène qui sert de pilier (Leçon 1), en examinant les données sur les précipitations et en interprétant un bulletin sur la tempête afin de développer un modèle initial de la tempête. Les élèves recourent à leurs modèles pour élaborer un Modèle de consensus pour décrire comment l'humidité exceptionnelle provenant du golfe du Mexique et de l'océan Pacifique s'est déplacée vers le Colorado (p. ex., grâce à l'interaction des masses d'air le long d'un front stationnaire et de l'influence des zones de haute et de basse pression sur le déplacement du front).</p>	<p>Leçon 11 : Feuille d'activités de l'élève </p> <p>Vidéo du phénomène qui sert de pilier (Leçon 1)</p> <p>Tableau blanc, tableau intelligent ou papier millimétré et marqueurs (pour le Suivi des idées modèles, le Modèle de consensus et le Tableau des questions directrices)</p> <p>Vidéo de la vapeur d'eau d'une tempête</p> <p>Vidéos de la NASA montrant le déplacement d'une tempête au dessus des États-Unis</p>

LEÇON
11

EXAMEN PLUS APPROFONDI DES SYSTÈMES DÉPRESSIONNAIRES

Qu'est-ce qui pourrait bloquer un front?



Recherche de sens des NGSS

Les élèves utilisent des Idées modèles générales pour concevoir un modèle par cas pour le phénomène qui sert de pilier. Les élèves analysent les données sur les précipitations et interprètent un bulletin météorologique afin de reconstituer les principaux facteurs qui ont influencé la tempête qui a eu lieu au Colorado en 2013. Ils recourent à leurs connaissances sur les masses d'air, les fronts et les zones de haute et de basse pression pour expliquer pourquoi Boulder et la région environnante ont reçu des précipitations exceptionnelles. Les élèves relèvent les Idées modèles qui sont utiles pour expliquer une grande variété de phénomènes de tempêtes, ainsi que les éléments propres à la tempête qui a eu lieu au Colorado et qui l'ont rendue unique.

INDICATEUR DE RENDEMENT

- Analyser les données sur la pression et l'humidité pour décrire le déplacement de l'air et de l'humidité d'un endroit à un autre.
- Concevoir un modèle pour montrer comment les différences de pression entraînent le déplacement de l'humidité qui mène à la formation d'une tempête.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- Les masses d'air circulent depuis les zones de haute pression vers celles de basse pression, ce qui amène des systèmes météorologiques (définis par la température, la pression, l'humidité, les précipitations et le vent) qui se forment dans un endroit fixe à changer au fil du temps. Des changements soudains de la météo peuvent survenir lorsque différentes masses d'air entrent en collision.
- Concevoir et/ou réviser un modèle pour montrer la relation entre les variables, y compris celles qui ne sont pas observables, mais qui prévoient la survenue de phénomènes observables.
- Analyser et interpréter les données pour fournir des preuves de phénomènes et dégager les relations temporelles.
- Les relations de cause à effet peuvent servir à prévoir les phénomènes dans les systèmes naturels.

DIMENSIONS DES NGSS (3^e ANNÉE-5^e ANNÉE) (RENFORCEMENT)

- Faire des observations et/ou prendre des mesures pour produire des données servant d'éléments de preuve pour expliquer un phénomène.
- Concevoir et/ou réviser de manière collaborative un modèle basé sur des preuves qui montrent les relations entre les variables pour des événements fréquents et réguliers.
- Les schémas de changement peuvent servir à faire des prévisions.

Marche à suivre du professeur

Expliquer la tempête du Colorado



- Faire la transition avec la leçon précédente.** Demandez aux élèves de résumer les idées ajoutées au Suivi des idées modèles de la leçon précédente. Pensez à le faire en demandant aux élèves de s'arrêter et de noter les idées importantes qu'ils ont apprises lors de la leçon précédente. Profitez de la discussion sur ces idées pour vous aider à évaluer les points importants que les élèves ont retirés des activités précédentes sur la pression.
 - Voici des exemples d'Idées modèles tirées des données cartographiques spatiales :
 - Les zones de haute pression se trouvent généralement à l'arrière du front froid.
 - Les zones de basse pression se trouvent autour du front et à l'extrémité nord.
 - Voici des exemples d'Idées modèles tirées de l'analyse des données temporelles :
 - Après le passage d'un front froid, à un certain endroit, il peut se former une zone de haute pression associée à un air descendant plus froid, qui contient moins d'humidité.
 - Juste avant et pendant la tempête, à un certain endroit, il peut se former une zone de basse pression, associée à un air chaud ascendant et à des précipitations.
 - L'air passe d'une zone de haute pression à une zone de basse pression.
- Revoir le phénomène qui sert de pilier.** Préparez la voie à une utilisation de ces modèles pour comprendre ce qui se passe avec la tempête du Colorado. Regardez la vidéo de nouveau.



ÉTUDE DE CAS : INONDATIONS AU COLORADO

En septembre 2013, une tempête a stagné sur la région de Boulder, au Colorado, entraînant des pluies torrentielles pendant une semaine et causant des inondations dévastatrices.

Vidéo : <https://scied.ucar.edu/boulder-colorado-flood-how-citys-resilience-strategy-saved-it>

Images avant/après : <https://scied.ucar.edu/boulder-floods>

La vidéo dure 6 minutes et 48 secondes et constitue une étude de cas. Pour aider les élèves à se concentrer sur ce qui s'est passé lors de l'inondation, notez les codes temporels suivants :

0:00 à 2:08—Introduction aux inondations de 2013 au Colorado et aux inondations qui ont eu lieu auparavant dans cette même zone. On peut voir certains effets.

2:09 à 4:11—Les considérations techniques liées à la gestion des inondations futures basées sur les expériences passées sont traitées.

4:12—Fin de la vidéo sur les inondations de 2013 et la résilience communautaire.

6:13—Mention d'une cause.

- Expliquer que la tempête du Colorado était inhabituelle.** Expliquez aux élèves que cette tempête était différente d'une tempête isolée et d'un front froid. Dites-leur que leur travail consiste à examiner les données sur la tempête du Colorado et à les comparer avec ce qu'ils savent sur les tempêtes isolées types et les fronts froids.



Évaluation

Demandez aux élèves de noter certaines des idées importantes qui ont été présentées dans la dernière leçon. Vérifiez si les idées que les élèves expriment correspondent étroitement aux Idées modèles ajoutées au Suivi des idées modèles le jour précédent. Cela fournit des informations utiles sur la manière dont les idées principales de chaque élève correspondent aux Idées modèles élaborées en collaboration avec la classe.

LEÇON 11
ÉTAPE 1

4. **Les élèves analysent les données sur les précipitations qui ont accompagné la tempête du Colorado pour savoir combien de temps elle a duré.** Lisez les instructions en haut de la *Leçon 11 : Feuille d'activités de l'élève* ensemble. Demandez aux élèves de faire une activité d'analyse en groupe dans la *Leçon 11 : Étape 1*. Après avoir examiné les données sur les précipitations, les élèves disent si la tempête du Colorado était une tempête isolée, un front froid ou quelque chose de différent. Ils devraient se fonder sur les preuves de l'ensemble de l'unité pour appuyer leurs affirmations. Ayez recours à un vote à main levée pour voir quelles affirmations les élèves soutiennent au départ.
5. **Demander aux élèves de réfléchir à la manière dont la tempête du Colorado est différente des autres tempêtes qu'ils ont étudiées.** Cette tempête est différente des tempêtes isolées et des fronts froids types en raison de la durée pendant laquelle il a plu et du manque de déplacement (stagnation).

LEÇON 11
ÉTAPE 2

6. **Les élèves déterminent les facteurs importants dans la tempête.** Ils lisent un bulletin sur la tempête (*Leçon 11 : Étape 2*) afin de recueillir des informations sur la raison pour laquelle la tempête a stagné et s'est attardée au-dessus d'une seule région pendant si longtemps. Aidez les élèves à utiliser ce qu'ils ont appris sur la manière dont les zones de haute pression peuvent pousser les masses d'air. Demandez-leur de considérer le modèle de ballon que nous avons utilisé dans la leçon 10, tout en pensant à la manière dont la pression atmosphérique pourrait bloquer un front. Dans le cas de la tempête du Colorado, des zones de haute pression étaient piégées dans le front, ce qui l'a empêché de se déplacer, c'est pourquoi il y a eu autant de pluie.
7. **Demander aux élèves de préparer un Modèle de consensus pour la tempête du Colorado en petits groupes.** Dites-leur de se servir du bulletin météorologique pour créer un modèle sur la carte (*Leçon 11 : Étape 2*) montrant les différentes forces en jeu dans la tempête du Colorado. Ils doivent indiquer l'endroit où se trouvent les zones de haute pression et de basse pression, le front et les masses d'air présentes, ainsi que l'endroit d'où provient l'humidité.

LEÇON 11
ÉTAPE 3

8. **Élaborer un Modèle de consensus en groupe.** Demandez aux petits groupes de présenter leurs modèles à la classe. Au fur et à mesure que chaque petit groupe fait sa présentation, invitez les élèves à poser des questions sur les modèles de chacun. Notez les parties où les groupes semblent être d'accord sur ce qui se passe et notez également les différences dans les avis. Une fois que tous les groupes ont présenté leurs modèles, passez à l'élaboration d'un Modèle de consensus avec la classe. Ce modèle doit refléter les idées convenues. Commencez par les idées sur lesquelles les élèves se sont mis d'accord avant de passer aux désaccords ou aux idées incomplètes. Les élèves doivent utiliser le modèle pour répondre aux questions de la *Leçon 11 : Étape 3* sur la tempête du Colorado.
9. **Réfléchir au nouveau modèle.** Une fois que les élèves ont préparé le nouveau modèle, demandez-leur de préciser ce que ce nouveau modèle aide à expliquer que les autres modèles ne pouvaient pas expliquer. Rappelez-leur que la tempête du Colorado était une tempête inhabituelle due à des variables uniques. Regardez le Modèle de consensus et relevez quelques Idées modèles générales sous-jacentes que l'on retrouverait dans la plupart des tempêtes, plus quelques idées uniques et propres au cas sous étude et que l'on a retrouvées, en particulier, dans la tempête du Colorado.

Idées modèles générales :

- Une masse d'air chaud et humide a été poussée par une masse d'air plus froide.
- La zone de basse pression tirait l'air vers elle.
- La zone de haute pression repoussait l'air loin d'elle.

Idées modèles spécifiques à la tempête du Colorado :

- Trois zones de haute pression « ont piégé » le front et il a stagné.
- La zone de basse pression ne cessait d'accumuler de l'humidité provenant du golfe du Mexique et de l'océan Pacifique.

Points forts et limites des modèles : Discutez de la manière dont certaines Idées modèles peuvent être utiles pour expliquer les parties d'une tempête, mais dont certains éléments uniques pouvant se produire dans n'importe quelle tempête la rendraient plus difficile à prévoir.



Conception et utilisation des modèles

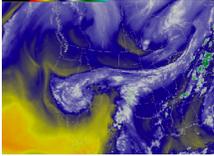
Les élèves font une ébauche initiale du modèle de la tempête du Colorado qu'ils utiliseront pour préparer le Modèle de consensus. Lorsque les élèves travaillent en groupe, ils n'ont pas besoin d'être d'accord sur tous les éléments du modèle. Ils doivent faire part de leurs désaccords et incertitudes lors de la discussion sur le Modèle de consensus. Faites en sorte que le Suivi des idées modèles et les preuves de la précédente activité sur la pression atmosphérique et le passage d'un front froid soient à portée de main pendant la discussion de consensus pour aider à résoudre les désaccords.



Lien vers le scénario

Pour motiver la nécessité d'approfondir l'étude dans la séquence d'apprentissage 3, faites un changement et regardez la tempête à l'aide d'images satellitaires de la vapeur d'eau dans l'atmosphère. Il y a beaucoup de vapeur parcourant de longues distances et de manière assez prévisible. Passez à l'étape supérieure et examinez les schémas régionaux sur la façon dont les tempêtes se déplacent dans de vastes régions. Demandez aux élèves de réfléchir à la direction de ces tempêtes et s'ils remarquent des tendances dans leur déplacement (d'ouest en est). Expliquez aux élèves que nous devons encore étudier pourquoi les tempêtes tendent à se déplacer dans certaines directions et comment l'humidité se déplace sur de longues distances.

- 10. Revoir le Tableau des questions directrices.** Donnez aux élèves le temps de revoir les questions sur le Tableau des questions directrices. Les élèves doivent partager et expliquer les questions auxquelles ils pensent maintenant pouvoir répondre. Ils peuvent également faire part de nouvelles questions qu'ils peuvent avoir sur les tempêtes.
- 11. Passer à la séquence d'apprentissage 3.** Regardez des images satellitaires de la tempête du Colorado pour amener les élèves à réfléchir à des schémas à grande échelle. Demandez-leur ce qu'ils remarquent sur la façon dont l'air se déplaçait aux États-Unis lors de la tempête du Colorado.



IMAGERIE SATELLITAIRE : INONDATIONS AU COLORADO

Cette image satellite montre la vapeur d'eau au-dessus des États-Unis, du 11 au 12 septembre 2013.

Vidéo : <https://www.bouldercast.com/the-2013-boulder-flood-two-years-and-three-billion-dollars-later/>

- 12. Passer du Colorado à une autre région.** Choisissez l'une des vidéos de la NASA ci-dessous pour la regarder avec les élèves. Utilisez la vidéo pour remarquer les schémas dans la façon dont l'air et les tempêtes se déplacent aux États-Unis. Demandez aux élèves d'indiquer la direction vers laquelle la tempête se déplace et l'endroit d'où l'humidité de la tempête pourrait provenir. Cela vous aidera à préparer la voie à l'apprentissage des élèves dans la séquence d'apprentissage 3, alors qu'ils plongent dans des schémas latitudinaux de réchauffement, de précipitations et de vents dominants.

IMAGERIE SATELLITAIRE : IMAGES SATELLITE DE LA NASA SUR DES TEMPÊTES AUX ÉTATS-UNIS

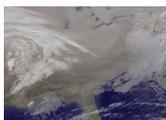
Ces vidéos montrent des tempêtes dans différentes régions des États-Unis en 2016 et 2017. Les images sont réalisées par le satellite GOES-East de la NOAA (projet GOES [Geostationary Operational Environmental Satellite] de la NASA et la NOAA [National Oceanic and Atmospheric Administration]). Sélectionnez une région qui pourrait être plus intéressante pour vos élèves, ou si le temps le permet, regardez les trois vidéos pour noter des schémas similaires et différents.



Option 1 : <https://www.youtube.com/watch?v=V-euF5ScXBy>

Dates : Du 29 avril au 1^{er} mai 2017

Endroit : États du centre-sud aux États du centre du littoral de l'Atlantique



Option 2 : <https://www.youtube.com/watch?v=awVjB2VQxdU>

Dates : Du 20 au 22 janvier 2016

Endroit : États du centre du littoral de l'Atlantique



Option 3 : <https://www.youtube.com/watch?v=estSuHF3Vwk>

Dates : Du 5 au 7 janvier 2016

Endroit : Californie du Sud et côte occidentale des États-Unis

- 13. Évaluer l'apprentissage des élèves à l'aide de l'évaluation de la séquence d'apprentissage 2.** Vous trouverez la banque d'éléments d'évaluation et la grille de notation dans la section Évaluations de *GLOBE Weather*.



Évaluation

Voir la section Évaluations de *GLOBE Weather* pour l'évaluation de la séquence d'apprentissage 2.

GUIDE DU PROFESSEUR

▼▼▼
SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE 3

S'ENGAGER

LEÇON 12

Tempêtes en déplacement

EXPLORER

LEÇON 13

Réchauffement

EXPLIQUER

LEÇON 14

Déplacement de l'air sous les tropiques

ÉLABORER

LEÇON 15

Une balle courbe

Systemes météorologiques dans le monde

Pourquoi les tempêtes se déplacent-elles selon des schémas prévisibles autour du monde?



L'objectif de cette séquence d'apprentissage est d'amener les élèves à comprendre pourquoi les tempêtes se déplacent selon ces schémas, dans le monde entier. Alors que la météo peut changer chaque jour, le phénomène à l'étude qui sert de pilier à cette séquence d'apprentissage est que les vents dominants à différentes latitudes déplacent l'humidité selon des schémas prévisibles. Les élèves étudient comment la radiation solaire conduit à un réchauffement inégal de l'atmosphère. Ils mettent à profit les Idées modèles existantes de la séquence d'apprentissage 1 et de nouvelles idées sur le rayonnement solaire pour expliquer comment ce réchauffement inégal entraîne un processus de convection à l'échelle mondiale. Ils conçoivent un modèle pour expliquer le déplacement de l'air sous les tropiques et testent leurs modèles pour voir s'ils peuvent expliquer les schémas de déplacement des précipitations près de l'équateur. Les élèves réalisent que leurs modèles actuels expliquent uniquement le déplacement des vents du nord vers le sud. Grâce à des lectures, ils comprennent mieux la façon dont la force de Coriolis occasionne la déviation des vents, ce qui explique leur déplacement d'est en ouest près de l'équateur. Les élèves peuvent alors prévoir dans quelle direction les orages se déplaceraient à différents endroits du monde. Cette séquence change l'objectif et l'échelle spatiale; les élèves passent de l'examen des causes de la formation de tempêtes sur plusieurs jours dans une région à l'explication des raisons pour lesquelles les tempêtes évoluent selon des schémas prévisibles dans le monde entier.

IDÉES SCIENTIFIQUES

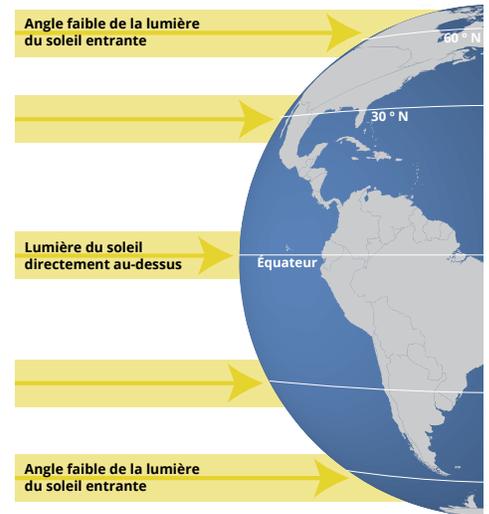
La lumière solaire concentrée réchauffe plus la Terre à l'équateur qu'aux pôles. Cela favorise la montée de l'air chaud et humide près de l'équateur, créant des zones de basse pression qui génèrent des nuages et des précipitations, libérant de la vapeur d'eau et refroidissant l'air. Cet air refroidit davantage alors qu'il s'éloigne de l'équateur, descend aux latitudes 30° N et 30° S et est aspiré vers la zone de basse pression à l'équateur pour remplacer l'air ascendant. Il s'agit du processus de convection à l'échelle mondiale. La rotation de la Terre crée trois zones de circulation dans chaque hémisphère. Sous les tropiques, les vents se déplacent à la surface de la Terre vers l'équateur : il s'agit de vents dominants connus sous le nom d'alizés. La rotation de la Terre force les vents dominants à dévier en raison de la force de Coriolis. Sous les tropiques, les vents dominants se déplacent d'est en ouest. Aux latitudes moyennes, ils se déplacent d'ouest en est, ce qui entraîne des schémas prévisibles de déplacement des tempêtes dans le monde entier.

Contenu scientifique

ÉNERGIE DU SOLEIL ET LATITUDE

L'énergie du Soleil réchauffe la surface de la Terre de manière inégale. Les latitudes au niveau ou à proximité de l'équateur sont plus chaudes que les endroits éloignés de l'équateur (vers les pôles Nord et Sud), qui reçoivent moins de lumière solaire par unité de surface. C'est parce que le Soleil est directement au-dessus de l'équateur et qu'il y est plus intense, mais aussi parce qu'il est plus bas dans le ciel à des latitudes plus élevées où la même quantité d'énergie est répartie sur une plus grande surface. Tandis que les élèves font part de leurs idées sur la raison pour laquelle il fait plus chaud près de l'équateur, notez que certains d'entre eux pensent que les températures sont plus chaudes près de l'équateur car ces endroits sont « plus proches du Soleil », et que les températures sont plus froides aux latitudes moyennes car ces endroits sont « plus éloignés de l'équateur et donc plus éloignés du Soleil ».

De plus, les endroits éloignés de l'équateur ont de fortes différences saisonnières en termes de température, et les endroits situés au niveau ou près de l'équateur présentent peu ou pas de différences saisonnières en termes de température (à part celles causées par des tempêtes ou d'autres systèmes météorologiques). Cela est dû au fait que l'axe de la Terre est incliné, donc un endroit situé loin de l'équateur reçoit plus de lumière solaire à des périodes de l'année où son hémisphère est incliné vers le Soleil, et moins de lumière solaire à des périodes de l'année où son hémisphère est incliné loin du Soleil.

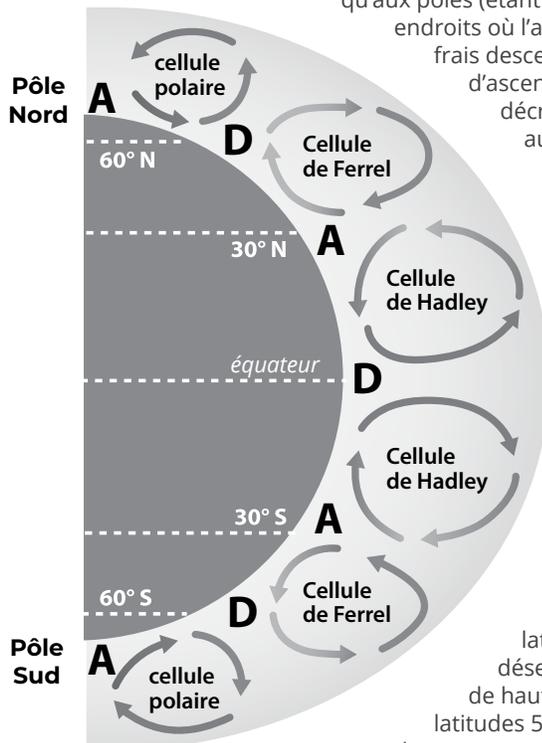


Lumière solaire entrante à diverses latitudes
(Crédit : SA Geography)

Ces variations en fonction de la latitude sont étudiées dans la Leçon 13, dans laquelle les élèves interprètent les données qui montrent des différences générales de température entre les pôles de la Terre et l'équateur.

CIRCULATION ATMOSPHÉRIQUE MONDIALE

Tandis que les conditions météorologiques peuvent changer chaque jour, les vents de surface à différentes latitudes se déplacent de façon prévisible. Ces vents de surface font partie d'un modèle de circulation atmosphérique mondiale, qui est le résultat du réchauffement plus important de la Terre par le Soleil à l'équateur qu'aux pôles (étant donné que la température de l'air autour de la Terre varie, l'air circule). Aux endroits où l'air chaud monte, la pression atmosphérique est basse. Aux endroits où l'air frais descend, la pression atmosphérique est haute. Les mouvements systématiques d'ascension de l'air chaud et de descente de l'air frais sont appelés convection et décrivent la circulation de l'air en schémas prévisibles, ou cellules de circulation, autour de la Terre. Il y a trois cellules de circulation dans chaque hémisphère : la cellule de Hadley, la cellule de Ferrel et la cellule polaire, comme le montre l'image.



Les cellules de Hadley sont situées entre l'équateur et les latitudes 30° au nord et au sud de l'équateur. À l'équateur, l'air chaud et humide monte, créant des zones de basse pression qui favorisent la formation des nuages et des précipitations, libérant ainsi de la vapeur d'eau lorsque l'air monte au sommet de la troposphère (la tropopause). L'air, maintenant refroidi, est repoussé vers le nord et le sud de l'équateur et il se refroidit encore davantage. Aux latitudes 30° au nord et au sud de l'équateur, l'air plus sec et plus froid descend vers le sol, en créant une zone de haute pression. Une partie de l'air descendant se déplace vers le nord pour former la cellule de Ferrel et monte environ aux latitudes 60° nord et sud. Une partie de cet air ascendant se déplace vers les pôles, puis descend au sein de la cellule polaire.

Les zones de haute pression sont situées aux latitudes 30° nord et sud. Ces latitudes ont des systèmes météorologiques stables (chaud/sec). De nombreux déserts se trouvent près des latitudes 30° nord et sud, là où se trouvent les zones de haute pression. Les zones de basse pression sont situées à l'équateur et aux latitudes 50° à 60° nord et sud, où les conditions météorologiques sont instables (plus de nuages et de précipitations). Aux latitudes moyennes et à l'équateur les précipitations sont plus abondantes, particulièrement le long de la côte ouest des continents où se trouvent des zones de basse pression.

LA FORCE DE CORIOLIS

La circulation atmosphérique mondiale est également influencée par la rotation de la Terre. La Terre tourne d'ouest en est sur son axe. La Terre étant plus large au niveau de l'équateur, elle tourne plus rapidement au niveau de l'équateur qu'aux pôles et les vents de surface (ou objets) sont déviés ou déportés par la force de Coriolis.

La force de Coriolis est nulle à l'équateur, puis augmente en amplitude vers les pôles. La force de Coriolis est l'accélération apparente d'un corps mobile sous l'effet de la rotation de la Terre (déviant la direction de l'air du nord vers le sud). Si la Terre ne tournait pas, il n'y aurait qu'une grande cellule de convection entre l'équateur et les pôles. La déviation des vents divise la cellule en trois cellules de convection.

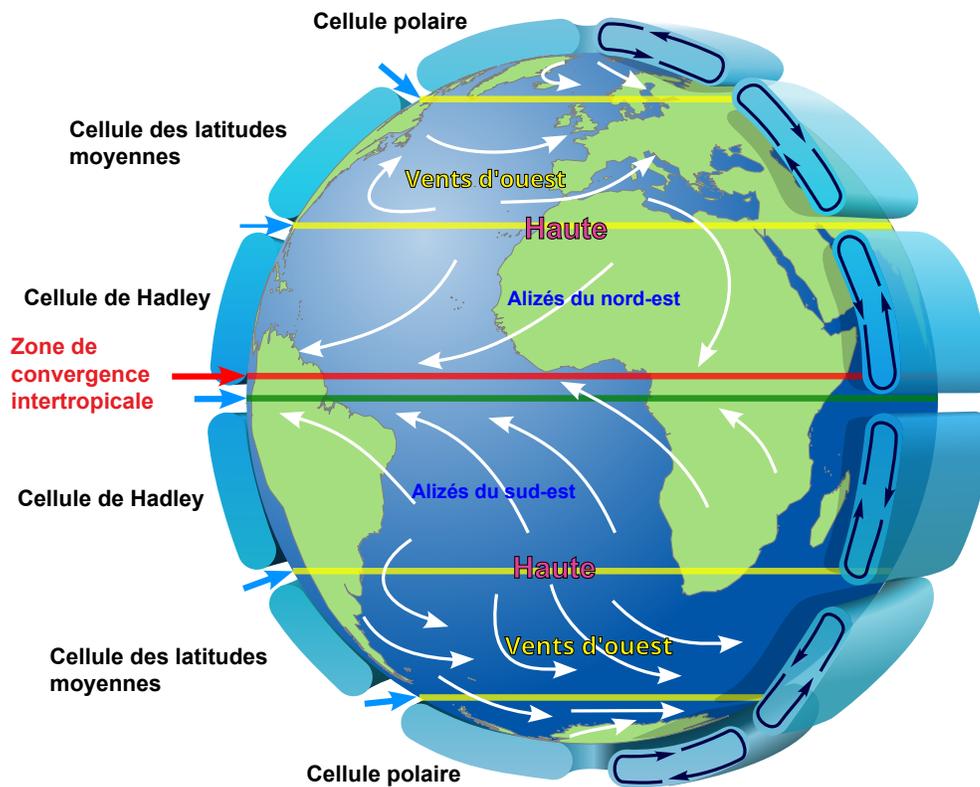


- Le site Web de la NOAA Scijinks (<https://scijinks.gov/coriolis/>) fournit une explication sur la force de Coriolis qui peut être utile pour les élèves.

La force de Coriolis a un impact considérable sur la direction du vent dominant à l'échelle mondiale (voir image ci-dessous).

Les vents dominants à la surface de la Terre, causés par le processus de convection, sont déviés par la rotation de la Terre, ce qui les fait s'infléchir vers la droite dans l'hémisphère Nord et vers la gauche dans l'hémisphère Sud. Les alizés (vents de surface) sous les tropiques sont associés aux cellules de Hadley et se déplacent vers l'équateur, soufflant vers le sud-ouest dans l'hémisphère Nord et vers le nord-ouest dans l'hémisphère Sud. Aux latitudes moyennes, où l'on trouve les cellules de Ferrel, l'air de surface plus chaud qui se déplace vers les pôles est dévié vers l'est par la force de Coriolis, ce qui entraîne des vents d'ouest dominants (qui soufflent d'ouest en est) dans les deux hémisphères. Aux latitudes plus élevées, où l'on trouve les cellules polaires, soufflent des vents d'est dominants (qui soufflent d'est en ouest) dans les deux hémisphères.

De plus, à une échelle plus petite, l'air qui se déplace vers une zone de basse pression et qui s'éloigne de la zone de haute pression est également influencé par la force de Coriolis. L'air circule dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour d'une zone de basse pression dans l'hémisphère Nord, et dans le sens des aiguilles d'une montre autour d'une zone de basse pression dans l'hémisphère Sud. C'est pourquoi les tempêtes dans l'hémisphère Nord tournent dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, tandis que les tempêtes dans l'hémisphère Sud tournent dans le sens des aiguilles d'une montre.



Crédit : Kaidor
 creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0

IDÉES FAUSSES RÉPANDUES :

Les fausses idées scientifiques suivantes ont été relevées par des professeurs sur le terrain de *GLOBE Weather*. Faites-y attention lors de l'étude des systèmes météorologiques avec vos élèves.

IDÉE FAUSSE	EXPLICATION CORRECTE
<p>Il fait plus chaud à l'équateur, car il est plus proche du Soleil.</p>	<p>S'il est vrai que la Terre est plus « bombée » à l'équateur, il n'y a pas de différence notable dans la distance par rapport au Soleil, qu'elle soit mesurée à l'équateur ou aux pôles. La raison qui justifie que les températures sont plus chaudes à l'équateur est due à l'angle formé par la position du Soleil; le Soleil étant précisément au-dessus de l'équateur, il y fait plus chaud, tandis que les surfaces qui sont plus éloignées de l'équateur reçoivent moins de lumière solaire directe, donc moins de chaleur.</p> <p>Pour en savoir plus, consultez le site : https://serc.carleton.edu/sp/library/guided_discovery/examples/seasons.html</p>
<p>Nous sommes en été lorsque la Terre est au plus près du Soleil et en hiver lorsque la Terre est au plus loin du Soleil.</p>	<p>Comme pour l'affirmation dans l'idée fausse ci-dessus, ce n'est pas la distance entre le Soleil et la Terre qui entraîne les changements extrêmes dans les températures latitudinales et saisonnières (en fait, la Terre est la plus proche du Soleil en janvier, qui est l'hiver pour l'hémisphère Nord, et la plus éloignée du Soleil en juillet, lorsque l'hémisphère Nord connaît l'été). Les saisons s'expliquent par l'inclinaison de 23,5° de la Terre sur son axe, ce qui signifie que chaque hémisphère connaît des saisons chaudes lorsqu'il est orienté plus directement vers le Soleil, et des saisons froides lorsqu'il n'est pas orienté vers le Soleil.</p> <p>Pour en savoir plus, consultez le site : https://spaceplace.nasa.gov/seasons/en/</p>
<p>La chaleur du noyau de la Terre est responsable de la chaleur à la surface de la Terre.</p>	<p>S'il est vrai que le noyau et le manteau de la Terre sont extrêmement chauds (la source de cette chaleur provient de la désintégration des éléments radioactifs au sein de la Terre ainsi que la chaleur résiduelle de la Terre acquise lors de sa formation), comme les élèves l'ont découvert dans la Séquence d'apprentissage 1, la température de la surface de la Terre est le résultat du rayonnement solaire entrant. La quantité d'énergie thermique qui remonte à la surface et provenant de l'intérieur de la Terre n'est que d'environ 1/10 000^{ème} de la quantité d'énergie provenant du Soleil et atteignant la surface de la Terre.</p> <p>Pour en savoir plus, consultez le site : https://www.skepticalscience.com/heatflow.html</p>

LEÇON **12**

TEMPÊTES EN DÉPLACEMENT

Comment les tempêtes se déplacent-elles dans le monde?

S'ENGAGER

EXPLORER

EXPLIQUER

ÉLABORER

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(50 minutes)	
<p>Schémas des précipitations dans le monde Les élèves regardent une vidéo et notent leurs observations sur les déplacements des précipitations, d'abord en Amérique du Nord, puis dans le monde entier. Ils discutent des schémas observés et préparent des questions en petits groupes, puis les partagent avec toute la classe. Les élèves ajoutent des nouvelles questions sur le Tableau des questions directrices.</p>	<p>Leçon 12 : Feuille d'activités de l'élève <small>LEÇON 12</small> Vidéo en accéléré du déplacement d'une tempête en Amérique du Nord</p> <p>Vidéo de la NASA sur des chutes de pluie et de neige</p> <p>Tableau blanc, tableau intelligent ou papier millimétré et marqueurs (pour préparer le Tableau des questions directrices)</p>
<p>Proposer des explications initiales Les élèves proposent des idées initiales pour expliquer ces schémas de déplacement des précipitations dans le monde, tirées des expériences précédentes et des Idées modèles des séquences d'apprentissage 1 et 2.</p>	

LEÇON
12

TEMPÊTES EN DÉPLACEMENT

Comment les tempêtes se déplacent-elles dans le monde?



Recherche de sens des NGSS

Les élèves observent des schémas du déplacement d'une tempête en Amérique du Nord puis dans le monde entier pour étudier le phénomène qui sert de pilier à la séquence d'apprentissage 3 : il existe des schémas prévisibles de déplacement des précipitations dans le monde, et les schémas sont différents sous les tropiques et aux latitudes moyennes. Les élèves préparent des questions sur les causes de ces schémas. Ils proposent des explications initiales, en s'appuyant sur leur compréhension de la façon dont la température et la pression entraînent le déplacement de la vapeur d'eau, à partir des séquences d'apprentissage 1 et 2.

INDICATEUR DE RENDEMENT

- Faire des observations pour décrire le déplacement à grande échelle de l'eau dans l'atmosphère.
- Décrire les schémas de déplacement de l'eau dans l'atmosphère, dans le monde entier.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- Poser les questions qui découlent de l'observation attentive des phénomènes pour obtenir des renseignements supplémentaires.
- Concevoir un modèle pour décrire des mécanismes non observables.
- Appliquer des idées scientifiques pour proposer une explication aux phénomènes réels.
- Les images peuvent être utilisées pour déceler les tendances dans les données.
- Les schémas complexes des changements et du déplacement de l'eau dans l'atmosphère sont des éléments déterminants majeurs des systèmes météorologiques locaux.

Marche à suivre du professeur

Schémas des précipitations dans le monde

- 1. Faire la transition avec la leçon précédente.** À la fin de la leçon précédente, les élèves ont suivi une tempête qui se déplaçait au-dessus des États-Unis. Aidez la classe à réfléchir au fait que l'humidité s'est déplacée sur une très longue distance.

Posez les questions :

- Où pensez-vous que la tempête se trouvait la veille? Où était-elle deux jours avant?
- D'où pensez-vous que provenait l'humidité de cette tempête?

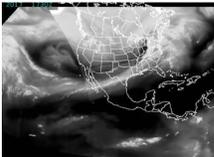
Dites aux élèves que dans cette activité, ils vont étudier le schéma mondial du déplacement d'une tempête.

Remarque : Une expérience antérieure des cartes du monde et d'une vue globale de la Terre permettra aux activités restantes de se dérouler plus facilement. Présentez les cartes du monde, un globe terrestre et/ou Google Earth si nécessaire.

- 2. Observer les schémas du déplacement des tempêtes en Amérique du Nord.** Dites aux élèves qu'une bonne façon de repérer les schémas réguliers du déplacement d'une tempête est de regarder les systèmes météorologiques à partir d'un satellite au lieu de les observer à partir d'emplacements au sol. Expliquez aux élèves qu'ils vont regarder une vidéo du déplacement d'une tempête en Amérique du Nord (voir ci-dessous). Dites-leur qu'ils feront des observations à partir de la vidéo :
 - Pendant que les élèves regardent la vidéo pour la première fois, demandez-leur de faire des observations sans prendre de notes. Montrez le passage d'un front froid au-dessus du centre des États-Unis pour faire le lien avec ce que les élèves ont appris dans la séquence d'apprentissage 2.
 - Regardez la vidéo une seconde fois, puis demandez aux élèves de prendre des notes et de dessiner la trajectoire des tempêtes sur leurs feuilles d'activités de l'élève (*Leçon 12 : Étape 1*). Invitez les élèves à se concentrer sur la direction que prennent les tempêtes.

LEÇON 12

ÉTAPE 1



VIDÉO EN ACCÉLÉRÉ DU DÉPLACEMENT D'UNE TEMPÊTE EN AMÉRIQUE DU NORD

Vidéo en accéléré du déplacement d'une tempête en Amérique du Nord, de mars à avril 2017

<https://www.youtube.com/watch?v=jC3H2k8lONU&feature=youtu.be>

Dans cette vidéo, les zones blanches représentent les endroits où la vapeur d'eau (humidité) est plus importante dans l'air, soit là où il y a des précipitations. La date apparaît en haut à gauche. Les élèves voient la courbure de la Terre dans cette vidéo parce que le satellite est très loin, donc le plein est se trouve en haut à droite et le plein ouest en haut à gauche.

Deux fronts froids se déplacent dans cette vidéo :

- La meilleure option est la période du 6 au 8 mars
- Une deuxième option est la période du 29 au 31 mars

Si les élèves souhaitent voir si le même schéma est visible à un autre moment de l'année, dites-leur de regarder la vidéo en accéléré de janvier à février :

<https://www.youtube.com/watch?v=ntC070Sh9t0&feature=youtu.be>



Lien vers le scénario

Poursuivre une discussion sur le déplacement de la tempête est un lien essentiel pour maintenir la cohérence entre la séquence d'apprentissage 2 et la séquence d'apprentissage 3.



Schémas dans les données

Les élèves relèvent des schémas dans le déplacement d'une tempête en Amérique du Nord.

LEÇON
12

ÉTAPE 2

3. **Discuter des observations avec toute la classe.** Dégagez des idées sur le schéma d'ouest en est en Amérique du Nord. Les schémas que les élèves pourraient remarquer sont les suivants :
- L'air chargé de vapeur d'eau circule généralement d'ouest en est en Amérique du Nord.
 - L'air chargé de vapeur d'eau circule en lignes torsadées, bouclées et/ou tournantes.
 - À certains endroits, on note des schémas répétitifs dans la couverture nuageuse (par exemple, la côte ouest reçoit beaucoup de vapeur d'eau de l'océan Pacifique, et à d'autres, comme au Mexique, on note un « schéma par impulsion » de la vapeur d'eau).
4. **Amener les élèves à réfléchir à l'importance de comprendre pourquoi les tempêtes se déplacent selon des schémas prévisibles.** Dans la *Leçon 12 : Étape 2*, demandez aux élèves de noter des idées qui corroborent pourquoi il peut être utile, pour les personnes et leurs communautés, de comprendre les schémas du déplacement d'une tempête.

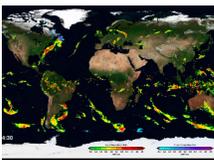
Demandez aux élèves de faire part de certaines de ces idées.

SUGGESTIONS DE QUESTIONS	EXEMPLES DE RÉPONSES DES ÉLÈVES
<p><i>En quoi comprendre les schémas du déplacement d'une tempête peut-il être utile aux personnes et aux communautés?</i></p>	<p>Pour les personnes, il est utile de se préparer à affronter la pluie (p. ex., pour savoir quels vêtements porter).</p> <p>Pour les communautés, il est utile de savoir quand un événement météorologique va se produire (p. ex., pour que les gens s'y préparent et se mettent à l'abri).</p>

5. **Examiner la manière dont l'air circule dans le monde.** Demandez aux élèves s'ils pensent qu'il existe des schémas similaires dans d'autres parties du monde et demandez-leur de les relever dans la prochaine vidéo.
6. **Observer les schémas du déplacement des précipitations dans le monde.** Expliquez aux élèves qu'ils vont regarder une vidéo de la NASA sur des chutes de pluie et de neige (voir ci-dessous). Dites-leur qu'ils feront des observations à partir de cette vidéo. Lancez la vidéo et coupez le son.
- La première fois que les élèves regardent la vidéo, demandez-leur de faire des observations visuelles sans prendre de notes. Discutez de leurs premières observations des schémas du déplacement d'une tempête en Amérique du Nord.
 - Les élèves regardent la vidéo une seconde fois, cette fois en prenant des notes et en dessinant sur la carte dans la *Leçon 12 : Étape 3*. Il faudra peut-être montrer la vidéo plusieurs fois ou mettre la vidéo en pause pour permettre la prise de notes.

LEÇON
12

ÉTAPE 3



VIDÉO DE LA NASA SUR DES CHUTES DE PLUIE ET DE NEIGE

Mesures par satellites des précipitations mondiales d'avril à septembre 2014.

<https://pmm.nasa.gov/education/videos/gpms-first-global-rainfall-and-snowfall-map>

Cette vidéo de deux minutes montre comment les précipitations se sont déplacées à l'échelle mondiale d'avril à septembre 2014, grâce à des données recueillies juste en dessous de la couverture nuageuse. Les couleurs vert-jaune-rouge indiquent les chutes de pluie et les couleurs bleu-violet indiquent les chutes de neige; les élèves peuvent ne pas les remarquer dans la vidéo. La narration hors champ explique comment les données ont été recueillies et certains schémas que les élèves pourraient remarquer; nous suggérons donc de couper le son. La vidéo offre une vue globale et zoome sur les États-Unis (0:25), l'Amérique du Sud (0:50) et l'océan Atlantique (1:25).



Schémas dans les données

Les élèves relèvent les schémas de déplacement d'une tempête dans le monde entier.



Lien vers le scénario

Les schémas de la vidéo de la NASA sur des chutes de pluie et de neige dans le monde sont les phénomènes qui servent de pilier à la séquence d'apprentissage 3. Les élèves reviendront à ces schémas plusieurs fois.

LEÇON
12

ÉTAPE 4

7. **Soumettre des observations et préparer des questions en petits groupes.** Demandez aux élèves de discuter de leurs observations et de poser des questions sur ces observations en petits groupes ou deux par deux.

Les questions à poser pour la discussion se trouvent dans la *Leçon 12 : Étape 4*.

- *Quels schémas remarquez-vous dans la façon dont les précipitations se déplacent dans le monde?*
- *Quelles questions avez-vous sur ces schémas?*

8. **Diriger une discussion avec toute la classe.** Discutez de la question directrice : « *Comment les précipitations se déplacent-elles dans le monde selon des schémas prévisibles?* » Recueillez les idées des élèves en fonction des modèles clés suivants :

MODÈLE CLÉ : Les précipitations près de l'équateur se déplacent d'est en ouest.

MODÈLE CLÉ : Les précipitations aux latitudes moyennes se déplacent d'ouest en est.

9. **Préparer des questions à étudier dans la séquence d'apprentissage 3.** Demandez aux élèves de faire part de leurs questions sur les schémas observés. Ajoutez ces questions au Tableau des questions directrices pour pouvoir y revenir tout au long de la séquence d'apprentissage. Dites aux élèves de se concentrer sur les questions de causalité dans le but d'obtenir des réponses aux questions clés suivantes :

- *Pourquoi les tempêtes se déplacent-elles selon des schémas prévisibles dans le monde?*
- *Pourquoi les tempêtes se déplacent-elles dans une direction différente sous les tropiques par rapport à celle observée aux latitudes moyennes?*
- *Pourquoi les tempêtes se déplacent-elles d'est en ouest près de l'équateur dans l'hémisphère Nord?*
- *Pourquoi les tempêtes se déplacent-elles d'ouest en est aux latitudes moyennes dans l'hémisphère Nord?*

Proposer des explications initiales



1. **Faire la transition avec la leçon précédente.** Dites aux élèves qu'ils essaieront de répondre aux questions suivantes dans la séquence d'apprentissage 3 :

- *Pourquoi les tempêtes se déplacent-elles selon des schémas prévisibles dans le monde?*
- *Pourquoi les tempêtes se déplacent-elles dans une direction différente sous les tropiques par rapport à celle observée aux latitudes moyennes?*

LEÇON
12

ÉTAPE 5

2. **Formuler des idées initiales sur les causes des schémas du déplacement des précipitations, en fonction des connaissances déjà acquises.** Demandez aux élèves de répondre aux questions dans la *Leçon 12 : Étape 5* de leurs feuilles d'activités de l'élève pour expliquer ce qui pourrait causer les schémas du déplacement d'une tempête. Sortez le Suivi des idées modèles et encouragez les élèves à utiliser ce qu'ils ont appris dans les séquences d'apprentissage 1 et 2. Pendant qu'ils travaillent, circulez dans la salle et encouragez les élèves qui sont bloqués sur un problème :

- *Que savez-vous déjà sur les causes des précipitations?*
- *Que savez-vous déjà sur les causes du déplacement de l'air?*
- *Qu'est-ce qui causerait le déplacement des tempêtes?*
- *Comment les mêmes processus pourraient-ils toucher le monde entier?*

Idées modèles qui pourraient aider les élèves :

- L'air chaud monte dans le cadre du processus de convection (Séquence d'apprentissage 1).
- L'air frais descend dans le cadre du processus de convection (Séquence d'apprentissage 1).
- L'air se déplace des zones de haute pression vers les zones de basse pression (Séquence d'apprentissage 2).



Poser des questions

Les élèves préparent des questions basées sur des schémas observés du déplacement des précipitations dans le monde.



Lien vers le scénario

Ces questions posent les bases de ce que les élèves étudieront dans la séquence d'apprentissage 3.



Lien vers le scénario

Ces questions guident les études des élèves dans la Séquence d'apprentissage 3.



Cause-effet

Les élèves commencent à penser à ce qui pourrait causer les schémas de déplacement des précipitations.

3. **Animer une discussion en classe sur les explications initiales des élèves.** Demandez aux élèves de faire part de leurs explications initiales (réponses à la *Leçon 12 : Étape 5 : Question 3*). Envisagez de noter plusieurs idées contradictoires des élèves dans un endroit accessible à tous à regarder ultérieurement (p. ex., papier millimétré, Powerpoint, tableau intelligent). Si les élèves ont des idées contradictoires, mettez en évidence les Idées modèles importantes sur lesquelles ils s'appuient.
4. **Attendre la leçon suivante.** Laissez plusieurs explications en suspens. Dites aux élèves qu'il y a quelques points à étudier. Dans la leçon suivante, ils commenceront à étudier la température :
 - *Comment la température pourrait-elle entraîner le déplacement de l'air à l'échelle mondiale?*

**Proposer des explications**

Les élèves préparent des explications initiales pour les schémas observés.

LEÇON 13

RÉCHAUFFEMENT

Pourquoi fait-il plus chaud à l'équateur qu'à d'autres endroits sur Terre?

S'ENGAGER

EXPLORER

EXPLIQUER

ÉLABORER

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(90 minutes)	
<p>Schémas latitudinaux de température Demander aux élèves de revoir les schémas du déplacement de l'air (Leçon 12) et de réfléchir à la manière dont la chaleur peut être concernée. Les élèves explorent les schémas des températures annuelles moyennes à l'échelle mondiale et remarquent que la chaleur est concentrée à l'équateur. Cela mène à la question : Pourquoi fait-il plus chaud à l'équateur qu'à d'autres endroits dans le monde?</p>	<p>Leçon 13 : Feuille d'activités de l'élève LEÇON 13</p> <p>Carte globale des températures annuelles moyennes scied.ucar.edu/sites/default/files/images/basic-page/annual_mean_temperature_graphic_ls3.jpg</p>
<p>Angles de propagation de l'énergie Les élèves étudient différents angles de lumière pour réfléchir à la manière dont la surface de la Terre est courbée, ce qui amène la radiation solaire entrante à frapper plus directement au niveau de l'équateur et à être plus dispersée vers les pôles.</p>	<p>Globe terrestre gonflable Presse-papiers Lampes de poche Règle Papier millimétré Crayons de couleur</p>
<p>Étude des données sur la température À partir des données sur la température de GLOBE recueillies à cinq endroits situés à différentes latitudes, les élèves se servent de ce qu'ils ont appris sur le réchauffement inégal à différentes latitudes pour expliquer les schémas dans ces cinq endroits.</p>	<p>Jeux de cartes de données sur la température et la latitude de GLOBE (voir pages 128 à 132 de la présente séquence d'apprentissage)</p>
<p>Suivi des idées modèles Les élèves revoient leurs Idées modèle à propos des schémas du réchauffement inégal sur Terre, ainsi que la question de la leçon : « Pourquoi l'air se déplace-t-il de différentes manières autour de la Terre? » Les élèves réfléchissent à la manière dont le réchauffement inégal peut les aider à répondre à cette question.</p>	<p>Tableau blanc, tableau intelligent ou papier millimétré et marqueurs (pour faire le Suivi des idées modèles)</p>

LEÇON
13

RÉCHAUFFEMENT

Pourquoi fait-il plus chaud à l'équateur qu'à d'autres endroits sur Terre?



Recherche de sens des NGSS

Les élèves indiquent les schémas présents dans les températures annuelles moyennes dans le monde entier et déterminent que la région équatoriale est beaucoup plus chaude tout au long de l'année. De plus, aux latitudes moyennes, les températures sont, en moyenne, généralement plus fraîches (même s'il existe une variation saisonnière). Les élèves mènent ensuite une étude à l'aide d'un modèle pour explorer les mécanismes de causalité de ces différences de température par latitude et réaliser qu'elles sont causées par un réchauffement inégal d'une Terre sphérique. Les élèves appliquent ces nouvelles connaissances pour expliquer les schémas de température dans cinq villes du monde. Aussi, à l'aide de ces connaissances, ils expliqueront le processus de convection mondial dans la Leçon 14.

INDICATEUR DE RENDEMENT

- Analyser un modèle pour décrire les variations latitudinales dans la concentration de la lumière du soleil et expliquer les variations de température.
- Analyser les données pour décrire les schémas mondiaux visibles dans les températures annuelles moyennes.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- À l'aide d'un modèle, générer des données afin de tester des idées sur les phénomènes dans les systèmes naturels, notamment ceux dont l'échelle est non observable.
- Analyser et interpréter les affichages graphiques des données pour établir les relations.
- Proposer une explication à l'aide de schémas ou de représentations.
- Avancer une explication scientifique basée sur des preuves valides et fiables obtenues par les expériences propres des élèves.
- Se servir de graphiques, de tableaux et d'images pour déceler les tendances présentes dans les données.
- Les systèmes météorologiques sont influencés par les interactions touchant la lumière du Soleil. Ces interactions varient en fonction de la latitude.

Marche à suivre du professeur

Schémas latitudinaux des températures

1. **Faire la transition avec la leçon précédente.** À la fin de la leçon précédente, les élèves ont discuté de ce qu'ils ont remarqué à propos du déplacement des systèmes météorologiques en Amérique du Nord et dans le monde. Rappelez-leur qu'ils ont réfléchi à la façon dont le réchauffement peut entraîner le déplacement de l'air et que le réchauffement peut aussi causer des différences de pression.

La question à laquelle ils essaient de répondre à présent est :

- *Comment la température pourrait-elle entraîner le déplacement de l'air de différentes manières à l'échelle mondiale?*

2. **Demander aux élèves : « Quelles sont les informations dont nous disposons pour expliquer que la température influence le déplacement de l'air? »** Encouragez les élèves à se servir des modèles et des règles générales des séquences d'apprentissage 1 et 2, ainsi que des connaissances antérieures qui pourraient les aider à expliquer pourquoi l'air se déplacerait. Inscrivez les idées des élèves au tableau. Les élèves diront probablement quelque chose sur l'air chaud ou froid (en fonction de ce qu'ils ont appris dans la séquence d'apprentissage 1). Profitez-en pour faire le lien avec l'étape suivante.

3. **Montrer aux élèves une carte mondiale des températures annuelles moyennes** (Leçon 13 : Étape 1). Demandez aux élèves d'observer la carte et de noter les schémas qu'ils remarquent. Ensuite, demandez-leur d'échanger avec toute la classe les schémas de température qu'ils ont remarqués. La plupart des élèves remarqueront qu'il fait bien plus chaud à l'équateur qu'aux pôles, et qu'il y a un gradient entre ces endroits. Ils peuvent également signaler le schéma parallèle entre les hémisphères Nord et Sud.

- **MODÈLE CLÉ :** Les températures sont plus chaudes à l'équateur et plus froides aux pôles.
- **MODÈLE CLÉ :** La température suit un schéma de bandes plus chaudes au milieu (et autour de l'équateur) et de bandes plus froides vers les pôles.

4. **Demander aux élèves : « Pourquoi fait-il plus chaud à l'équateur qu'à d'autres endroits sur Terre? »** Donnez aux élèves le temps d'y réfléchir et de noter quelques idées initiales en dessous de la carte dans la Leçon 13 : Étape 1 de leurs feuilles d'activités. Demandez aux élèves de faire part de leurs réflexions à la classe. (Remarque : les élèves pourraient dire : « Il fait plus chaud à l'équateur parce qu'il est plus proche du Soleil ». Il s'agit d'une idée fausse répandue chez les élèves et qu'il faudrait dissiper par l'activité Angles de propagation de l'énergie ci-dessous. Si les élèves ont cette idée fausse, assurez-vous de l'aborder directement après l'activité Angles de propagation de l'énergie.) Dites aux élèves que dans la prochaine activité, ils se serviront d'un modèle pour découvrir pourquoi l'équateur est l'endroit où il fait le plus chaud.

Angles de propagation de l'énergie

1. **Configurer l'activité Angles de propagation de l'énergie.** Dites aux élèves : « Nous allons utiliser une lampe de poche, un presse-papiers et du papier millimétré pour étudier ce qui se produit lorsque la lumière solaire frappe la surface de la Terre. » Avant de commencer, demandez aux élèves d'expliquer ce que les éléments suivants de la configuration représentent :

- *Que représente la lampe de poche? [Lumière solaire]*
- *Que représente le presse-papiers? [La surface de la Terre]*



Lien vers le scénario

Revoyez la question soumise à la fin de la leçon 12 pour rappeler aux élèves l'objectif de cette leçon.



Schémas dans les données

Les élèves repèrent des schémas dans les moyennes annuelles des températures mondiales.



Approfondir

Essayez cette activité supplémentaire pour aider les élèves à comprendre la taille relative de la Terre et du Soleil et la distance entre eux : [sunearthday.nasa.gov/2007/materials/solar_pizza.pdf](https://suneearthday.nasa.gov/2007/materials/solar_pizza.pdf)



Conception et utilisation des modèles

À l'aide d'un modèle, les élèves réfléchissent à la manière dont l'énergie solaire entrante influence les températures sur Terre.

LEÇON
13

ÉTAPE 1

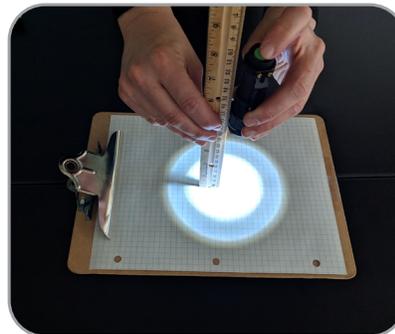
LEÇON
13

ÉTAPE 2

2. Donner environ 10 minutes aux élèves pour terminer l'activité. Utilisez la Leçon 13 : Étape 2 dans la feuille d'activités de l'élève.

REMARQUES :

- Cette activité fonctionne mieux par groupes de trois : un élève pour maintenir le presse-papiers (la surface de la Terre), un élève pour tenir la lampe de poche et la règle (le Soleil), et un élève pour marquer l'endroit où la lumière tombe sur le papier millimétré (preneur de notes).
- Si possible, éliminez les sources lumineuses dans votre salle de classe ou faites l'activité dans une pièce sans fenêtres.
- Les élèves braqueront leur lampe de poche sur le papier, directement au-dessus du presse-papiers, tandis que le presse-papiers sera posé à plat sur la table, puis de nouveau avec le presse-papiers incliné à un certain angle (avec un bord reposant sur la table). Pour l'angle incliné, penchez le presse-papiers à environ 45° ou plus.
- Les deux fois, le preneur de notes tracera le contour de la surface éclairée par la lampe de poche. Pensez à demander aux élèves d'utiliser des couleurs différentes et de superposer les images (p. ex., braquer la lampe à peu près au même endroit les deux fois) pour accentuer les différences.
- La distance entre la lampe de poche et le papier variera selon la luminosité de votre lampe de poche. Les élèves voudront choisir une distance permettant à l'image entière de paraître sur le papier, avec beaucoup d'espace sur les bords. Le résultat est plus évident lorsque la lampe de poche est assez proche du papier, à une distance inférieure à 5 cm.
- Il est important que la distance entre la lampe de poche et le presse-papiers reste la même tout le temps, mais il est tout aussi important que la lampe de poche pointe vers le bas en direction de la table, même lorsque le presse-papiers est penché à un certain angle. Si cela peut aider, faites remarquer aux élèves que le Soleil ne change pas de position, mais plutôt que notre position sur la Terre change; lorsque la surface de la Terre est plate, nous sommes à l'équateur, et lorsque la surface de la Terre est inclinée, nous sommes éloignés de l'équateur. Utilisez un globe terrestre pour désigner des lieux hypothétiques sur la Terre où on pourrait se « trouver ».



DIRECTEMENT



INCLINÉ

****Pour faire cette activité en guise d'exemple, braquez une lampe de poche directement au plafond d'une pièce sombre, puis à angle avec le plafond.****



Analyse et interprétation des données

Les élèves analysent et interprètent les données de leur feuille millimétrée pour réfléchir à l'endroit où le rayonnement solaire est le plus concentré et le plus dispersé sur la Terre.



Approfondir

Pour recueillir plus de données, vous pouvez incliner une petite cellule photovoltaïque connectée à un petit moteur ou à un voltmètre. Demandez aux élèves de mesurer le degré d'inclinaison et de noter la quantité d'énergie.

3. **Mieux comprendre les données.** Demandez aux élèves d'échanger leurs conclusions de l'étude avec toute la classe. Demandez-leur : « Quand la lumière a-t-elle recouvert davantage le papier, lorsqu'il était à plat ou incliné? » Pensez à demander si l'un des groupes a compté le nombre de carrés illuminés et, si oui, quel angle a illuminé le plus de carrés. Les élèves remarqueront qu'il y avait plus de carrés illuminés lorsque le presse-papiers était incliné.

À l'aide des questions suivantes, guidez une discussion afin de mieux comprendre ce que cela signifie :

- Avez-vous remarqué une différence dans la quantité de lumière provenant de la lampe de poche? Cela a-t-il changé ou est-ce resté identique? » [La quantité n'a pas changé.]
- Alors, que s'est-il passé lorsque vous avez incliné le presse-papiers? [La zone s'est agrandie; la zone de lumière s'est dispersée.]
- Si vous étiez debout dans l'un des carrés du presse-papiers, dans lequel pensez-vous que vous ressentiriez le plus de chaleur? Pourquoi? [Aidez les élèves à comprendre qu'il ferait plus chaud dans le cercle où la chaleur est plus concentrée, et plus froid dans le cercle où la chaleur est plus dispersée.]

Maintenant, réfléchir à ce que cela signifie pour la Terre. Braquez la lampe de poche directement sur l'équateur du globe terrestre gonflable, en maintenant la lampe de poche horizontalement. Ensuite, en gardant la lampe de poche à l'horizontale, dirigez la lumière vers les pôles. Si les élèves ont besoin d'aide pour relier leur presse-papiers à la Terre, demandez à un élève de tenir le presse-papiers au niveau de l'équateur (de façon à ce qu'il soit à la verticale) puis à un endroit à une haute latitude (de façon à créer un angle). Demandez aux élèves de faire des rapprochements entre l'endroit où la lumière est plus concentrée (cercle plus petit sur le papier graphique) et l'endroit où la lumière est plus dispersée. (Sinon, projetez la diapositive « Qu'est-ce que cela signifie pour la surface de la Terre? » avec l'image de la Terre au lieu d'utiliser le modèle physique.)

LEÇON
13
ÉTAPE 3

4. **Demander aux élèves d'appliquer ces idées à des diagrammes illustrant ce que cela signifie pour un réchauffement inégal sur Terre.** Dites : « Nous allons nous servir de ce que nous venons de faire avec les lampes de poche et les presses-papiers pour imaginer à quoi cela ressemblerait sur la surface de la Terre. » Demandez aux élèves d'aller à la *Leçon 13 : Étape 3*. Demandez : « Que remarquez-vous sur cette image? » Les élèves devraient remarquer que le « presse-papiers » de la *Leçon 13 : Étape 2* est maintenant placé à certains points sur la Terre (p. ex., le presse-papiers incliné pourrait être la surface de la Terre aux latitudes moyennes et le presse-papiers non incliné pourrait être la surface de la Terre à l'équateur). Les élèves doivent réfléchir à l'endroit où les rayonnements solaires sont plus concentrés et là où ils sont plus dispersés (moins concentrés) lorsqu'ils répondent aux questions.
5. **Qu'est-ce que cette activité nous a aidés à comprendre en rapport avec notre question : Pourquoi fait-il plus chaud à l'équateur qu'à d'autres endroits sur Terre?** Demandez aux élèves de résumer ce qu'ils ont appris de l'activité Angles de propagation de l'énergie.

Écrivez ces idées sur le Suivi des idées modèles.

- La lumière solaire (rayonnement solaire) est plus concentrée à l'équateur car la lumière solaire entrante brille directement sur l'équateur, la concentrant ainsi dans une zone plus petite.
- La lumière solaire (rayonnement solaire) est plus dispersée vers les pôles, car la lumière solaire entrante frappe la surface en oblique, ce qui répand la lumière sur une zone plus grande.
- La quantité de rayonnement solaire concentré qui réchauffe le sol influe sur les températures de l'air juste au-dessus de lui. Le rayonnement solaire plus concentré élève la température de l'air. La dispersion du rayonnement solaire refroidit la température de l'air.

Remarque : C'est là que vous pouvez terminer la leçon pour le premier jour.



Lien vers le scénario
Vérifiez où en sont les élèves dans la leçon 13 si cette leçon est enseignée sur plusieurs périodes.

Étude des données sur la température



- Dire aux élèves qu'ils vont examiner de plus près des données sur la température par latitude.** Si vous répartissez cette leçon sur deux jours de classe, commencez le deuxième jour en demandant aux élèves de décrire les différences générales de température entre les pôles de la Terre et l'équateur, et d'expliquer pourquoi ils pensent qu'il existe des différences de température. Revoyez le Suivi des idées modèles si nécessaire, pour rappeler aux élèves où ils en sont dans l'étude sur le réchauffement inégal entre l'équateur et les pôles.
- Répartir les élèves en groupes et leur montrer les cartes graphiques des données de GLOBE sur la température et la latitude, les cartes de localisation et les cartes de températures maximales/minimales pour guider les élèves vers l'activité.** Distribuez un jeu de cartes à chaque groupe. Demandez aux élèves ce qu'ils remarquent sur les tableaux. Les élèves peuvent remarquer ce qui suit :
 - L'axe x représente le temps et ces données ont été recueillies sur plusieurs années.
 - Les données des différents endroits n'ont pas été recueillies sur la même période.
 - Certains tableaux montrent de fortes variations de température d'une saison à l'autre, et certains endroits présentent peu de variations.

Précisez que des élèves d'écoles du réseau GLOBE dans cinq régions du monde ont pris des mesures de la température quotidienne maximale (la température la plus chaude chaque jour) et que ces données sont indiquées sur les tableaux. Leur tâche consiste à déterminer l'endroit où les données ont été recueillies en se fondant sur leurs connaissances de la variation des températures en fonction de la latitude. (Remarque : les tableaux présentent des changements saisonniers de température, qui ne font PAS partie de cette unité. Si vous avez déjà enseigné les saisons dans votre classe, c'est une bonne occasion d'amener les élèves à faire des comparaisons. Si vous n'avez pas enseigné les saisons dans votre classe, demandez aux élèves de se concentrer sur la plage de températures, particulièrement sur l'endroit où les températures sont plus chaudes et plus froides, et non pas sur les changements saisonniers pendant l'année.)

Emplacements GLOBE :

- Juuan Lukio/Poikolan Koulu, Finlande
 - WANAKA Field Station, Vermont, États-Unis
 - Many Farms High School, Arizona, États-Unis
 - Hamzah Bin Abdulmutalib Secondary School à Jeddah, Arabie saoudite
 - Wp/Minu/D S Senanayake College, Sri Lanka
- Laisser du temps aux élèves pour appairer les tableaux/températures/emplacements pour chacun des cinq endroits.** Demandez aux groupes de partager leurs premières corrélations avec un autre groupe et de discuter de toute différence avant qu'ils ne commencent à les noter sur la feuille d'activités de l'élève.
 - Dans la Leçon 13 : Étape 4, demander aux élèves de fournir leurs explications sur les emplacements en fonction des données sur la température et la latitude.** À l'aide des indices ci-dessous, les élèves peuvent revoir leurs corrélations, puis écrire leurs dernières meilleures estimations.

INDICE 1 : Les différences saisonnières (variations des températures, du froid vers le chaud) sont plus marquées à haute latitude (plus loin de l'équateur). Au niveau ou près de l'équateur, il n'y a généralement pas de différence saisonnière de température.

INDICE 2 : Les températures sont plus chaudes à basse latitude (près de l'équateur) qu'à haute latitude (loin de l'équateur).

CORRÉLATIONS CORRECTES

Emplacement	Graphique	Élevée/Basse
Finlande	B	I
Vermont	E	J
Arizona	A	H
Arabie saoudite	C	F
Sri Lanka	D	G



Analyse et interprétation des données

Les élèves analysent et interprètent les données sur la température et la latitude pour cinq emplacements GLOBE.

LEÇON 13

ÉTAPE 4

Suivi des idées modèles



1. Revoir le Suivi des idées modèles pour résumer les Idées modèles sur le réchauffement inégal. Résumez les Idées modèles de cette leçon.

- La lumière solaire (rayonnement solaire) est plus concentrée à l'équateur car la lumière solaire entrante brille directement sur l'équateur, la concentrant ainsi dans une zone plus petite.
- La lumière solaire (rayonnement solaire) est plus dispersée vers les pôles, car la lumière solaire entrante frappe la surface en oblique, ce qui répand la lumière sur une zone plus grande.
- La quantité de rayonnement solaire concentré influence les températures de l'air; là où le rayonnement solaire est plus concentré, la température de l'air est plus chaude, tandis que là où le rayonnement solaire est plus dispersé, la température de l'air est plus fraîche.

Demandez ensuite aux élèves : « Nous savons donc que la Terre est réchauffée de façon inégale par le Soleil. À certains endroits, le rayonnement solaire est plus direct; à d'autres endroits, le rayonnement solaire est plus dispersé. Cela provoque des différences de température sur la Terre. Mais qu'est-ce que cela a à voir avec la façon dont l'air se déplace? »

Donnez quelques minutes aux élèves pour réfléchir à cette question. Demandez-leur ce qu'ils peuvent retirer du Suivi des idées modèles en particulier en ce qui concerne les différences de pression et les températures de l'air. Certains élèves peuvent évoquer les différentes températures de l'air liées au processus de convection. Encouragez-les à expliquer comment la différence de température peut entraîner un processus de convection. Poursuivez sur cette lancée en disant aux élèves que dans la prochaine leçon, ils réfléchiront aux différences de température et à la façon dont elles entraînent le déplacement de l'air.

Dites aux élèves : « Nous avons vu différents schémas de déplacement d'une tempête sous les tropiques et aux latitudes moyennes. La prochaine fois, nous nous intéresserons uniquement aux tropiques et à la manière dont le réchauffement inégal et le déplacement de l'air sont liés dans cette région. »

- *Comment le réchauffement inégal est-il lié au déplacement de l'air sous les tropiques?*

LEÇON **14**

DÉPLACEMENT DE L'AIR SOUS LES TROPIQUES

Comment et pourquoi l'air se déplace-t-il sous les tropiques?

S'ENGAGER

EXPLORER

EXPLIQUER

ÉLABORER

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(90 minutes)	
<p>Concevoir un modèle de travail Les élèves rassemblent leurs idées à partir des séquences d'apprentissage 1, 2 et 3 afin d'élaborer un schéma initial pour expliquer comment et pourquoi l'air se déplace dans l'atmosphère sous les tropiques.</p>	<p>Leçon 14 : Feuille d'activités de l'élève 14 Facultatif : Vidéo de la NASA sur des chutes de pluie et de neige</p>
<p>Démonstration du processus de convection Les élèves observent un processus de convection dans le cadre d'une démonstration en classe. Les élèves comprennent que les vents convergent vers l'équateur dans un processus de convection global. Les élèves ajoutent ensuite ces idées au Suivi des idées modèles.</p>	<p>Bac transparent Eau froide Colorant alimentaire rouge et bleu Deux pipettes Bouilloire et eau quasi-bouillante Cinq tasses isothermes Facultatif : Appareil pour vidéo en accéléré/ au ralenti</p>
<p>Diagramme de la circulation de l'air à l'échelle mondiale Les élèves examinent un diagramme de la circulation mondiale de l'air et notent les observations, les explications initiales et les questions. Dans le cadre d'une discussion de classe, les élèves évoquent la manière dont le processus de convection se produit à l'échelle mondiale et ajoutent des Idées modèles supplémentaires au Suivi des idées modèles.</p>	<p>Tableau blanc, tableau intelligent ou papier millimétré et marqueurs (pour faire le Suivi des idées modèles)</p>
<p>Modèle de consensus : Déplacement de l'air sous les tropiques Les élèves utilisent le Suivi des idées modèles pour proposer un modèle de consensus expliquant comment et pourquoi l'air se déplace sous les tropiques. Les élèves préparent des schémas en petits groupes, puis partagent leurs schémas avec la classe et parviennent à un consensus.</p>	<p>Tableau blanc, tableau intelligent ou papier millimétré et marqueurs (pour faire le modèle de consensus)</p>

LEÇON
14

DÉPLACEMENT DE L'AIR SOUS LES TROPIQUES

Comment et pourquoi l'air se déplace-t-il sous les tropiques?



Recherche de sens des NGSS

Les élèves préparent un schéma pour expliquer comment et pourquoi la circulation de l'air s'effectue grâce au processus de convection à grande échelle sous les tropiques. Les élèves conçoivent un schéma initial selon ce qu'ils ont appris dans les séquences d'apprentissage 1, 2 et 3. Les élèves recueillent des preuves sur la manière dont l'air se déplace grâce au processus de convection globale à partir de l'examen critique d'un diagramme et d'une démonstration de convection. Les élèves révisent les schémas en petits groupes et conçoivent un modèle de consensus avec toute la classe.

INDICATEUR DE RENDEMENT

- Préparer un schéma pour montrer comment l'air circule dans l'atmosphère, sous les tropiques et aux latitudes moyennes.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- Concevoir un modèle pour décrire des mécanismes non observables.
- Préparer une explication à l'aide de schémas ou de représentations.
- Les systèmes météorologiques et le climat sont influencés par les interactions touchant la lumière du soleil et l'atmosphère. Ces interactions varient en fonction de la latitude, qui peut influencer les schémas de flux atmosphérique.

Marche à suivre du professeur

Concevoir un modèle de travail

- 1. Revoir le phénomène et la question de la séquence d'apprentissage 3 : Pourquoi les tempêtes se déplacent-elles selon des schémas prévisibles dans le monde?** Rappelez aux élèves que la classe étudie le déplacement de l'air à une échelle mondiale, car la circulation de l'air est liée aux schémas de déplacement des tempêtes. (Facultatif : montrez la vidéo de la NASA sur des chutes de pluie et de neige dans le monde de la leçon 12 pour rappeler aux élèves le schéma de déplacement des précipitations sous les tropiques.)
- 2. Faire la transition avec la leçon précédente.** À la fin de la leçon précédente, les élèves ont compris que le rayonnement solaire cause un réchauffement inégal de la Terre, ce qui entraîne des différences au niveau de la température de l'air. Les élèves ont compris que l'air sera plus chaud à l'équateur qu'aux latitudes moyennes. Rappelez-leur la prochaine question à étudier :
 - *Comment le réchauffement inégal est-il lié au déplacement de l'air sous les tropiques?*
- 3. Préparer les élèves à concevoir un modèle de travail.** Dites aux élèves qu'ils prépareront un modèle de travail pour expliquer comment et pourquoi l'air se déplace sous les tropiques. Demandez-leur de revoir le Suivi des idées modèles pour tirer parti des leçons 1 à 13. Dites aux élèves que toutes les idées ne seront pas utiles, mais que certaines pourraient l'être.
 - Encouragez-les à se servir de la leçon précédente sur le rayonnement solaire ainsi que de la séquence d'apprentissage 1 sur la manière dont la température est liée au déplacement de l'air et de la séquence d'apprentissage 2 sur la manière dont la pression est liée au déplacement de l'air.
 - Rappelez aux élèves que l'objectif est de tirer parti de leurs connaissances existantes pour commencer à élaborer une explication. On n'attend pas d'eux qu'ils soient sûrs de leurs modèles à ce stade.
- 4. Inviter les élèves à considérer l'illustration de l'atmosphère de la Terre dans la Leçon 14 : Étape 1 de la feuille d'activités de l'élève.** Montrez la section transversale de l'atmosphère de la Terre (diapositive : Couches de l'atmosphère) pour la faire correspondre à l'illustration sur leurs feuilles d'activités. Bien que l'atmosphère compte quatre couches distinctes, l'illustration sur leurs feuilles d'activités porte sur la surface de la Terre et sur la couche troposphère de l'atmosphère, car c'est là que se forment tous les systèmes météorologiques.
- 5. Les élèves consignent un modèle de travail initial.** Dans la Leçon 14 : Étape 1 sur leurs feuilles d'activités de l'élève, les élèves consignent un modèle qui explique comment le déplacement de l'air sous les tropiques est lié à la latitude. Encouragez-les à faire part de leurs modèles de travail à d'autres une fois qu'ils ont terminé.

À l'aide des instructions suivantes, guidez les élèves alors que vous circulez dans la classe :

- *Où l'air pourrait-il s'élever de la surface de la Terre vers l'atmosphère et pourquoi?*
- *Où l'air pourrait-il descendre de l'atmosphère vers la surface de la Terre et pourquoi?*



Lien vers le scénario

Les élèves se rappellent qu'ils étudient le déplacement de l'air parce que les précipitations proviennent de l'humidité dans l'air, et qu'ils essaient d'expliquer les schémas de déplacement mondial des tempêtes.



Conception et utilisation des modèles

Les élèves tirent parti des Idées modèles des séquences d'apprentissage 1, 2 et 3 pour concevoir un modèle de travail visant à expliquer comment l'air se déplace sous les tropiques.

LEÇON
14

ÉTAPE 1

Démonstration d'un processus de convection



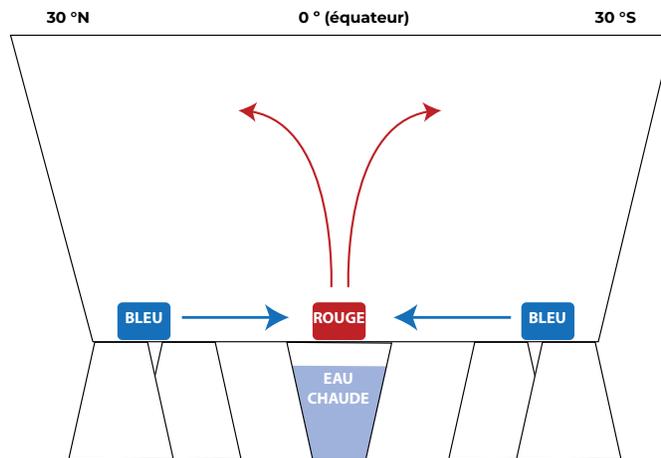
1. **Présenter l'objectif de la démonstration d'un processus de convection.** Dites aux élèves que l'objectif de cette démonstration est de les aider à réfléchir à la manière et à la raison pour laquelle l'air circule à la surface de la Terre en un processus de convection mondial près de l'équateur. Les élèves peuvent également faire des observations sur le reste du cycle de convection.



Lien vers le scénario

Dans cette activité, les élèves réfléchissent à la manière dont l'air se déplacerait à la surface de la Terre en un processus de convection global, ce qui causerait des schémas de déplacements des tempêtes.

DÉMONSTRATION D'UN PROCESSUS DE CONVECTION



MATÉRIEL :

- Bac transparent (de la taille d'une boîte à chaussures)
- Eau froide (suffisamment pour remplir le bac transparent aux $\frac{3}{4}$)
- Colorant alimentaire rouge et bleu
- Deux pipettes
- Eau chaude
- Appareil pour chauffer l'eau (p. ex. une bouilloire)
- Cinq tasses de la même hauteur (quatre pour tenir le bac et une pour l'eau chaude)

PRÉPARATION :

- Remplissez le bac transparent avec de l'eau froide et placez le bac sur quatre tasses. Attendez que l'eau devienne immobile. Placez le bac devant un fond de couleur claire.

À FAIRE AVEC LES ÉLÈVES EN CLASSE :

1. Chauffez de l'eau à l'aide d'une bouilloire et remplissez une tasse isotherme.
2. Utilisez une pipette pour placer soigneusement une grande goutte de colorant alimentaire rouge au fond du centre du bac.
3. Utilisez une pipette pour placer soigneusement deux grandes gouttes de colorant alimentaire bleu au fond de chaque côté du bac.
4. Glissez la tasse avec l'eau chaude sous la goutte de colorant alimentaire rouge au centre du bac.

Cette vidéo démontre le processus de convection :
<https://scied.ucar.edu/convection-demonstration>

LEÇON
14

ÉTAPE 2

- 2. Discuter de ce que chaque partie du bac représente.** Invitez les élèves à considérer le dispositif de démonstration et discutez de ce que chaque partie représente. Les élèves peuvent remplir la colonne du milieu (« Partie du monde réel ») dans la *Leçon 14 : Étape 2* tandis que vous discutez.
 - L'eau dans le bac représente l'air. Ce modèle utilise de l'eau pour simuler l'air car l'air et l'eau sont tous les deux des fluides, donc ils se comportent de manière similaire, mais l'eau peut être observée.
 - Le colorant alimentaire rouge représente l'air au niveau de l'équateur.
 - Le colorant alimentaire bleu représente l'air aux latitudes 30° N et 30° S.
 - La tasse remplie d'eau chaude représente le rayonnement solaire.
 - Le fond du bac représente la surface de la Terre.

Demandez aux élèves de travailler avec un partenaire pour remplir la troisième colonne (« Pourquoi sont-ils semblables? ») de la carte d'analogie dans la *Leçon 14 : Étape 2*. Les élèves doivent expliquer pourquoi l'analogie fonctionne (p. ex. pourquoi le colorant rouge est-il un bon choix pour représenter l'air à l'équateur?).

- 3. Se préparer à faire des observations.** Les élèves peuvent souhaiter faire une vidéo ou prendre des photos. Ils peuvent illustrer les changements ou écrire des commentaires sur ces derniers. Expliquez qu'il est avantageux d'avoir recours à plusieurs façons de présenter les événements car on peut combiner les différents types de données pour mieux les comprendre. Demandez aux élèves de planifier la manière dont ils présenteront ce qui se passe dans le bac.
- 4. Configurer la démonstration.** Expliquez comment la démonstration sera exécutée. L'idée clé ici est que les élèves regardent ce qui se passe au fond du bac, car cela représente le déplacement de l'air ou les vents à la surface de la Terre. Demandez aux élèves de prédire ce qui se passera lorsque la tasse d'eau chaude sera ajoutée. Mettez le colorant alimentaire rouge et bleu au fond du bac. Chauffez l'eau, mettez-la dans la tasse et glissez la tasse avec l'eau chaude sous le bac à l'endroit où se trouve le colorant alimentaire rouge. Il faudra environ une minute pour que le colorant rouge commence à monter et pour que le processus de convection débute. Les points bleus devraient également commencer à se déplacer lentement vers le centre du bac (vers le point rouge).

LEÇON
14

ÉTAPE 3

- 5. Faire des observations.** Demandez aux élèves de dessiner ce qu'ils remarquent dans le bac dans la *Leçon 14 : Étape 3* de leurs feuilles d'activités. Les élèves devraient observer que le colorant alimentaire rouge monte et que le colorant alimentaire bleu est attiré depuis les côtés du bac vers le centre du bac. Demandez aux élèves de noter leurs observations sur ce qu'ils voient, pourquoi ils pensent que cela se produit et leurs questions dans les cases en dessous de leurs dessins.

LEÇON
14

ÉTAPE 4

- 6. Faire des liens entre la démonstration de convection et la façon et la raison pour laquelle l'air se déplace sous les tropiques.** Invitez les élèves à considérer le modèle, en soulignant que nous ne nous concentrons que sur les cellules de convection proches de l'équateur. Demandez aux élèves de concevoir un modèle dans la *Leçon 14 : Étape 4*, à l'aide de leurs observations du bac pour décrire comment l'air se déplace sous les tropiques (entre les latitudes 30° N et 30° S). Les élèves doivent pouvoir expliquer pourquoi l'air monte et descend.
- 7. Partager les observations et mener une discussion sur la démonstration.** Demandez aux élèves d'expliquer ce qu'ils ont observé et pourquoi cela s'est produit. Utilisez les questions suivantes pour orienter cette discussion :

SUGGESTIONS DE QUESTIONS	EXEMPLES DE RÉPONSES DES ÉLÈVES
<i>Qu'est-il arrivé à l'air à la surface de la Terre quand il a été réchauffé directement?</i>	L'air près de l'équateur a été réchauffé par la lumière solaire et a monté.
<i>Qu'est-il arrivé à la pression là où l'air chaud a monté?</i>	L'air chaud ascendant a créé une zone de basse pression.
<i>Pourquoi l'air se déplacerait-il d'une zone froide vers une zone chaude?</i>	Lorsque l'air chaud monte à l'équateur, il crée une zone de basse pression. L'air frais s'est déplacé vers la zone de basse pression sur la Terre. Cela correspond au vent que nous sentirions.

Les élèves peuvent avoir besoin d'aide pour comprendre pourquoi l'air froid se déplace à la surface de la Terre vers l'équateur. C'est le bon moment pour leur rappeler ce qu'ils savent sur la pression et la manière dont l'air passe d'une zone de haute pression à une zone de basse pression. Les élèves peuvent également ne pas se rendre compte que ce déplacement horizontal représente les vents. Demandez-leur de penser à ce qu'ils ressentiraient s'ils se tenaient au fond du bac. Rappelez-leur que le fond du bac représente la surface de la Terre.

- 8. Revoir le Suivi des idées modèles pour résumer les Idées modèles sur le déplacement de l'air.** Résumez les nouvelles Idées modèles de cette leçon et notez-les sur le Suivi des idées modèles.

Idées modèles :

- Lorsque l'air chaud monte au niveau de l'équateur, il crée une zone de basse pression.
- L'air plus frais ayant une pression plus élevée se déplace à la surface de la Terre vers la zone de basse pression pour remplacer l'air chaud qui monte.
- Le déplacement horizontal de l'air à la surface de la Terre est le vent.

Diagramme de la circulation de l'air à l'échelle mondiale



Remarque : Ne pas distribuer la *Leçon 14 : Étape 5* avant que les élèves atteignent ce point, étant donné que les étapes précédentes signifient que les élèves ont appris le schéma des cellules de convection qui est fourni ici.

LEÇON 14
ÉTAPE 5

- 1. Présenter le diagramme de la circulation de l'air dans la Leçon 14 : Étape 5.** Invitez les élèves à considérer ce schéma et soulignez qu'il montre comment l'air circule dans le monde entier, pas seulement sous les tropiques.
- 2. Demander aux élèves de créer un schéma de pression atmosphérique et d'humidité.** Tout en annotant l'illustration dans la *Leçon 14 : Étape 5*, les élèves doivent créer un modèle qui indique les zones de basse et de haute pression atmosphérique et les endroits susceptibles d'être nuageux car l'air monte. Utilisez les flèches indiquant le déplacement de l'air comme indices.
- 3. Mener une discussion avec la classe sur le diagramme.** Invitez les élèves à se concentrer sur le processus de convection près de l'équateur et encouragez-les à tirer parti de leur compréhension de la convection à partir de la séquence d'apprentissage 1 et de la haute et basse pression de la séquence d'apprentissage 2 pour expliquer le déplacement de l'air dans le processus de convection tropicale. L'une des choses importantes que les élèves doivent remarquer concernant les latitudes moyennes à ce stade est que la convection se déplace dans la direction opposée. Cela sera revu dans la Leçon 15. Servez-vous des instructions ci-dessous pour orienter votre discussion.



Concepts fondamentaux disciplinaires
Les élèves approfondissent leur compréhension conceptuelle sur la manière dont la température et la pression entraînent un déplacement de l'air en un processus de convection. Les élèves comprennent que le processus de convection se produit également à l'échelle mondiale.

SUGGESTIONS DE QUESTIONS	EXEMPLES DE RÉPONSES DES ÉLÈVES
<i>Où l'air pourrait-il s'élever de la surface de la Terre vers l'atmosphère et pourquoi?</i>	L'air chaud monte à l'équateur, car la lumière du Soleil (le rayonnement solaire) est plus concentrée à cet endroit. L'air chaud monte également aux latitudes moyennes.
<i>Dans le monde, où l'air descend-t-il de l'atmosphère vers la surface de la Terre et pourquoi?</i>	L'air frais descend aux latitudes 30° N et 30° S. L'air froid descend également aux pôles.
<i>Comment l'air circule-t-il à la surface de la Terre et pourquoi?</i>	Nous ne sommes pas certains, mais les flèches pointent vers l'équateur, il semble donc que l'air se déplace vers l'équateur.
<i>Où pensez-vous qu'il existe des zones de haute et de basse pression et pourquoi?</i>	Nous pensons qu'il y a une zone de basse pression à l'équateur, où l'air chaud monte, comme pour la tempête isolée. Il y a probablement une zone de haute pression autour des latitudes 30° N et 30° S où l'air frais descend.

4. Documenter les Idées modèles sur le Suivi des idées modèles à la fin de la discussion.

Les élèves comprennent les éléments suivants :

- L'air chaud monte à l'équateur en raison de la concentration de la lumière du Soleil (rayonnement solaire), qui chauffe l'air, ce qui le fait monter. Une zone d'air ascendant est une zone de basse pression.
- L'air froid descend aux latitudes 30° N et 30° S, qui sont une zone de haute pression.
- Le processus de convection se produit à l'échelle mondiale.

5. Demander aux élèves ce qu'ils ressentiraient à la surface de la Terre. Incitez les élèves à se demander à quoi ressemblerait le déplacement de l'air si nous étions debout à la surface de la Terre près de l'équateur. Dites aux élèves que le déplacement de l'air à la surface de la Terre est le vent que nous ressentons. Si les élèves n'en sont pas encore sûrs, ce n'est pas un souci.

- *Si vous vous teniez debout juste au nord de l'équateur, d'où sentiriez-vous les vents venir?*
- *Si vous vous teniez debout juste au sud de l'équateur, d'où sentiriez-vous les vents venir?*

Modèle de consensus : Déplacement de l'air sous les tropiques



1. Revoir le phénomène et la question de la séquence d'apprentissage 3 : Pourquoi les tempêtes se déplacent-elles selon des schémas prévisibles dans le monde? Rappelez aux élèves que la classe étudie les schémas de déplacement de l'air car les précipitations sont dues à l'humidité dans l'air. Rappelez-leur que nous nous attardons au déplacement de l'air sous les tropiques pour l'instant. Examinez la question à laquelle le modèle de consensus nous aidera à répondre :

- *Comment et pourquoi l'air se déplace-t-il sous les tropiques?*



Évaluation

Utilisez cette discussion pour évaluer de façon formative l'apprentissage des élèves sur la convection mondiale.



Conception et utilisation des modèles

Utilisez le Suivi des idées modèles pour présenter les nouvelles règles que les élèves ont comprises sur la circulation de l'air sous les tropiques. N'oubliez pas que ce sont des règles générales empiriques qui seront utiles pour expliquer les schémas de déplacement d'une tempête dans le monde.



Lien vers le scénario

Les élèves se rappellent qu'ils étudient le déplacement de l'air parce que les précipitations sont dues à l'humidité dans l'air, et qu'ils essaient d'expliquer les schémas de déplacement mondial des tempêtes.

- 2. Faire le point sur les idées du Suivi des idées modèles qui aideront à répondre à cette question.** Demandez aux élèves de trouver les idées du Suivi des idées modèles qui, selon eux, seront utiles pour répondre à cette question. Toutes les idées tirées de la séquence d'apprentissage 3 seront utiles, ainsi que certaines idées tirées des séquences d'apprentissage 1 et 2 sur la montée de l'air chaud, la descente de l'air froid et l'air qui se déplace pour passer d'une zone de haute pression à une zone de basse pression.
- 3. Préparer un modèle de consensus.** Demandez aux élèves répartis en petits groupes de réfléchir aux Idées modèles qu'ils ont créées pour la *Leçon 14 : Étapes 4 et 5* et aux idées du Suivi des idées modèles. Demandez à chaque groupe de présenter les idées qu'il propose, notamment dans le Modèle de consensus. Pendant la présentation en petits groupes, demandez aux élèves s'ils sont d'accord ou non avec les Idées modèles de chaque groupe. Parvenez à un consensus sur ce qui doit figurer dans le modèle et présentez un Modèle de consensus qui reflète les idées convenues dans un espace accessible à toute la classe.

IDÉES MODÈLES CLÉS QUI DEVRAIENT APPARAÎTRE DANS LE MODÈLE DE CONSENSUS

- Lorsque l'air chaud monte à l'équateur, il crée une zone de basse pression.
- La lumière solaire (rayonnement solaire) est plus concentrée à l'équateur car la lumière solaire entrante brille directement sur l'équateur, la concentrant ainsi dans une zone plus petite.
- La lumière solaire (rayonnement solaire) est plus dispersée vers les pôles, car la lumière solaire entrante frappe la surface en oblique, ce qui répand la lumière sur une surface plus grande.
- La quantité de rayonnement solaire concentré influence les températures de l'air; là où le rayonnement solaire est plus concentré, la température de l'air est plus chaude, tandis que là où le rayonnement solaire est plus dispersé, la température de l'air est plus fraîche.
- Il y a plus de zones où l'air chaud monte près de l'équateur et plus de zones où l'air froid descend aux latitudes 30° N et 30° S.
- L'air plus froid se déplace à la surface de la Terre vers la zone de basse pression pour remplacer l'air chaud ascendant.
- Le déplacement horizontal de l'air à la surface de la Terre est le vent, qui entraîne le déplacement des tempêtes.



Conception et utilisation des modèles

Les élèves se servent des idées avancées dans le Suivi des idées modèles pour préparer un Modèle de consensus en classe expliquant comment et pourquoi l'air se déplace sous les tropiques. Alors que les élèves travaillent en groupe, ils n'ont pas besoin d'être d'accord sur toutes les parties du modèle. Ils ajoutent des questions au Modèle de consensus. Faites en sorte que le Suivi des idées modèles et les preuves de la précédente activité soient à portée de main pendant la discussion de consensus pour aider à résoudre les désaccords.



Évaluation

Les modèles que les élèves ont faits en petits groupes peuvent servir d'outils pour l'évaluation formative.

LEÇON **15**

UNE BALLE COURBE

Lorsque l'air et les tempêtes se déplacent, pourquoi suivent-ils une trajectoire courbe?

S'ENGAGER

EXPLORER

EXPLIQUER

ÉLABORER

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(55 minutes)	
<p>Utiliser le modèle de consensus Les élèves utilisent le modèle de consensus pour prévoir la manière dont l'air circule à la surface de la Terre sous les tropiques. Les élèves examinent les schémas du déplacement d'une tempête observée sous les tropiques et réalisent que le modèle n'explique pas pourquoi les précipitations, à l'équateur, se déplacent d'est en ouest.</p>	<p>Leçon 15 : Feuille d'activités de l'élève </p>
<p>Lecture sur la force de Coriolis Les élèves rassemblent des preuves à partir d'un article qui explique la force de Coriolis et la manière dont la rotation de la Terre fait dévier l'air. Les élèves discutent de la force de Coriolis avec toute la classe et ajoutent de nouvelles idées au Suivi des idées modèles.</p>	<p>Ballons ronds, marqueurs</p>
<p>Expliquer le déplacement des tempêtes Les élèves recourent à leurs modèles de circulation mondiale de l'air et à de nouvelles idées sur la force de Coriolis pour expliquer où les précipitations se déplaceraient dans les Philippines et là où ils vivent.</p>	

LEÇON
15

UNE BALLE COURBE

Lorsque l'air et les tempêtes se déplacent, pourquoi suivent-ils une trajectoire courbe?



Recherche de sens des NGSS

Les élèves utilisent le Modèle de consensus pour expliquer les schémas de déplacement des précipitations près de l'équateur et réalisent que leur modèle ne tient pas pleinement compte du phénomène. Les élèves font une lecture critique d'un texte scientifique pour recueillir des informations sur la manière dont la rotation de la Terre force les vents à dévier, à cause de la force de Coriolis. Les élèves recourent à leur Modèle de consensus et à leurs nouvelles idées sur la force de Coriolis pour expliquer les schémas de déplacement d'une tempête à deux nouveaux endroits.

INDICATEUR DE RENDEMENT

- Se servir de connaissances sur les schémas du vent de surface pour faire une prévision sur le déplacement d'une tempête.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- Utiliser un modèle pour prévoir les phénomènes.
- Évaluer les limites d'un modèle pour un outil proposé.
- Faire une lecture critique de textes scientifiques adaptés à une utilisation en classe pour obtenir des informations scientifiques afin de décrire les preuves sur le monde naturel.
- Les systèmes météorologiques et le climat sont influencés par les interactions touchant la lumière du soleil et l'atmosphère. Ces interactions varient en fonction de la latitude, qui peut influencer les schémas de flux atmosphérique.
- Les phénomènes peuvent avoir plusieurs causes.

DIMENSIONS DES NGSS (3^e ANNÉE-5^e ANNÉE) (RENFORCEMENT)

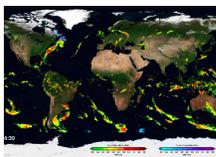
- Les schémas de changement peuvent servir à faire des prévisions.

Marche à suivre du professeur

Utiliser le modèle de consensus

- 1. Faire la transition avec la leçon précédente.** Rappelez aux élèves qu'ils viennent juste de concevoir un Modèle de consensus pour expliquer le déplacement de l'air sous les tropiques. Rappelez-leur la question de la séquence d'apprentissage 3 et la manière dont elle est liée au déplacement de l'air.
 - Pourquoi les tempêtes se déplacent-elles selon des schémas prévisibles dans le monde?
- 2. Utiliser le modèle pour prévoir la façon dont les tempêtes se déplacent sous les tropiques.** Demandez aux élèves d'utiliser leur Modèle de consensus du déplacement de l'air sous les tropiques pour prévoir la manière dont l'air ou le vent circulent à la surface de la Terre sous les tropiques. Invitez les élèves à considérer l'endroit où les tempêtes se produiraient dans leur modèle (la couche inférieure de l'atmosphère). Les élèves devraient en déduire que, en raison du processus de convection, les tempêtes se déplaceraient vers l'équateur sous les tropiques.
 - En fonction de ce que vous savez sur le déplacement de l'air sous les tropiques, prévoyez le déplacement d'une tempête sous les tropiques.
- 3. Comparer les prévisions aux schémas observés de déplacement des tempêtes.** Revoyez la vidéo de la NASA sur des chutes de pluie et de neige dans le monde de la Leçon 12 : Étape 3 et invitez les élèves à se concentrer sur le déplacement d'une tempête sous les tropiques. Après avoir regardé la vidéo, les élèves notent la réponse à la question ci-dessous dans la Leçon 15 : Étape 1 de leurs feuilles d'activités de l'élève. Les élèves devraient remarquer des schémas très évidents de tempêtes se déplaçant d'est en ouest, que notre modèle n'explique pas.
 - Quel type de déplacement voyez-vous qui n'est pas expliqué par le modèle sur le déplacement de l'air sous les tropiques, que vous avez formulé à la fin de la leçon 14?

LEÇON
15
ÉTAPE 1



VIDÉO DE LA NASA SUR DES CHUTES DE PLUIE ET DE NEIGE

<https://pmm.nasa.gov/education/videos/gpms-first-global-rainfall-and-snowfall-map>

Cette vidéo de deux minutes montre comment les précipitations se sont déplacées à l'échelle mondiale d'avril à septembre 2014, grâce à des données recueillies juste en dessous de la couverture nuageuse. Les couleurs vert-jaune-rouge indiquent les chutes de pluie et les couleurs bleu-violet indiquent les chutes de neige; les élèves peuvent ne pas les remarquer dans la vidéo. La narration hors champ explique comment les données ont été recueillies et certains schémas que les élèves pourraient remarquer; nous suggérons donc de couper le son. La vidéo offre une vue globale et zoome sur les États-Unis (0:25), l'Amérique du Sud (0:50) et l'océan Atlantique (1:25).

- 4. Discuter des limites du modèle.** Rappelez aux élèves que tous les modèles doivent être révisés et testés puis révisés de nouveau. Ce modèle ne nous aide pas encore à expliquer pleinement les schémas observés dans le déplacement des précipitations à l'équateur, et il ne traite pas non plus des questions sur le déplacement des précipitations générées dans la Leçon 12 et qui se trouvent sur le Tableau des questions directrices :
 - Pourquoi les précipitations se déplacent-elles d'est en ouest près de l'équateur?
 - Pourquoi les précipitations se déplacent-elles d'ouest en est aux latitudes moyennes?
 - Pourquoi les précipitations se déplacent-elles dans des directions différentes sous les tropiques et aux latitudes moyennes?



Lien vers le scénario

Les élèves examinent le phénomène et se rappellent qu'ils étudient le déplacement de l'air parce que les précipitations sont dues à l'humidité dans l'air et qu'ils essaient d'expliquer les schémas dans le déplacement mondial des tempêtes.



Conception et utilisation des modèles

Les élèves réalisent les limites de leur modèle et que celui-ci ne les aide pas encore à expliquer pleinement le phénomène observé.

Lecture sur la force de Coriolis



LEÇON 15
ÉTAPE 2

- Faire la transition avec l'activité précédente.** Dites aux élèves que le modèle qu'ils ont développé explique l'aspect du déplacement nord-sud d'une tempête sous les tropiques, mais pas le déplacement est-ouest.
- Lire le premier paragraphe de la Leçon 15 : Étape 2** à propos de la force de Coriolis. Lisez-le à voix haute avec vos élèves pour présenter la nouvelle idée selon laquelle la rotation de la Terre fait dévier les vents.
- Observer la force de Coriolis à l'aide d'une activité rapide :** Remettez aux élèves, en groupes de deux, un ballon rond et un marqueur. Demandez-leur de gonfler le ballon et de tracer un équateur autour du point le plus large au centre du ballon. Demandez-leur de dessiner également sur le ballon les lignes correspondant aux latitudes 30° N et 30° S à leur endroit « approximatif ». Expliquez qu'il s'agit d'un modèle simplifié de la Terre. Demandez à un élève de tenir le ballon à hauteur de la poitrine (ils doivent pouvoir voir le haut du ballon) tandis que l'autre trace une flèche à partir de la latitude 30° N, en direction de l'équateur. Demandez ensuite à l'élève qui tient le ballon de le faire tourner lentement dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (pour modéliser la rotation de la Terre sur son axe), alors que son camarade dessine une autre flèche, en commençant à nouveau par le même point sur le ballon. Les élèves devraient remarquer que lorsque leur modèle de la Terre tourne, la flèche est déviée, ce qui n'est pas le cas quand leur modèle ne tourne pas.
- Terminer la lecture sur la force de Coriolis dans la Leçon 15 : Étape 2.** Dites aux élèves que le but de lire un article constitue une méthode qui les aidera à rassembler des preuves pour expliquer le déplacement d'une tempête d'est en ouest, qu'ils ont observé dans la vidéo, ainsi que des preuves supplémentaires pour expliquer le déplacement d'une tempête d'ouest en est aux latitudes moyennes. Les élèves peuvent lire individuellement ou collectivement. Invitez les élèves à *S'arrêter et réfléchir* lorsqu'ils rencontrent des questions dans le texte. Ces questions sont destinées à les aider à établir des liens entre les informations qu'ils ont lues et leurs observations précédentes.
- Discuter de la force de Coriolis.** Menez une discussion de classe sur la force de Coriolis. Les grandes idées que les élèves doivent retenir sont que les vents se déplacent vers le nord et le sud, à cause du processus de convection, et qu'ils se déplacent également vers l'est et l'ouest, à cause de la rotation de la Terre.

Jusqu'à présent, l'unité a porté sur l'explication du déplacement nord-sud de l'air dans le processus de convection tropicale. Les élèves peuvent avoir des difficultés à voir comment l'air se déplace à la surface de la Terre vers les pôles en un processus de convection aux latitudes moyennes. Vous pouvez les aider à voir que la convection aux latitudes moyennes se déplace dans la direction opposée.

SUGGESTIONS DE QUESTIONS	EXEMPLES DE RÉPONSES DES ÉLÈVES
<i>Pourquoi l'air sous les tropiques est-il dévié d'est en ouest?</i>	La Terre tourne de sorte que l'air se déplaçant vers l'équateur suit une trajectoire courbe et se déplace vers l'ouest.
<i>Comment l'air circule-t-il à la surface de la Terre en un processus de convection aux latitudes moyennes?</i>	L'air se déplace vers les pôles. C'est l'inverse sous les tropiques.
<i>Pourquoi l'air aux latitudes moyenne se déplace-t-il d'ouest en est?</i>	La Terre tourne de sorte que l'air se déplaçant vers les pôles est dévié et se déplace vers l'est.



Lien vers le scénario
Les élèves sont encouragés à rassembler plus de preuves pour expliquer le phénomène.



Connexion alphabétisation
Les élèves lisent des textes narratifs et sont invités à établir des liens et à synthétiser des idées.



Approfondir
Demandez aux élèves de gonfler un ballon et d'utiliser un marqueur pour tracer un équateur. Le pôle Sud se trouvera à l'endroit du nœud et le pôle Nord en haut du ballon. Demandez à un élève de faire tourner le ballon de gauche à droite, pour simuler la rotation de la Terre, tandis que l'autre élève essaie lentement de dessiner une ligne droite du pôle Nord vers l'équateur. Ensuite, l'élève qui a le marqueur dessinera une ligne droite du pôle Sud vers l'équateur. Les élèves voient comment le déplacement « est dévié » dans les directions opposées dans des hémisphères Nord et Sud.

6. **Ajouter de nouvelles idées au Suivi des idées modèles.** Résumez les nouvelles Idées modèles développées à partir de cette discussion et ajoutez-les au Suivi des idées modèles.

Idées modèles

- Sous les tropiques, l'air se déplace à la surface de la Terre vers l'équateur en raison de la convection.
- Sous les tropiques, l'air circule à la surface de la Terre d'est en ouest en raison de la rotation de la Terre.
- Aux latitudes moyennes, l'air se déplace à la surface de la Terre vers les pôles en raison de la convection.
- Aux latitudes moyennes, l'air circule à la surface de la Terre d'ouest en est en raison de la rotation de la Terre.

Expliquer le déplacement des tempêtes

1. **Faire la transition avec l'activité précédente.** Dites aux élèves qu'avec leurs nouvelles idées sur la force de Coriolis, ils sont maintenant prêts à mieux expliquer les schémas de déplacement des tempêtes qu'ils ont observés sous les tropiques et aux latitudes moyennes.

LEÇON 15

ÉTAPE 3

3. **Mener une discussion en classe.** Demandez aux élèves de partager leurs explications sur l'endroit d'où proviennent les systèmes météorologiques, où ils vivent et pourquoi cette compréhension est importante pour leur vie quotidienne. Demandez-leur de revenir à leurs réponses de la leçon 12.
- *D'où est-il probable que les tempêtes proviennent là où nous vivons?*
 - *Pourquoi est-il important de pouvoir anticiper la provenance des tempêtes, pour les communautés?*
 - *Comment le fait de mieux comprendre les systèmes météorologiques peut-il nous aider à nous préparer aux répercussions des tempêtes?*

REGARDER DE NOUVEAU

LEÇON 11

ÉTAPE 2

4. **Revenir à la leçon pilier.** Demandez aux élèves de regarder leur modèle de systèmes météorologiques de la leçon 11. Sur une carte du monde, un globe terrestre ou Google Earth, indiquez l'emplacement du Colorado. Demandez aux élèves de dire dans quelle direction les tempêtes sont susceptibles de circuler en fonction de la latitude. (Les élèves devraient reconnaître qu'il s'agit des latitudes moyennes, ainsi les tempêtes auront tendance à se déplacer d'ouest en est.) Demandez aux élèves d'ajouter une flèche à leurs modèles de carte météo pour indiquer la direction vers laquelle la tempête tente de se déplacer. Demandez-leur ce qui a empêché la tempête de se déplacer (zones de haute pression vers l'est, le nord et le sud).

Évaluation de fin de séquence

Évaluez les connaissances des élèves grâce à l'évaluation de la séquence d'apprentissage 3. Vous trouverez la banque d'éléments d'évaluation et la grille de notation dans la section Évaluations de *GLOBE Weather*.



Lien vers le scénario

Les élèves sont encouragés à rassembler plus de preuves pour expliquer le phénomène.

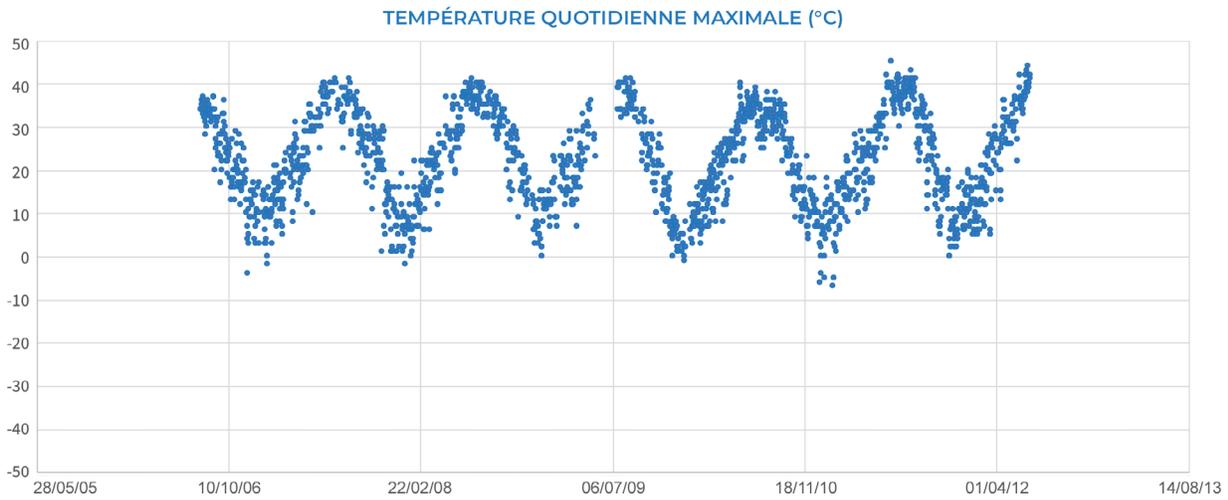


Évaluation

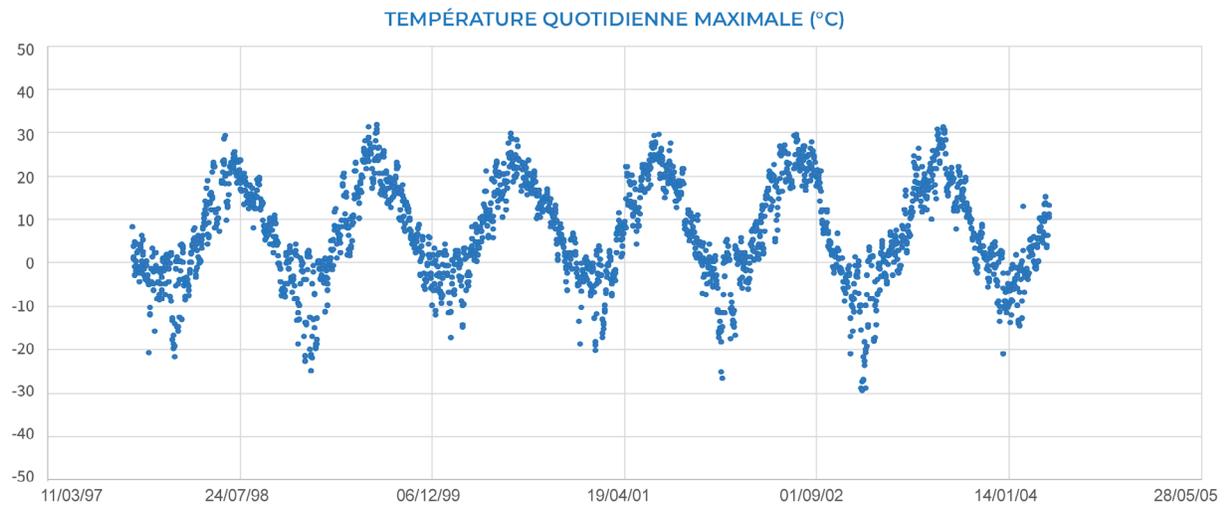
Cette explication finale rédigée individuellement peut devenir l'une des évaluations sommatives pour cette séquence d'apprentissage.

REMARQUE : Séparez les graphiques et les cartes sur les quatre pages suivantes pour chaque groupe d'élèves. (Se servir des cartes de température les plus élevées/les plus basses si les élèves ont besoin d'aide pour interpréter les tableaux.)

A



B



Température maximale la plus basse **24 °C**

Température maximale la plus élevée **49 °C**

Température maximale la plus basse **27 °C**

Température maximale la plus élevée **41 °C**

Température maximale la plus basse **-7 °C**

Température maximale la plus élevée **44 °C**

Température maximale la plus basse **-30 °C**

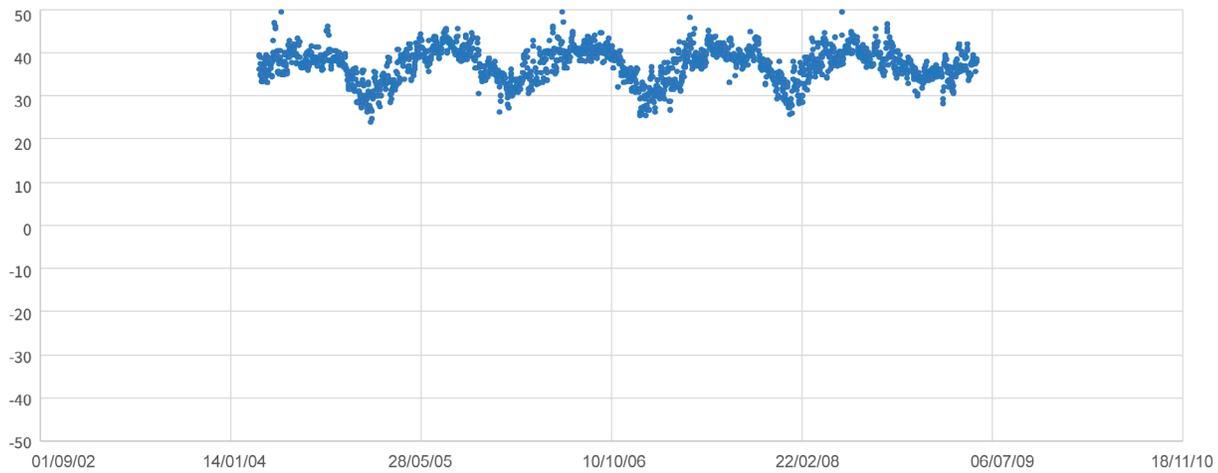
Température maximale la plus élevée **30 °C**

Température maximale la plus basse **-22 °C**

Température maximale la plus élevée **35 °C**

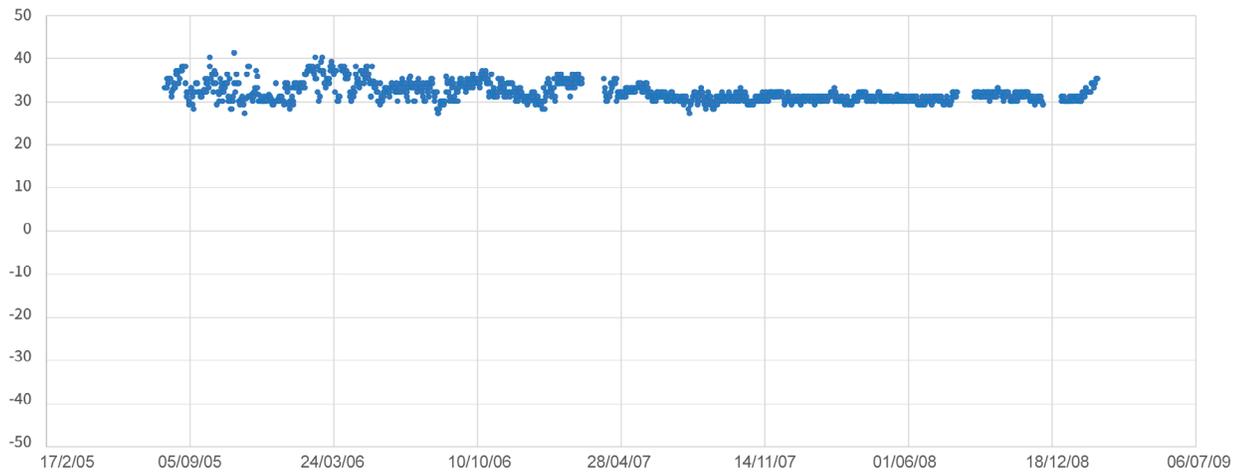
C

TEMPÉRATURE QUOTIDIENNE MAXIMALE (°C)



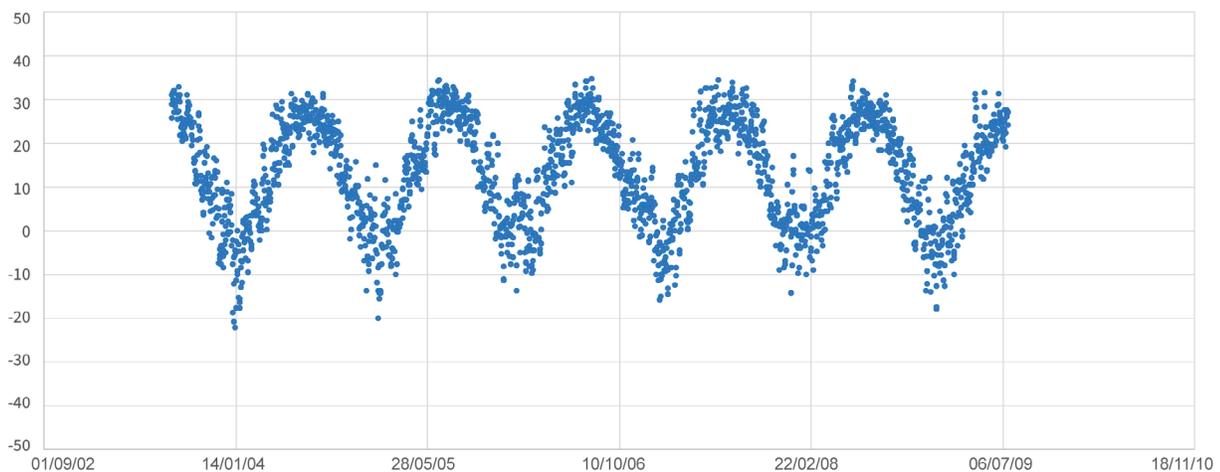
D

TEMPÉRATURE QUOTIDIENNE MAXIMALE (°C)



E

TEMPÉRATURE QUOTIDIENNE MAXIMALE (°C)

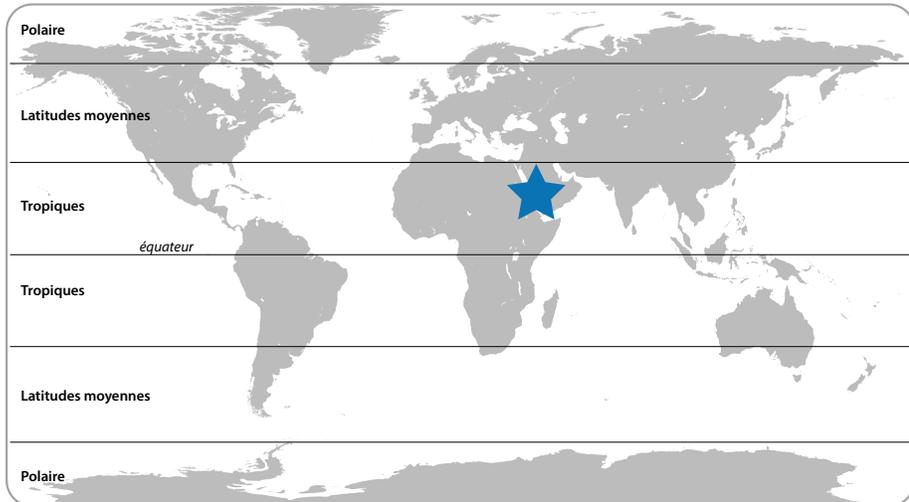


Emplacement :
Arabie saoudite

Latitude :
21.3725

Distance à partir
de l'équateur :
2 372 km

N

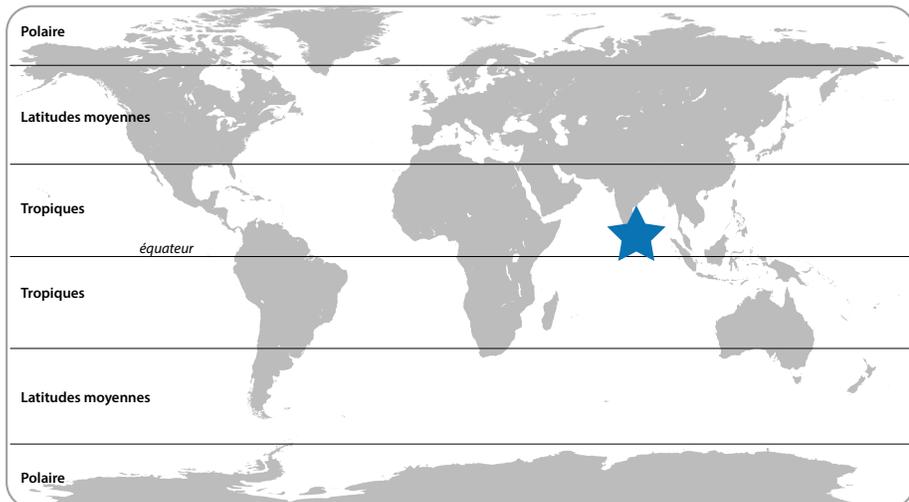


Emplacement :
Sri Lanka

Latitude :
7.1438

Distance à partir
de l'équateur :
793 km

O

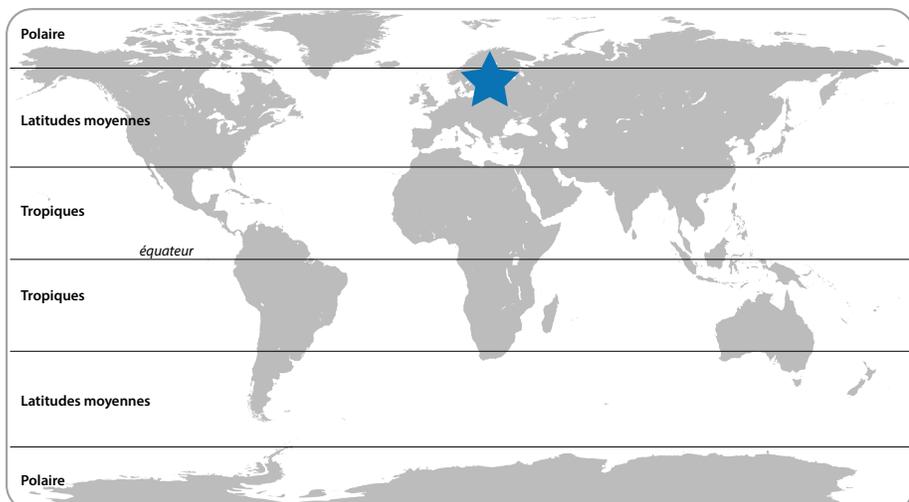


Emplacement :
Finlande

Latitude :
63.2377

Distance à partir
de l'équateur :
7 020 km

K

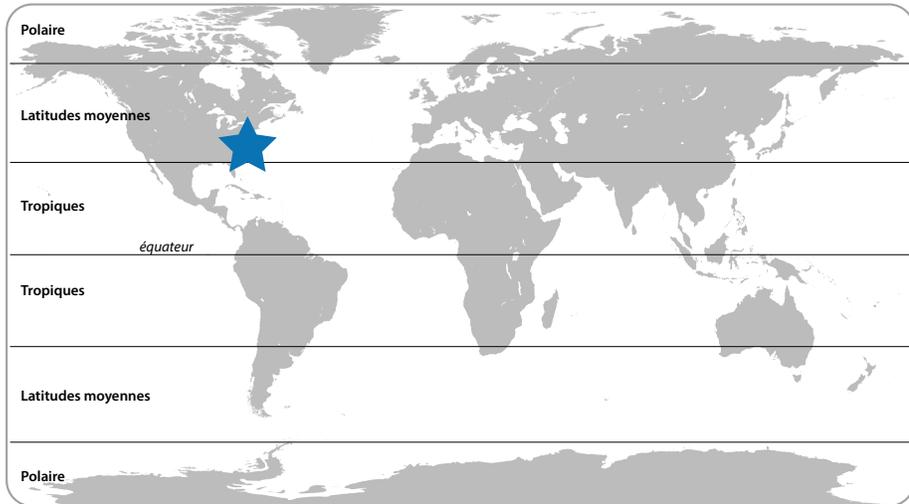


Emplacement :
Vermont, États-Unis

Latitude :
44.675

Distance à partir
de l'équateur :
4 959 km

L

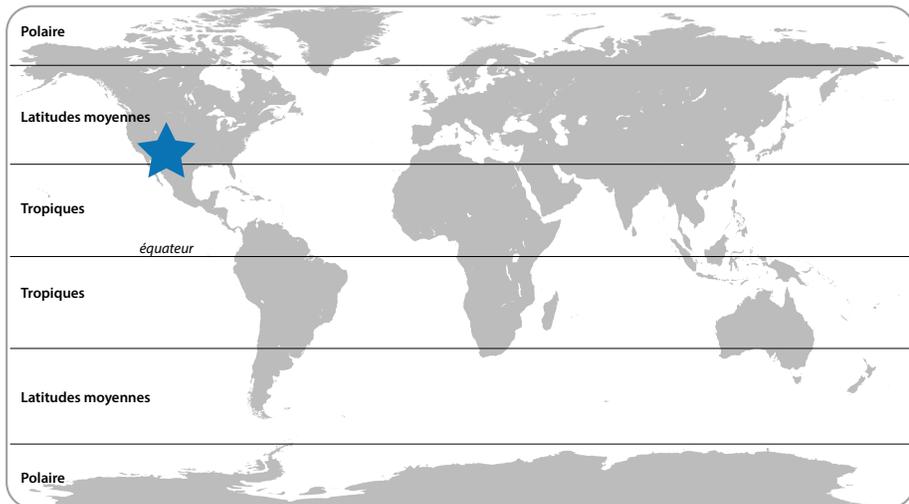


Emplacement :
Arizona, États-Unis

Latitude :
36.4493

Distance à partir
de l'équateur :
4 046 km

M



GUIDE DU PROFESSEUR

▼▼▼
TÂCHE FINALE

TÂCHE FINALE : Défi 1

Tempête en Californie

TÂCHE FINALE : Défi 2

Où est la neige?

TÂCHE FINALE : Défi 3

Nous vous avertissons

Jour de neige?

Comment pouvons-nous appliquer ce que nous avons appris sur les systèmes météorologiques à une tempête hivernale?



Les élèves appliquent des modèles et des idées tirés des séquences d'apprentissage 1, 2 et 3 pour expliquer ce qui se passe lors d'un nouveau phénomène : une tempête hivernale qui a traversé les États-Unis en février 2017. Les élèves doivent établir des liens entre la dynamique de l'atmosphère qu'ils ont étudiée dans la séquence d'apprentissage 1 (comment l'atmosphère est plus froide avec l'altitude, la manière dont l'humidité est nécessaire pour les précipitations, et comment l'air ascendant refroidit et l'humidité se condense), les caractéristiques du passage d'un front froid qu'ils ont apprises dans la séquence d'apprentissage 2 (comment une masse d'air froid pénètre dans une masse d'air plus chaud, ce qui la fait monter plus haut dans l'atmosphère et comment les zones de basse pression sont sujettes à des précipitations), et les processus à l'échelle mondiale qu'ils ont appris dans la séquence d'apprentissage 3 (comme les vents dominants qui se déplacent d'ouest en est aux latitudes moyennes).

La tempête présentée dans la tâche finale est volontairement différente des tempêtes étudiées dans les séquences d'apprentissage, ce qui donne aux élèves l'occasion d'appliquer ce qu'ils ont appris dans un nouveau contexte. Cette tempête est un autre exemple de la manière dont la météo peut avoir un effet sur la vie des personnes. Les élèves travaillent en groupes pour comprendre ce qui se passe dans la tempête en utilisant ce qu'ils ont appris dans GLOBE Weather et en l'appliquant afin de répondre aux questions sur cette tempête. En regardant l'historique de chutes de neige dues à la tempête sur plusieurs jours, la trajectoire de la tempête et les informations d'avertissement, les élèves prennent une décision sur les endroits où les écoles et les entreprises fermeront probablement à cause de la neige et du verglas.

IDÉES SCIENTIFIQUES

La météo dans une zone donnée est basée sur l'emplacement géographique (c.-à-d., la latitude, l'altitude et les caractéristiques géographiques) et les changements de conditions atmosphériques (c.-à-d. la température de l'air, l'humidité, les masses d'air, les fronts, la pression atmosphérique, les vents dominants et la circulation atmosphérique mondiale). La météo a divers effets sur la vie des gens et sur les communautés dans lesquelles ils vivent. Les tempêtes hivernales touchent les transports, la sécurité, l'économie et les activités de loisirs.

TÂCHE FINALE : Défi 1

TEMPÊTE EN CALIFORNIE

En Californie, pourquoi la tempête a-t-elle été accompagnée de pluie à certains endroits et de neige à d'autres?

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(50 minutes)	
<p>Introduction à la tempête hivernale Les élèves regardent une vidéo sur un nouveau phénomène, la tempête hivernale Quid, et observent la tempête.</p>	<p>Défi 1 : Feuille d'activités de l'élève</p> <p>TÂCHE FINALE : Défi 1</p> <p>Vidéo de la tempête hivernale Quid : scied.ucar.edu/winter-storm-quid</p>
<p>Défi 1 : Tempête en Californie Les élèves expliquent pourquoi cette tempête a entraîné des précipitations en Californie et pourquoi les précipitations sont différentes à South Lake Tahoe et à Heavenly Mountain, en s'inspirant des séquences d'apprentissage 1, 2 et 3. Les élèves travaillent en petits groupes pour trouver des explications. Ils partagent ensuite leurs idées avec la classe et parviennent à un consensus.</p>	<p>Suivi des idées modèles, Modèles de consensus</p>



Recherche de sens des NGSS

Dans le Défi 1, les élèves utilisent des modèles développés dans les séquences d'apprentissage 1, 2 et 3 pour expliquer d'où provient l'humidité dans cette tempête hivernale, comment et pourquoi la tempête se déplace et pourquoi les précipitations sont tombées sous forme de neige à un endroit et de pluie à un autre.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- Appliquer des idées scientifiques pour apporter une explication aux phénomènes ou événements réels.
- Les systèmes météorologiques sont influencés par les interactions entre la lumière du soleil, l'océan et l'atmosphère. Ces interactions varient en fonction de la latitude, de l'altitude et de la géographie de la zone, qui peuvent toutes influencer sur les schémas de flux atmosphérique.

Marche à suivre du professeur

Introduction à la tempête hivernale

1. **Présenter aux élèves la tempête hivernale.** Dites aux élèves qu'ils étudieront une tempête hivernale et qu'ils doivent puiser des idées à partir des séquences d'apprentissage 1, 2 et 3 pour prédire la trajectoire de la tempête. Une fois que nous connaissons la trajectoire de la tempête, nous pouvons avertir les personnes qui seront touchées. Montrez aux élèves une vidéo qui prévoit la manière dont cette tempête hivernale pourrait toucher le Midwest.



PRÉVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES POUR LA TEMPÊTE HIVERNALE QUID

<https://scied.ucar.edu/winter-storm-quivd>

(Crédit : The Weather Channel)

Cette courte vidéo de la chaîne météo The Weather Channel donne un aperçu de ce que la tempête était en train de devenir alors qu'elle a traversé les États-Unis en février 2017. (Remarque : The Weather Channel donne un nom aux tempêtes hivernales. Celle-ci a été nommée Quid.)

2. **Présenter les trois défis qui font partie de la tâche finale.** Expliquez aux élèves qu'ils travailleront en groupes de deux ou trois pour comprendre cette tempête hivernale et son trajet de la Californie vers les Rocheuses, pour prédire ensuite comment elle touchera le Midwest.

Leurs tâches sont les suivantes :

1. Comprendre les facteurs qui augmentent les risques de précipitations.
2. Prévoir quelles communautés se trouvant sur la trajectoire de la tempête dans le Midwest doivent se préparer à de fortes chutes de neige et prendre des mesures de sécurité.

Défi 1 : Tempête en Californie

1. **Donner un objectif pour le Défi 1.** Dites aux élèves que lorsque la tempête était en Californie, elle était accompagnée de pluie abondante dans certaines régions et de neige abondante dans d'autres. Expliquez aux élèves qu'ils devront comprendre pourquoi cela est arrivé, mais également d'où la tempête est venue et où elle va.
2. **Présenter le Défi 1.** Distribuez le document *Défi 1 : Feuille d'activités de l'élève* et invitez les élèves à considérer la carte, qui montre une case agrandie de la zone où la tempête a frappé (les symboles sur la carte doivent être familiers aux élèves à ce stade, à revoir au besoin). Ensemble, lisez l'introduction présentant les endroits où il a plu sur la côte ouest le 20 février 2017.
3. **Préparer les élèves à travailler sur le Défi 1.** Placez les élèves par groupes de deux ou trois (les élèves travailleront dans les mêmes groupes au cours des trois défis de la tâche finale). Affichez les Modèles de consensus de la classe préparés pendant les séquences d'apprentissage 1, 2 et 3, ainsi que le Suivi des idées modèles. Dites aux élèves qu'ils peuvent utiliser ces idées et modèles pour les aider à relever le défi.
4. **Travailler sur le Défi 1 en petits groupes.** Donnez aux élèves le temps de répondre aux questions du *Défi 1 : Étape 1* à propos de la tempête qui a eu lieu en Californie. Pendant que les élèves travaillent, passez dans les groupes et encouragez-les à s'appuyer sur les modèles précédents et les Idées modèles.

- Quelle est la direction des vents dominants en Amérique du Nord?
- Comment pouvez-vous utiliser le symbole du passage d'un front froid pour déterminer la direction du front?



Lien vers le scénario

Rappelez aux élèves la destruction qu'ils ont observée avec la tempête du Colorado et que comprendre la manière dont les tempêtes se forment et où elles se déplacent peut nous aider à préparer les communautés situées sur leurs trajectoires.



Conception et utilisation des modèles

Les modèles des élèves, des séquences d'apprentissage 1, 2 et 3, doivent les aider à formuler des explications sur l'origine de la tempête et sur l'endroit vers lequel elle se dirige.



TF
Défi
1
ÉTAPE 2

5. **Attirer l'attention des élèves sur le Défi 1 : Étape 2, qui fournit plus de détails sur la tempête en Californie.** Les nouvelles informations donnent des précisions sur South Lake Tahoe qui a reçu des pluies abondantes tandis que Heavenly Mountain a été ensevelie sous la neige. Donnez aux élèves le temps de répondre aux questions de l'étape 2 avec leur groupe. Encouragez les élèves à dessiner sur la section transversale ce qui se passe dans l'air à South Lake Tahoe, par rapport à Heavenly Mountain. Attirez l'attention sur le fait que lorsque le temps passe de la pluie à la neige, il existe probablement une zone où il y a un mélange pluie-neige. Les réponses des élèves au sujet de l'endroit où le mélange pluie-neige a pu se produire varieront. Les données sont insuffisantes pour leur permettre de préciser exactement où cela se produit, mais ils doivent comprendre que cela aura lieu quelque part entre la ville et le sommet de la montagne.
- *Que savons-nous des températures à une altitude plus basse ou plus élevée?*
 - *Comment la température de l'air au sommet de Heavenly peut-elle être différente de la température de l'air à South Lake Tahoe?*
6. **Partager les idées initiales avec un autre groupe.** Demandez aux élèves de partager leurs idées sur le Étapes 1 et 2 avec un autre petit groupe. Donnez-leur le temps de modifier et d'ajouter leurs explications à mesure qu'ils partagent et discutent des similitudes et des différences entre leurs réponses initiales aux questions.
7. **Discuter des questions du Défi 1 avec toute la classe.** Concentrez-vous sur l'obtention d'un consensus au sujet de chaque question et notez l'explication consensuelle pour la classe. Les élèves peuvent continuer à modifier leurs idées s'ils entendent quelque chose de nouveau ou de différent qu'ils aimeraient ajouter. Demandez aux élèves d'exposer leurs images à l'aide d'un visualiseur afin de démontrer leurs explications.

SUGGESTIONS DE QUESTIONS	EXEMPLES DE RÉPONSES DES ÉLÈVES
<i>Où pensez-vous que le front froid se trouvait avant qu'il ne passe au-dessus de la Californie?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Il se déplace d'ouest en est, selon la circulation mondiale, ce qui signifie qu'il était au-dessus de l'océan Pacifique.
<i>D'où pensez-vous que l'humidité de cette tempête provenait avant qu'elle ne soit dans l'atmosphère?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Elle s'est évaporée de l'océan Pacifique. (Un peu d'eau s'est évaporée du lac Tahoe, mais c'était une petite quantité par rapport à la quantité qui s'est évaporée de l'océan.)
<i>Où pensez-vous que la tempête va se diriger ensuite?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Les vents de surface soufflent d'ouest en est aux latitudes moyennes, donc cette tempête devrait se déplacer vers l'est en raison de ces vents. • Le symbole du passage d'un front froid comporte les triangles pointant vers l'est, c'est donc la direction vers laquelle la tempête se déplace.



Conception et utilisation des modèles

Les explorations faites par les élèves à l'aide du ballon-sonde virtuel dans la séquence d'apprentissage 1 les aideront à résoudre la question de la pluie par rapport à la neige. Les élèves peuvent avoir besoin d'aide pour faire un lien entre ce qu'ils ont appris à propos de la température et de l'altitude, et la formation de flocons de neige (c.-à-d. que la température doit être inférieure au point de congélation pour que les flocons de neige se forment).



Évaluation

Écoutez les réponses des élèves à la question du défi et/ou lisez leurs explications sur les billets de sortie pour vous donner des indices sur la façon dont les élèves tirent profit des concepts scientifiques des leçons précédentes.

SUGGESTIONS DE QUESTIONS	EXEMPLES DE RÉPONSES DES ÉLÈVES
<i>Pourquoi a-t-il neigé à Heavenly Mountain et plu à South Lake Tahoe?</i>	<ul style="list-style-type: none">• La température de l'air est plus froide plus haut dans la troposphère. Nous savons cela grâce aux résultats de recherche du ballon-sonde virtuel. Donc, il doit faire plus froid à Heavenly, qui est situé à une altitude plus élevée que South Lake Tahoe. Cela signifie qu'il doit neiger à Heavenly si la température est glaciale.• Les deux endroits sont situés en haute altitude, mais Heavenly est beaucoup plus élevé, et il doit être en-dessous du point de congélation.
<i>Si vous deviez décider si la pluie ou la neige tombera pendant une tempête, quelles informations rechercheriez-vous et pourquoi?</i>	<ul style="list-style-type: none">• On regarderait la température de l'air, car si elle est à un certain niveau, l'eau gèlerait et deviendrait ainsi de la neige.

8. **Revenir à la question du Défi 1.** Relisez la question : *En Californie, pourquoi la tempête a-t-elle été accompagnée de pluie à certains endroits et de neige à d'autres?* Demandez aux élèves de débattre d'une explication à cette question en groupes et/ou d'écrire une réponse sur un billet de sortie avant la fin de la leçon.

TÂCHE FINALE : Défi 2

OÙ EST LA NEIGE?

À mesure que la tempête s'est déplacée vers l'est, pourquoi a-t-il neigé à certains endroits mais pas à d'autres?

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(50 minutes)	
<p>Défi 2 : Où est la neige? Les élèves examinent les données alors que la tempête hivernale se déplace vers l'est en passant par la région intérieure occidentale du pays. Ils expliquent pourquoi cette tempête a apporté des précipitations à certains endroits, mais pas à d'autres, en s'inspirant des leçons précédentes. Les élèves travaillent en petits groupes pour trouver des explications. Ils partagent ensuite leurs idées avec la classe et parviennent à un consensus.</p>	<p>Défi 2 : Feuille d'activités de l'élève</p> <p>TÂCHE FINALE : Défi 2</p> <p>Crayons de couleur</p>



Recherche de sens des NGSS

Dans le Défi 2, les élèves utilisent des modèles développés dans les séquences d'apprentissage 1, 2 et 3 pour expliquer pourquoi certaines zones des Rocheuses ont eu beaucoup de neige et pas d'autres. Les élèves indiquent que les précipitations abondantes sont situées à proximité d'une zone de basse pression où l'air humide est ascendant et devient disponible pour les précipitations.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- Les masses d'air circulent depuis les zones de haute pression vers celles de basse pression, ce qui amène des systèmes météorologiques (définis par la température, la pression, l'humidité, les précipitations et le vent) qui se forment dans un endroit fixe à changer au fil du temps. Des changements soudains de la météo peuvent survenir lorsque différentes masses d'air entrent en collision.
- Les systèmes météorologiques sont influencés par les interactions entre la lumière du soleil, l'océan et l'atmosphère. Ces interactions varient en fonction de la latitude, de l'altitude et de la géographie de la zone, qui peuvent toutes influencer sur les schémas de flux atmosphérique.
- Appliquer des concepts scientifiques pour apporter une explication aux phénomènes ou événements réels.
- Les graphiques peuvent être utilisés pour préciser les tendances dans les données.

Marche à suivre du professeur

Défi 2 : Où est la neige?



1. **Faire la transition avec la leçon précédente.** Passez en revue ce que les élèves ont appris sur la tempête hivernale Quid dans le Défi 1 et revoyez les deux questions qui ont mis fin au défi précédent :

- De quels renseignements auriez-vous besoin pour décider si de la pluie ou de la neige tombera pendant une tempête?
- Vers où la tempête se dirige-t-elle et comment le savez-vous?

Notez les réponses suivantes :

- Il faut regarder la température. Si elle est plus froide dans l'atmosphère, il neigera.
- Cette tempête hivernale se déplacera vers l'est en raison des vents de surface dominants aux latitudes moyennes.

2. **Discuter de la direction de la tempête hivernale.** Projetez la carte de la classe pour le Défi 2 et expliquez aux élèves que dans le Défi 2, ils analyseront les données de précipitations pour la tempête hivernale trois jours après son passage en Californie. La tempête se trouve maintenant dans les montagnes Rocheuses. Leur objectif est de localiser les endroits où les précipitations sont abondantes et de déterminer quelles sont les causes des précipitations dans cette zone.

3. **Se préparer à remplir le Défi 2.** Distribuez le *Défi 2 : Feuille d'activités de l'élève*. Lisez les instructions ensemble pour le Défi 2 et décrivez les quatre étapes que les élèves réaliseront. Invitez les élèves à considérer ce qui est indiqué sur la carte pour les quatre jours de la tempête. Demandez-leur de revenir à leurs groupes/partenaires du jour précédent. Rappelez aux élèves d'utiliser leur Modèle de consensus de classe et le Suivi des idées modèles pour les aider à déterminer les causes des précipitations abondantes.

4. **Travailler sur le Défi 2 en petits groupes.** Donnez aux élèves 20 minutes pour travailler sur le *Défi 2 : Étapes 1 à 4*. Dans l'étape 1, les élèves inscriront les totaux de chute de neige sur leur carte, à partir du tableau de données et ils indiqueront les communautés qui ont reçu des chutes de neige importantes. Dans l'étape 2, les élèves utilisent la carte des chutes de neige pour prévoir où les écoles pourraient fermer. Pour l'étape 3, les élèves envisagent des schémas de chute de neige et déterminent pourquoi certains endroits ont reçu plus de neige que d'autres. L'étape 4 rappelle aux élèves les éléments nécessaires aux précipitations (augmentation, refroidissement de l'air et humidité). Les élèves tracent le déplacement de l'air et la formation de nuages sur les sections transversales montrant une zone de basse pression et le front et établissent un lien entre la distance de la tempête et la quantité de neige tombée. Dans l'étape 4 : les élèves remplissent la carte d'humidité en déterminant quels endroits n'avaient pas assez d'humidité pour causer une tempête.

Pendant que les élèves travaillent, passez dans les groupes et encouragez-les à s'inspirer des modèles précédents et des Idées modèles.

- Réfléchissez à la façon dont les précipitations se forment autour d'un front. Qu'est-ce qui arrive à l'air le long du front?
- Qu'advient-il de l'air dans une zone de basse pression?
- Même si un front froid traverse toutes ces villes, pourquoi certaines ne recevraient pas de précipitations? Quel est ingrédient important qui pourrait manquer?

5. **Discuter des questions du Défi 2 avec toute la classe.** Projetez la carte du Défi 2 et discutez des questions suivantes. Concentrez-vous sur l'obtention d'un consensus au sujet de chaque question et notez l'explication consensuelle pour la classe. Les élèves peuvent continuer à modifier leurs réponses des étapes 1 à 4 s'ils entendent quelque chose de nouveau ou de différent qu'ils aimeraient ajouter. Demandez aux élèves d'exposer leurs images à l'aide d'un visualiseur afin de démontrer leurs explications.



Lien vers le scénario

Dans le défi précédent, les élèves ont expliqué que la température était importante pour déterminer les précipitations et que la tempête se dirigeait vers l'est.



Conception et utilisation des modèles

Les modèles des élèves, des séquences d'apprentissage 1 et 2, doivent les aider à formuler des explications sur la raison pour laquelle il a neigé à certains endroits et pas à d'autres.



Schémas dans les données

Les élèves relèvent les schémas dans les tableaux de données, tout en établissant des liens entre les endroits où il a beaucoup neigé et le taux d'humidité moyen.

TF
Défi
2

ÉTAPE 1 À 4

SUGGESTIONS DE QUESTIONS	EXEMPLES DE RÉPONSES DES ÉLÈVES
<i>Où se trouvaient les communautés qui ont reçu d'abondantes chutes de neige en lien avec la tempête?</i>	<ul style="list-style-type: none"> Ces endroits sont situés près ou juste derrière la zone de basse pression à l'extrémité nord du front froid.
<i>Expliquez pourquoi des endroits comme Cortez, Gallup et Albuquerque n'ont pas du tout eu de chute de neige.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Ils ne sont pas assez proches de la zone de basse pression, ce qui est nécessaire pour qu'un air plus chaud et humide monte dans l'atmosphère.
<i>Est-ce qu'il a toujours neigé à des endroits qui ont eu une forte humidité? Expliquez pourquoi ou pourquoi pas. Donnez des exemples.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Devils Tower est le seul endroit où l'humidité était élevée, mais où il n'a absolument pas neigé. Comme il s'agit du point le plus éloigné du système dépressionnaire, le processus nécessaire pour que l'humidité monte dans l'atmosphère n'a pas pu se produire. En général, les zones ayant d'abondantes chutes de neige ont également une humidité élevée.
<i>Comparez les deux zones avec la plus importante chute de neige avec les deux zones présentant l'humidité la plus élevée.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Les zones qui ont connu les plus fortes chutes de neige ont effectivement une humidité élevée, mais les zones qui ont la plus forte humidité n'ont pas eu de neige à cause de la grande distance entre celles-ci et la tempête.
<i>Pourquoi certaines communautés ont-elles reçu plus de neige que d'autres? Qu'arrive-t-il à l'air dans ces zones?</i>	<ul style="list-style-type: none"> Les zones de basse pression ont un air chaud et ascendant, avec de l'humidité. Cela signifie qu'il y a plus d'humidité ascendante dans cette zone, ainsi il y a un risque plus élevé de précipitations. (Les dessins des élèves effectués à l'étape 4 peuvent varier mais doivent indiquer qu'une zone de basse pression se trouve là où un air chaud, ou un air relativement chaud, avec de l'humidité, monte, puis refroidit pour créer des tempêtes et des précipitations.)
<i>Pourquoi n'y a-t-il pas de neige partout?</i>	<ul style="list-style-type: none"> Certains endroits où il n'a pas neigé étaient trop loin de la tempête. Certains endroits où il n'a pas neigé avaient une faible humidité. Cela signifie qu'il n'y avait pas assez d'humidité dans l'air pour qu'il neige.
<i>Où les écoles pourraient-elles fermer?</i>	<ul style="list-style-type: none"> Les réponses des élèves peuvent varier mais doivent inclure tous les endroits ayant reçu d'abondantes chutes de neige (Rock Springs, dans le Wyoming; Dinosaur, dans le Colorado; Vernal, dans l'Utah). Les élèves peuvent inclure des endroits avec moins de neige en fonction de leur expérience avec les tempêtes de neige et les fermetures d'écoles. (Les élèves en apprendront davantage sur la sécurité et les fermetures dans le défi 3.)



Évaluation

Notez les réponses des élèves à la question du défi et/ou lisez leur explication sur les billets de sortie. Voyez si les élèves identifient l'air ascendant et humide dans la zone de basse pression comme facteur clé dans l'abondance de neige.

6. **Revenir à la question du Défi 2.** Relisez la question : À mesure que la tempête s'est déplacée vers l'est, pourquoi a-t-il neigé à certains endroits et pas à d'autres? Demandez aux élèves de discuter d'une explication à cette question en groupes et/ou d'écrire une réponse sur un billet de sortie avant la fin de la leçon.

TÂCHE FINALE : Défi 3

NOUS VOUS AVERTISSONS

Où les écoles auront-elles un jour de neige le 24 février?

EN UN COUP D'ŒIL

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ	MATÉRIEL
(50 minutes)	
<p>Défi 3 : Nous vous avertissons</p> <p>Les élèves puisent dans les idées des défis 1 et 2 ainsi que dans les Modèles de consensus de leur classe pour prévoir où la neige tombera ensuite, tandis que la tempête Quid se déplace vers le Midwest. Les élèves travaillent en petits groupes pour faire des prévisions sur les endroits qui recevront des chutes de neige abondantes. Ils partagent leurs prévisions avec la classe. Ils examinent les informations d'avertissement de tempête et lisent un texte sur les systèmes d'avertissement de tempête. Avec ces informations, les élèves révisent leurs prévisions. Ils réfléchissent à la façon dont ce qu'ils ont appris dans l'unité peut les préparer à des conditions météorologiques extrêmes dans leur région.</p>	<p>Défi 3 : Feuille d'activités de l'élève</p> <p>TÂCHE FINALE : Défi 3</p> <p>Copies couleur de la carte d'avertissement (ou accès à la carte sur un ordinateur/ une tablette)</p> <p>Suivi des idées modèles, Modèles de consensus</p> <p>Tableau des questions directrices</p>



Recherche de sens des NGSS

Dans le Défi 3, les élèves utilisent des modèles développés dans les séquences d'apprentissage 1, 2 et 3 pour prévoir quelles zones dans le Midwest peuvent s'attendre à beaucoup de neige. Les élèves réfléchissent aux questions qu'ils ont soumise au début de l'unité et à ce qu'ils savent maintenant. Ils élaborent ensuite une explication sur un événement de précipitation spécifique dans leur communauté, tout en démontrant ce qu'ils ont appris sur la question centrale de l'unité.

DIMENSIONS DES NGSS (6^e ANNÉE-SECONDAIRE II)

- Les masses d'air circulent depuis les zones de haute pression vers celles de basse pression, ce qui amène des systèmes météorologiques (définis par la température, la pression, l'humidité, les précipitations et le vent) qui se forment dans un endroit fixe à changer au fil du temps. Des changements soudains de la météo peuvent survenir lorsque différentes masses d'air entrent en collision.
- Les conditions météorologiques sont influencées par les interactions entre la lumière du soleil et l'atmosphère. Ces interactions varient en fonction de la latitude, de l'altitude et de la géographie de la zone, qui peuvent toutes influencer sur les schémas de flux atmosphérique. Ces schémas sont tellement complexes que les conditions météorologiques ne peuvent être prévues que de manière probabiliste.
- Se servir d'un modèle pour prévoir les phénomènes.

DIMENSIONS DES NGSS (3^e ANNÉE-5^e ANNÉE) (RENFORCEMENT)

- Les schémas de changement peuvent être utilisés pour faire des prévisions.

Marche à suivre du professeur

Défi 3 : Nous vous avertissons



- Faire la transition avec la leçon précédente.** Passez en revue ce que les élèves ont appris sur cette tempête hivernale dans le Défi 2. Concentrez-vous sur la discussion sur les questions qui ont mis fin au défi précédent :
 - *Comment savons-nous où il neigera? Qu'est-ce qui arrive à l'air dans cette zone?*
 - *Vers où la tempête se dirige-t-elle ensuite, et comment le savez-vous?*

Notez les réponses suivantes :

- Il neigera dans des endroits qui sont proches du front et qui ont une humidité suffisante. La plupart de ces endroits sont proches de la zone de basse pression, car il y a plus d'humidité ascendante ici.
 - Cette tempête hivernale se déplacera vers l'est en raison des vents de surface dominants aux latitudes moyennes.
- Présenter le Défi 3.** Projetez la carte de la classe pour le Défi 3 et expliquez que les élèves se serviront de ce qu'ils savent sur cette tempête hivernale du 23 février 2017 pour faire une prévision sur les endroits qui trouveront sur la trajectoire de la tempête le 24 février 2017. Expliquez que les prévisions météorologiques sont souvent faites pour aider les gens à se protéger. Dites comment les tempêtes hivernales peuvent se révéler dangereuses (p. ex., la poudrière peut réduire la visibilité sur les routes, la glace peut entraîner des chutes et des accidents de la route). Invitez les élèves à déterminer quelles communautés doivent envisager de fermer des écoles et des entreprises pour assurer leur sécurité. (Remarque : lorsque vous présentez la carte de la classe, les élèves peuvent remarquer que le front et les zones de basse pression se déplacent à des vitesses différentes de celles de quelques jours auparavant. Il n'est pas rare que le rythme du mouvement du système de tempête change.)
 - Se préparer à remplir le Défi 3.** Distribuez le *Défi 3 : Feuille d'activités de l'élève*. Demandez aux élèves de revenir à leurs groupes/partenaires du jour précédent. Demandez-leur de prendre les Modèles de consensus de la classe et leur Suivi des idées modèles. Dites-leur qu'ils peuvent se servir de ces idées et modèles pour les aider à relever le défi.
 - Travailler sur le Défi 3 en petits groupes.** Donnez aux élèves 20 minutes pour travailler sur les étapes 1 à 3 dans le Défi 3. Demandez-leur de faire des prévisions sur les endroits où il neigera le 24 février 2017 en fonction des caractéristiques de la tempête du 23 février 2017. Pendant que les élèves travaillent, circulez dans les groupes et incitez les élèves à miser sur les modèles précédents et les Idées modèles.
 - *Dans le Défi 2, à quoi ressemblait la pression atmosphérique dans les endroits où de fortes quantités de neige sont tombées? [faible]*
 - *Qu'est-ce qui était en train d'arriver à l'air dans cette zone? [il était en train de monter]*
 - *De quel côté de la zone de basse pression la neige est-elle tombée dans le Défi 2? [sur les côtés nord et ouest]*
 - Discuter des questions du Défi 3 avec toute la classe.** Projetez la carte du Défi 3 et discutez des questions suggérées aux étapes 1, 2 et 3. Les élèves n'ont pas besoin de consensus sur leurs prévisions.



Lien vers le scénario

Dans cette leçon, les élèves tirent des observations du Défi 2 et de leurs modèles pour prévoir où la neige tombera lorsque la tempête se déplace vers l'est.



Conception et utilisation des modèles

Les élèves comparent les similarités et les différences de cette tempête hivernale au modèle qu'ils ont développé dans la séquence d'apprentissage 2 pour expliquer les précipitations le long d'un front froid.

SUGGESTIONS DE QUESTIONS	EXEMPLES DE RÉPONSES DES ÉLÈVES
<i>Où a-t-il neigé le 23 février 2017? Comparez les endroits où il a neigé avec l'endroit où se situe le front et la zone de basse pression.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Il a neigé à des endroits juste derrière la zone de basse pression et à l'extrémité nord du front froid.
<i>Où pensez-vous qu'il neigera le 24 février 2017 et pourquoi?</i>	<ul style="list-style-type: none"> Il neigera probablement à des endroits comme Des Moines (Iowa) et Madison (Wisconsin) qui se trouvent derrière la zone de basse pression et au nord de celle-ci.

TF
Défi
3
ÉTAPE 4

6. **Lire la carte d'avertissement et le texte du jour de neige à l'étape 4.** Expliquez que ce sont les régions pour lesquelles des avertissements ont été émis parce qu'il s'agit d'endroits susceptibles d'être vulnérables à de graves intempéries le 24 février 2017. Demandez aux élèves de lire la carte d'avertissement et le texte : Est-ce un jour de neige? Les élèves répondent à la question à la fin du texte par eux-mêmes.

- À quels endroits les écoles devraient-elles fermer en fonction de la lecture ci-dessus et de vos prévisions sur la chute de neige de l'étape 3?

REMARQUE : Les élèves doivent voir la carte d'avertissement en couleur. Pensez à avoir un ensemble d'impressions en couleur pour une utilisation répétée ou prévoyez que les élèves utilisent un ordinateur ou une tablette pour voir la carte en couleur. La carte d'avertissement est également incluse dans le kit de diapositives.

TF
Défi
3
ÉTAPE 5

7. **Discuter des prévisions en classe et les réviser à l'étape 5.** Dites aux élèves que les scientifiques, notamment les météorologues, révisent leurs prévisions une fois qu'ils ont plus d'informations. Demandez aux élèves de réviser leurs prévisions du 24 février 2017 pour prendre en compte les informations d'avertissement et le texte. Discutez et réviser les prévisions sur les endroits où il va neiger le 24 février 2017.

SUGGESTIONS DE QUESTIONS	EXEMPLES DE RÉPONSES DES ÉLÈVES
<i>Où neigera-t-il le 24 février 2017 et pourquoi?</i>	<ul style="list-style-type: none"> Il neigera à des endroits comme Des Moines (Iowa) et Madison (Wisconsin), qui se trouvent derrière la zone de basse pression et au nord de celle-ci.

8. **Terminer la discussion et se concentrer sur la préparation en vue de graves intempéries dans votre région.**

SUGGESTIONS DE QUESTIONS	EXEMPLES DE RÉPONSES DES ÉLÈVES
<p><i>À quels types de risques météorologiques faisons-nous face qui peuvent entraîner la fermeture d'écoles, d'entreprises ou de routes dans notre région?</i></p> <p><i>Comment ce que nous avons appris dans cette unité nous aide-t-il à nous préparer à des conditions météorologiques désastreuses dans notre région?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Les réponses varieront (p. ex., inondations, tornades, verglas sur les routes). Les réponses varieront (p. ex., cela nous aide à savoir ce qui entraîne de fortes précipitations; cela nous aide à savoir pourquoi certains endroits reçoivent plus de précipitations que d'autres).



Formuler une explication
Demandez aux élèves d'utiliser leurs modèles pour formuler une explication sur un type spécifique de précipitations dans leur communauté. Cette activité peut servir d'évaluation de l'apprentissage.

9. **Revenir à la question directrice de l'unité : « Que savons-nous des tempêtes? »** Demandez aux élèves de penser à un type de précipitations dans leur région. Il peut s'agir d'une tempête isolée, d'un front ou d'un autre type de précipitation. Demandez aux élèves d'expliquer autant qu'ils peuvent pourquoi ils pensent que cette tempête s'est produite. Cette activité peut être menée au moyen d'une discussion de classe et/ou d'une tâche d'écriture individuelle, suivie d'un partage d'idées en petits groupes.
10. **Revenir au Tableau des questions directrices pour répondre à toutes les questions qui subsistent.** Demandez aux élèves de revoir le Tableau des questions directrices pour répondre à toutes les questions. Il se peut que plusieurs questions restent au tableau car elles n'ont pas été traitées au cours de l'unité. Demandez aux élèves de prendre la responsabilité de faire des recherches sur une question au tableau et de faire un compte-rendu de ce qu'ils ont appris à la classe.
11. **Clôturer l'unité *GLOBE Weather*.** Demandez aux élèves de réfléchir à la question : « Comment pouvons-nous utiliser ce que nous avons appris sur les systèmes météorologiques? » Il y a beaucoup de réponses correctes à cette question, par conséquent, encouragez les élèves à être créatifs. Les réponses des élèves peuvent être individuelles (p. ex. « Maintenant nous savons ce dont parle le météorologue à la télévision. ») ou plus importantes et plus impliquées (p. ex. « Maintenant nous pouvons recueillir nos propres données météorologiques ou rechercher quels types d'orages se produisent là où nous vivons. »).



FEUILLES D'ACTIVITÉS DE L'ÉLÈVE



LE PROGRAMME GLOBE





© 2019 University Corporation for Atmospheric Research. *Tous droits réservés.*



Cette publication a été soutenue par la NASA dans le cadre de la subvention NNX17AD75G.



TABLE DES MATIÈRES



	1 Que savons-nous des tempêtes?	2-4
SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE 1	2 Qu'est-ce qui favorise la formation des tempêtes?	6-8
	3 Comment la température est-elle liée à la formation de nuages?	9-13
	4 Quelle est la différence entre une journée ensoleillée et une journée orageuse?	14-17
	5 Comment l'air se déplace-t-il et change-t-il lorsqu'une tempête se développe?	18-22
	6 Pouvons-nous définir les meilleures conditions pour les tempêtes?	23-25
	SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE 2	7 Quels autres types de tempêtes s'accompagnent de précipitations?
8 Comment l'air change-t-il avant, pendant et après un front froid?		29-31
9 Qu'est-ce qui cause des précipitations le long d'un front froid?		32-38
10 Qu'est-ce qui cause le déplacement des fronts?		39-41
11 Qu'est-ce qui pourrait bloquer un front?		42-44
SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE 3	12 Comment les tempêtes se déplacent-elles dans le monde?	46-48
	13 Pourquoi fait-il plus chaud à l'équateur qu'à d'autres endroits sur Terre?	49-52
	14 Comment et pourquoi l'air se déplace-t-il sous les tropiques?	53-57
	15 Lorsque l'air et les tempêtes se déplacent, pourquoi suivent-ils une trajectoire courbe?	58-60
	TÂCHE FINALE : Défi 1 Tempête en Californie	62-64
	TÂCHE FINALE : Défi 2 Où est la neige?	65-68
	TÂCHE FINALE : Défi 3 Nous vous avertissons	69-72

LEÇON 1

LEÇON 1

Que savons-nous des tempêtes?

 LEÇON 1

Que savons-nous des tempêtes?

**ÉTAPE 1 : Que se passe-t-il dans l'atmosphère qui favorise les tempêtes?**

Votre classe regardera une vidéo sur une tempête qui a fait rage au Colorado et sur la façon dont les précipitations ont touché la ville de Boulder, dans le Colorado. Après avoir vu la vidéo, pensez à ce que vous savez sur le cycle de l'eau et sur la façon dont les tempêtes se développent. Selon vous, qu'est-ce qui se passe dans l'atmosphère pour provoquer la pluie, la neige et d'autres types de précipitations? Écrivez vos idées ci-dessous.

ÉTAPE 2 : Quelles sont mes expériences avec les tempêtes et les précipitations?

Pensez à une situation où vous avez vécu une tempête. Répondez aux questions ci-dessous.

1. S'agissait-il d'une tempête de pluie, de neige ou d'un autre type de tempête?
2. À quelle période de l'année cela s'est-il produit?
3. La tempête a-t-elle duré quelques heures ou un jour ou plus?
4. Comment les précipitations de cette tempête ont-elles touché votre communauté?



LEÇON
1

Que savons-nous des tempêtes?

ÉTAPE 3 : Indiquez ce que vous savez sur les tempêtes.

Qu'est-ce qui a causé la pluie dans la tempête du Colorado que vous avez vue dans la vidéo? Dessinez et étiquetez une image dans la case ci-dessous pour répondre à cette question. Votre image est un modèle de la manière dont cette tempête s'est produite.

- Votre image devrait montrer tous les facteurs qui ont entraîné la pluie.
- Dans votre dessin, incluez des étiquettes qui expliquent comment chaque facteur a entraîné la pluie.
- Soyez prêt à faire part de vos réflexions à la classe.



LEÇON 1

Que savons-nous des tempêtes?



ÉTAPE 4 : Comment mes idées étaient-elles similaires à, ou différentes de, celles de mes camarades?
Décrivez votre modèle aux autres élèves de votre groupe.

IDÉES SIMILAIRES	IDÉES DIFFÉRENTES

ÉTAPE 5 : Quelles questions ai-je sur les tempêtes et les précipitations?

Qu'est-ce que vous vous demandez à propos de la formation des tempêtes? Listez les questions que vous avez sur les tempêtes et les précipitations.

FÉLICITATIONS,

vous faites maintenant partie de la communauté GLOBE!

Maintenant que vous avez terminé la Leçon 1 de GLOBE Weather, vous êtes prêt à devenir un jeune scientifique actif de GLOBE.



GLOBE signifie **G**lobal **L**earning and **O**bservations to **B**enefit the **E**nvironment. (Programme d'éducation et d'observation mondial au profit de l'environnement). GLOBE est un programme international de sciences et d'éducation qui regroupe des élèves et des scientifiques du monde entier. Vous avez maintenant la possibilité de participer à GLOBE avec d'autres élèves intéressés à en apprendre davantage sur l'environnement, en menant des recherches sur des sujets qui vous intéressent. GLOBE dispose de nombreuses ressources et opportunités pour les scientifiques de tous âges. Découvrez comment participer en regardant une courte vidéo (4 min 26) sur le site Web de GLOBE : <https://www.globe.gov/do-globe/for-students/be-a-scientist>.

▶ SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE 1

LEÇON 2

Qu'est-ce qui favorise la formation des tempêtes?

LEÇON 3

Comment la température est-elle liée à la formation de nuages?

LEÇON 4

Quelle est la différence entre une journée ensoleillée et une journée orageuse?

LEÇON 5

Comment l'air se déplace-t-il et change-t-il lorsqu'une tempête se développe?

LEÇON 6

Pouvons-nous définir les meilleures conditions pour les tempêtes?

 LEÇON 2

Qu'est-ce qui favorise la formation des tempêtes?

Observer les formes des nuages et leurs variations au fil du temps peut vous donner des indices sur ce qui se passe dans le ciel.



ÉTAPE 1 : Que pouvons-nous apprendre sur les tempêtes en observant les nuages dans le ciel?

En travaillant en équipes de deux ou en petits groupes, écrivez vos idées ci-dessous. (Rédigez des phrases complètes.)



ÉTAPE 2 : Que remarquez-vous au sujet d'une journée ensoleillée par rapport à une journée orageuse?

Observez les nuages dans les vidéos en accéléré et notez vos observations ci-dessous.



JOURNÉE ENSOLEILLÉE



JOURNÉE ORAGEUSE

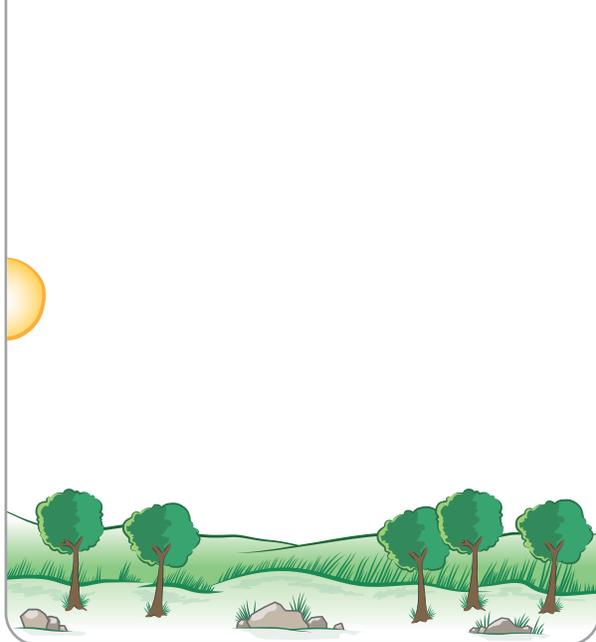
Pourquoi pensez-vous que la tempête s'est développée un jour et non pas l'autre?

Écrivez vos idées ci-dessous, à l'aide de phrases complètes.

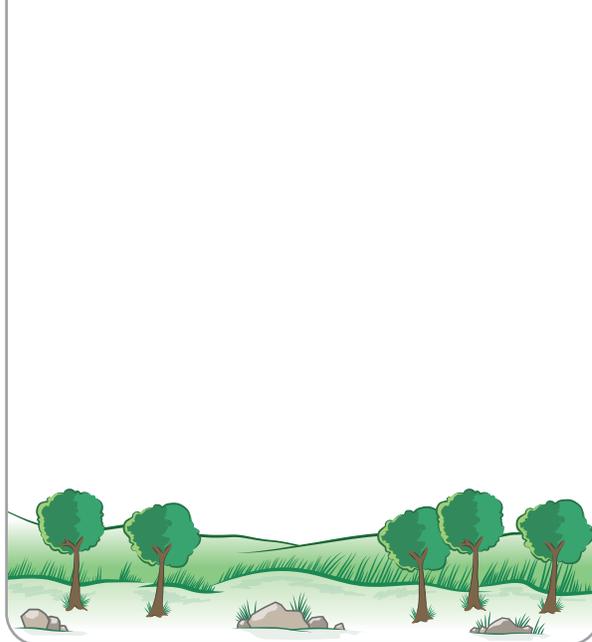
**ÉTAPE 3 : Illustrez la formation d'une tempête tout au long de la journée.**

Inspirez-vous de la vidéo en accéléré d'une journée orageuse. Illustrez le temps qu'il fait à différents moments de la journée, en utilisant chacune des cases ci-dessous. Incluez ce que vous savez sur la façon dont les nuages, l'eau, l'air et le soleil se déplacent et changent tout au long de la journée.

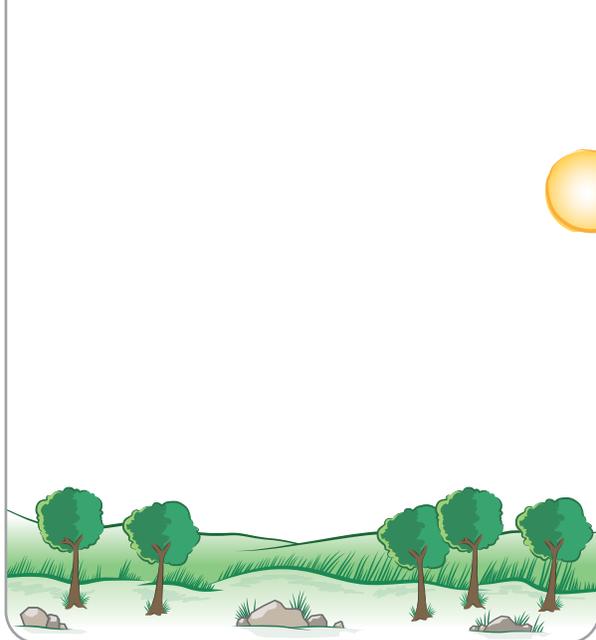
MATIN À 9 H



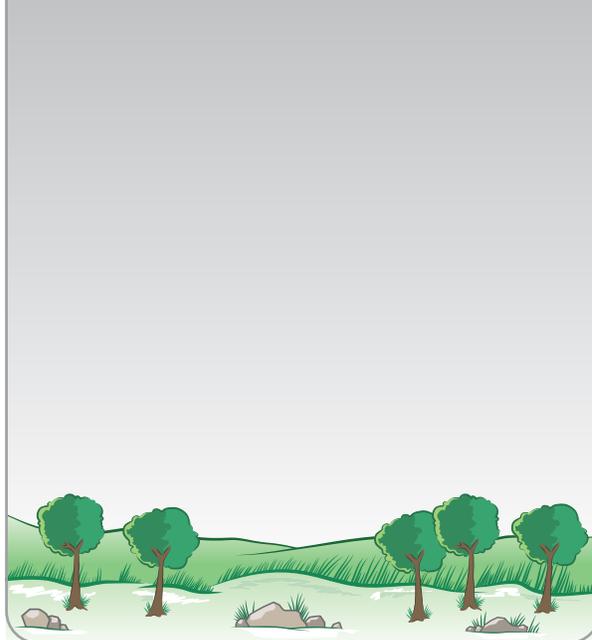
MI-JOURNÉE À 12 H



APRÈS-MIDI À 15 H



NUIT À 21 H





S'ARRÊTER ET RÉFLÉCHIR

Répondez aux questions ci-dessous.

Les nuages et les tempêtes se trouvent généralement très en hauteur. Si vous pouviez examiner l'air en altitude par rapport à l'air près du sol, que remarqueriez-vous, selon vous?

Quelles mesures souhaiteriez-vous prendre de l'air à différentes altitudes?

Comment ces mesures pourraient-elles nous aider à comprendre comment les nuages se forment?

ÉTAPE 4 : Faites des observations sur les nuages dans le ciel!

Observez le ciel pour trouver des indices sur ce qui se passe au niveau météorologique dans votre communauté. Suivez les instructions de votre enseignant pour faire des observations et rappelez-vous **de ne jamais regarder directement le soleil**.

N'oubliez pas de rechercher :

- Quelle portion du ciel est couverte par les nuages?
- Quels types de nuages voit-on dans le ciel?
- Les nuages sont-ils opaques ou peut-on voir à travers?



Identifiez les nuages à l'aide de la Carte GLOBE de Nuages (bit.ly/globecloudchartfrench).



Téléchargez l'application GLOBE Observer Clouds (observer.globe.gov) pour faire des observations sur les nuages et prendre des photos qui peuvent être comparées aux images satellites de la NASA. Cela aide les scientifiques à comprendre le ciel d'en haut et d'en bas.

LEÇON 3

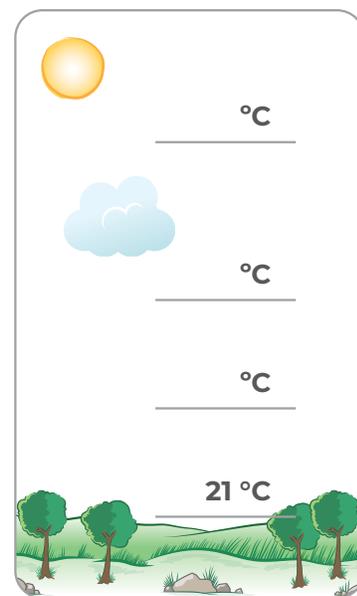
Comment la température est-elle liée à la formation de nuages?

Les ballons-sondes transportent des instruments dans l'atmosphère pour collecter des données sur la température à différentes altitudes, que ce soit près du sol ou tout là-haut où les nuages se forment, et même encore plus haut. Dans cette leçon, vous explorerez les données recueillies par un ballon-sonde pour en savoir plus sur la manière dont l'air change avec l'altitude.



ÉTAPE 1 : Servez-vous de la température près du sol pour prévoir les autres températures.

Remplissez les espaces dans le graphique à droite pour faire une prévision sur la manière dont la température de l'air change avec l'altitude.



ÉTAPE 2 : Collectez des données sur la température.

Sur un ordinateur ou une tablette, ouvrez le ballon-sonde virtuel interactif (scied.ucar.edu/virtual-ballooning). Cette simulation vous permet de lancer des ballons-sondes virtuels et de noter la température à différentes altitudes dans l'atmosphère.

1. Cliquez sur « Explorer la troposphère » pour participer au jeu.
2. Apprenez à connaître le graphique. Notez que l'altitude se trouve sur l'axe vertical (axe Y) et la température, sur l'axe horizontal (axe X).
3. Choisissez les paramètres pour le lancement d'un ballon. Chaque ballon que vous lancez prendra trois mesures de température. Réglez l'altitude pour commencer à enregistrer la température en faisant glisser la flèche « Collecter les données » vers le haut ou vers le bas de l'axe Y.
4. Cliquez sur le bouton « Lancer le ballon » et voyez votre ballon recueillir des données sur la température.
5. Notez cette température dans le tableau à la page suivante. Examinez les points que le ballon a fait sur le graphique pour trouver la température à différentes altitudes.
6. Cliquez sur le bouton « Nouveau vol » et choisissez de nouveaux paramètres pour lancer un nouveau ballon et collecter plus de données. Recueillez autant de données que possible avec quatre lancements de ballons.



Comment la température est-elle liée à la formation de nuages?

ÉTAPE 2 SUITE : Collectez des données sur la température.

	ALTITUDE	TEMPÉRATURE (°C)
↑ nuages élevés	10 km	
	9 km	
	8 km	
	7 km	
	6 km	
	5 km	
	4 km	
	3 km	
	2 km	
	1 km	
↓ nuages bas	0 km	

ÉTAPE 3 : Analysez et interprétez les données.

1. Décrivez le schéma que vous voyez dans les données sur la température du sol jusqu'à l'endroit où se forment les nuages d'une tempête.
2. Est-ce le schéma que vous aviez prévu? Pourquoi ou pourquoi pas?
3. Selon vous, qu'est-ce qui *cause* le schéma de température?
4. Comment le schéma de température est-il lié à la formation des tempêtes? (Dessinez ou écrivez vos idées ci-dessous.)



Comment la température est-elle liée à la formation de nuages?

ÉTAPE 4 : Comment les températures de l'air et de surface changent-elles pendant la journée?

Pour découvrir pourquoi la température de l'air change avec l'altitude, jetez un coup d'œil à la manière dont la température du sol (température de surface) est liée à la température de l'air juste au-dessus du sol (température de l'air) dans le graphique ci-dessous. Les élèves de Westview Middle School à Longmont, dans le Colorado, ont recueilli les données dans ce graphique. Toutes les heures, pendant une journée, ils ont mesuré la température de surface et la température de l'air à l'extérieur de leur école.

Comparez les deux tendances de données dans le graphique en suivant les instructions suivantes :



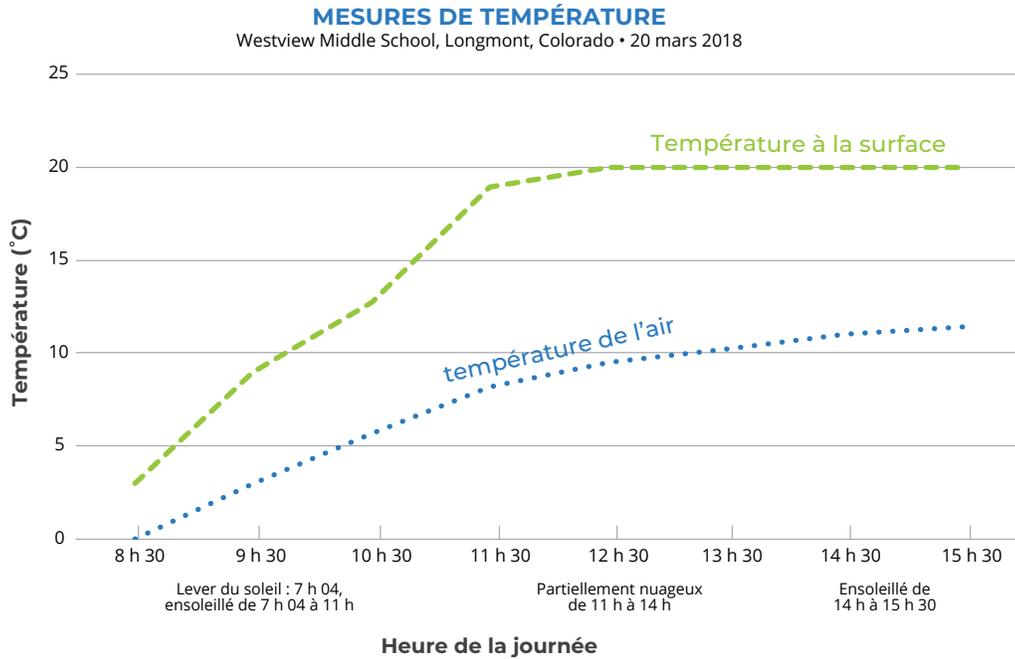
CE QUE JE VOIS

1. Regardez différentes parties du graphique. Remarquez-vous des schémas? Remarquez-vous des différences intéressantes? Écrivez les énoncés **Ce que je vois** sur le graphique pour noter vos observations.
2. Faites part de vos énoncés à la demande de votre professeur.



CE QUE CELA SIGNIFIE

1. À côté de chaque énoncé **Ce que je vois**, écrivez un énoncé **Ce que cela signifie** pour expliquer ce qui se passe, à votre avis, dans chaque partie du graphique.
2. Faites part de vos énoncés à la demande de votre professeur.



Écrivez une légende pour le graphique qui compare les deux tendances de données.



Comment la température est-elle liée à la formation de nuages?

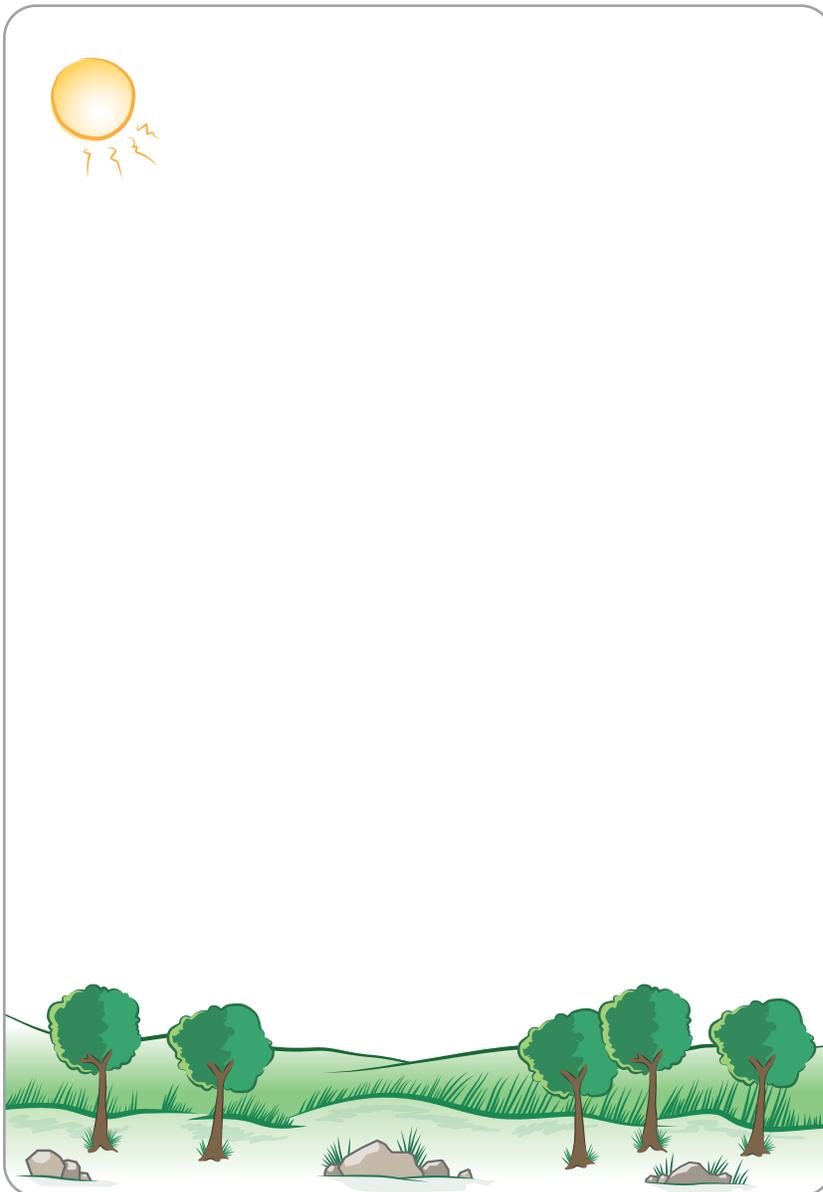
ÉTAPE 5 : Créez un modèle de la façon dont la lumière du soleil réchauffe l'atmosphère.

Dans la case ci-dessous, dessinez un modèle qui aide à répondre à la question suivante :

Pourquoi la température de surface augmente-t-elle au cours de la journée et pourquoi la surface est-elle plus chaude que l'air au-dessus d'elle?

Votre modèle doit expliquer :

- Comment la température de surface est liée à la lumière du soleil
- Comment la température de l'air est liée à la température de surface
- Comment la température de l'air change à partir du sol jusqu'à des altitudes plus élevées
- Comment déterminer les trois éléments ci-dessus à l'aide des preuves tirées des données sur la température



CLÉ

(Choisissez des couleurs pour représenter la lumière du soleil et la température.)



lumière du soleil



température

Écrivez une légende pour votre modèle pour décrire la manière dont la lumière du soleil réchauffe l'atmosphère.



Comment la température est-elle liée à la formation de nuages?

ÉTAPE 6 : Comment votre modèle est-il lié aux tempêtes?

Il n'y avait pas de tempête le jour où les élèves de Westview Middle School ont recueilli les données sur la température de surface et sur la température de l'air, mais le ciel est devenu nuageux dans l'après-midi.

La vidéo en accéléré a montré que les nuages ont commencé à se former le matin et l'après-midi, il a plu.

Écrivez une phrase pour répondre à la question : Selon vous, comment la température est-elle liée à la formation des nuages et de la tempête?

Listez les preuves à partir de votre modèle pour étayer votre réponse ci-dessus.

Décrivez la raison pour laquelle les preuves que vous avez énumérées étayent votre réponse.

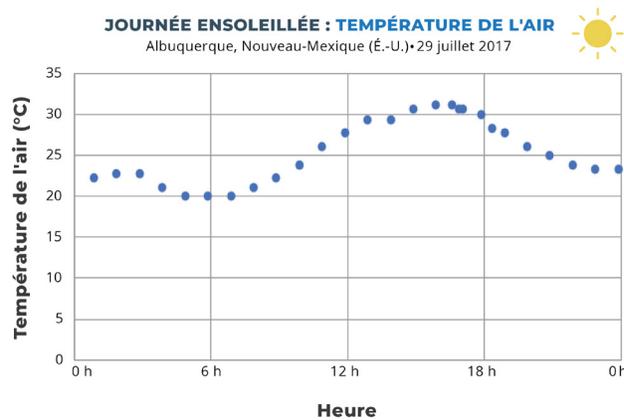


LEÇON **4**

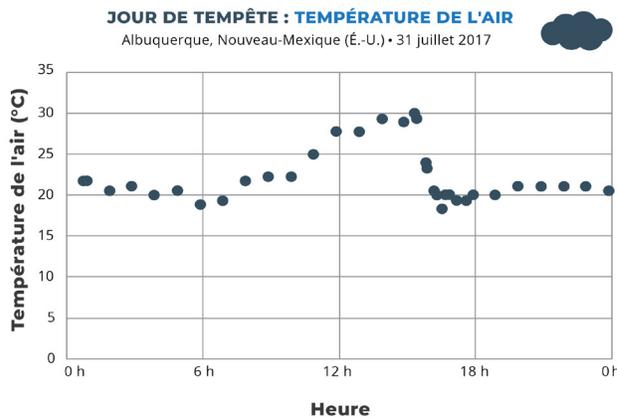
Quelle est la différence entre une journée ensoleillée et une journée orageuse?

ÉTAPE 1 : Comparez les températures de l'air entre une journée ensoleillée et une journée orageuse.

Les journées orageuses suivent-elles un schéma différent des journées ensoleillées? Répondez aux questions en utilisant les graphiques des données sur la température ci-dessous.



1. Décrivez le schéma d'une journée ensoleillée.



2. Décrivez le schéma d'une journée orageuse.

3. En regardant uniquement les données sur la température, quand pensez-vous que la pluie est tombée et pourquoi? Entourez l'endroit où la pluie commence sur le graphique de la journée orageuse.

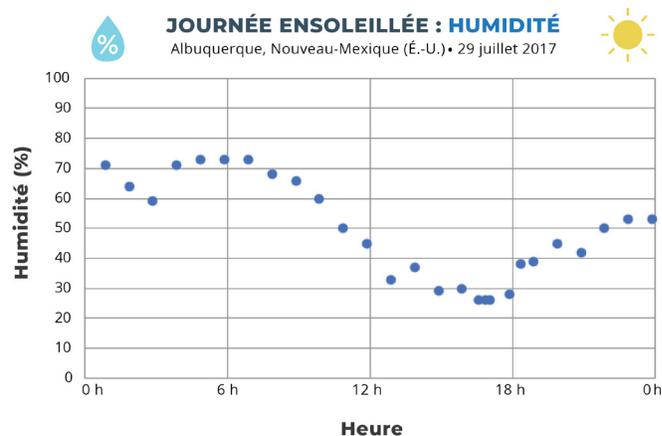


Quelle est la différence entre une journée ensoleillée et une journée orageuse?

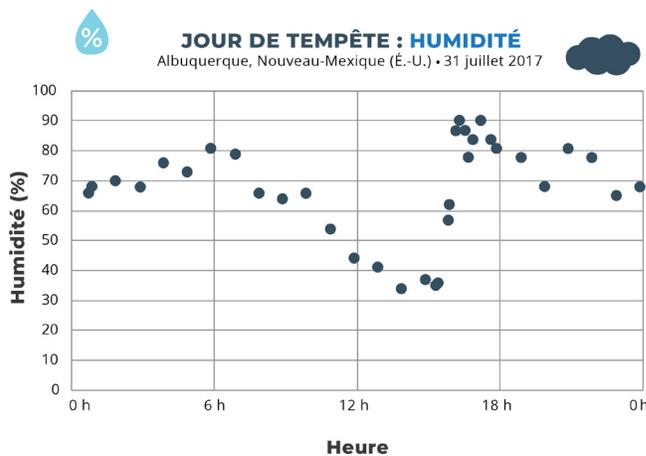
ÉTAPE 2 : Comparez l'humidité d'une journée ensoleillée par rapport à celle d'une journée orageuse.

L'humidité est la quantité de vapeur d'eau dans l'air. Si l'humidité est de 100 %, alors l'air ne peut pas contenir plus de vapeur d'eau (et vous êtes probablement dans un nuage). Si l'humidité est inférieure à 100 %, alors l'air pourrait contenir plus de vapeur d'eau. L'air chaud fournit l'énergie nécessaire pour évaporer plus d'eau que l'air froid. C'est pourquoi une journée chaude et humide est plus courante qu'une journée froide et humide. Lorsque l'humidité est basse, les personnes disent que l'air est sec, car il ne contient pas beaucoup de vapeur d'eau.

Les journées orageuses suivent-elles un schéma différent des journées ensoleillées? Répondez aux questions en utilisant les graphiques des données sur l'humidité ci-dessous.



1. Décrivez le schéma d'une journée ensoleillée.



2. Décrivez le schéma d'une journée orageuse.

3. Entourez l'endroit où la pluie commence sur le graphique de la journée orageuse. En tenant compte à la fois de la température et de l'humidité de l'air, quel schéma, selon vous, est le plus susceptible de former des tempêtes?



LEÇON
4

Quelle est la différence entre une journée ensoleillée et une journée orageuse?

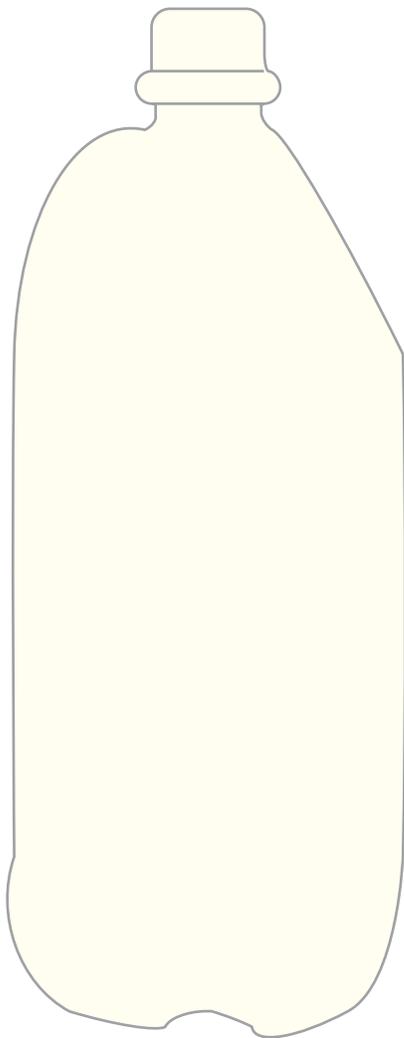
ÉTAPE 3 : Créez une tempête dans une bouteille.

À partir de ce que vous savez sur la température et l'humidité relative, créez un modèle de journée ensoleillée et de journée orageuse à l'aide de bouteilles transparentes ayant des contenus différents.

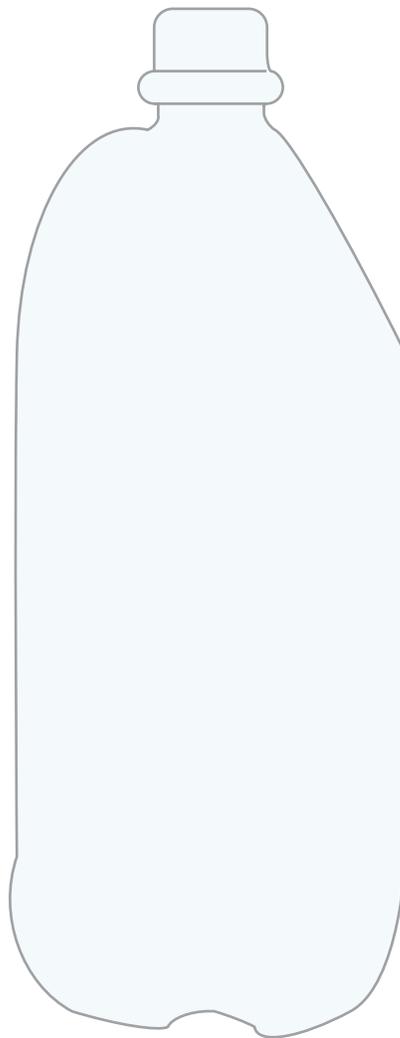
1. Dessinez ce que vous mettez dans chacune de vos bouteilles. Étiquetez les matériaux que vous avez ajoutés.



JOURNÉE ENSOLEILLÉE



JOURNÉE ORAGEUSE



2. Allumez la lampe (pour représenter le soleil) et observez les bouteilles pendant 20 minutes. Ajoutez vos observations sur la température et l'humidité de chaque bouteille aux images ci-dessus. Utilisez le tableau de données de la page suivante pour noter les changements de température et d'humidité dans vos bouteilles.

Quelle est la différence entre une journée ensoleillée et une journée orageuse?



Mesurez la température avec votre thermomètre et inscrivez-la. Recherchez des signes d'humidité, comme la condensation à l'intérieur de la bouteille, et notez-les dans le tableau ci-dessous.

MINUTE	BOUTEILLE JOURNÉE ENSOLEILLÉE 		BOUTEILLE JOURNÉE ORAGEUSE 	
	TEMPÉRATURE (°C)	HUMIDITÉ	TEMPÉRATURE (°C)	HUMIDITÉ
2				
4				
6				
8				
10				
12				
14				
16				
18				
20				



3. Discutez des questions suivantes avec vos camarades :

- La bouteille de la journée ensoleillée correspond-t-elle à ce à quoi vous vous attendiez? Si non, qu'est-ce qui s'est passé?
- La bouteille de la journée orageuse correspond-t-elle à ce à quoi vous vous attendiez? Si non, qu'est-ce qui s'est passé?
- En vous servant des preuves tirées des bouteilles et des données sur la température et l'humidité, pouvez-vous dire quelles sont les meilleures conditions pour les tempêtes?


 LEÇON 5

Comment l'air se déplace-t-il et change-t-il lorsqu'une tempête se développe?

Votre professeur montrera comment l'air change lorsqu'il est réchauffé ou refroidi. Cela vous aidera à déterminer ce qui arrive à l'air qui se réchauffe près de la surface, et à l'air qui refroidit à des altitudes plus élevées.

ÉTAPE 1 : Observez l'air réchauffé et refroidi.

Dessinez l'installation du laboratoire et ce qui arrive au ballon pendant la démonstration. Ajoutez vos observations à votre dessin en cours de réalisation. N'oubliez pas de marquer ce qui se passe.

CONFIGURATION DU LABORATOIRE	BALLON EN MYLAR CHAUFFÉ	BALLON EN MYLAR ALORS QU'IL REFROIDIT

1. Pourquoi le ballon réchauffé monte-t-il? Pensez à ce qui se passe à l'intérieur du ballon.
2. Que se passe-t-il à l'intérieur du ballon lorsqu'il commence à descendre?

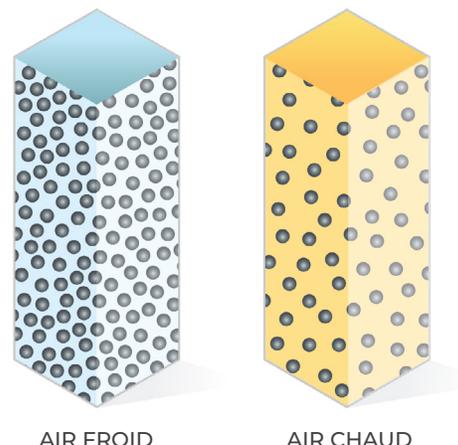


Comment l'air se déplace-t-il et change-t-il lorsqu'une tempête se développe?

ÉTAPE 2 : L'air en mouvement

Il y a quelque chose de différent entre l'air chaud et l'air froid qui fait monter l'air chaud et descendre l'air froid. Lorsque l'air à l'intérieur du ballon s'est réchauffé, le ballon s'est gonflé et a monté. Lorsque l'air à l'intérieur du ballon s'est refroidi, le ballon a commencé à se rétracter et à descendre. Réfléchissons un peu plus à cet air et à ce qui se passe lorsqu'il est réchauffé ou refroidi. Pour mieux comprendre, nous allons devoir faire un zoom avant et réfléchir à ce qui se passe dans les molécules d'air.

Imaginez que vous pouvez voir une poche de molécules d'air réchauffées. Lorsque l'air est réchauffé, l'énergie de la chaleur est absorbée par les molécules individuelles, ce qui les pousse à se déplacer plus rapidement. Les molécules se déplacent plus rapidement et plus loin. Lorsque les molécules libèrent leur énergie, elles commencent à ralentir et à se regrouper. Cela se produit lorsque les molécules n'ont plus de source de chaleur et « refroidissent ».



Dessinez un diagramme qui montre 20 molécules d'air réchauffées à l'intérieur du ballon en mylar par rapport à 20 molécules d'air plus froides.

BALLON AVEC AIR CHAUD	BALLON AVEC AIR FROID

C'est en cela que l'air chaud et l'air frais sont différents. Mais pourquoi se déplacent-ils dans différentes directions? Pour mieux comprendre, nous allons devoir faire un zoom avant et réfléchir à la planète entière et à la gravité.

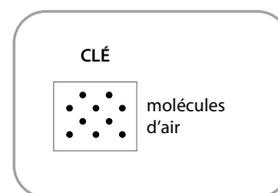


Comment l'air se déplace-t-il et change-t-il lorsqu'une tempête se développe?

ÉTAPE 2 SUITE : L'air en mouvement

La gravité est la force qui attire tous les objets vers le centre de la planète. Même les petites choses comme les molécules d'air sont influencées par la gravité et sont tirées vers le bas. Le poids des molécules d'air plus élevées dans l'atmosphère pousse les molécules d'air plus bas dans l'atmosphère, plus près les unes des autres. Hautes dans l'atmosphère, elles sont espacées les unes des autres. Les molécules d'air qui sont rapprochées sont à haute pression. Les molécules d'air séparées sont à basse pression.

Dessinez des molécules d'air entre la planète et le haut de l'atmosphère. N'oubliez pas qu'elles seront espacées différemment selon qu'elles sont proches du sol ou plus haut dans l'atmosphère.



Comment l'air se déplace-t-il et change-t-il lorsqu'une tempête se développe?

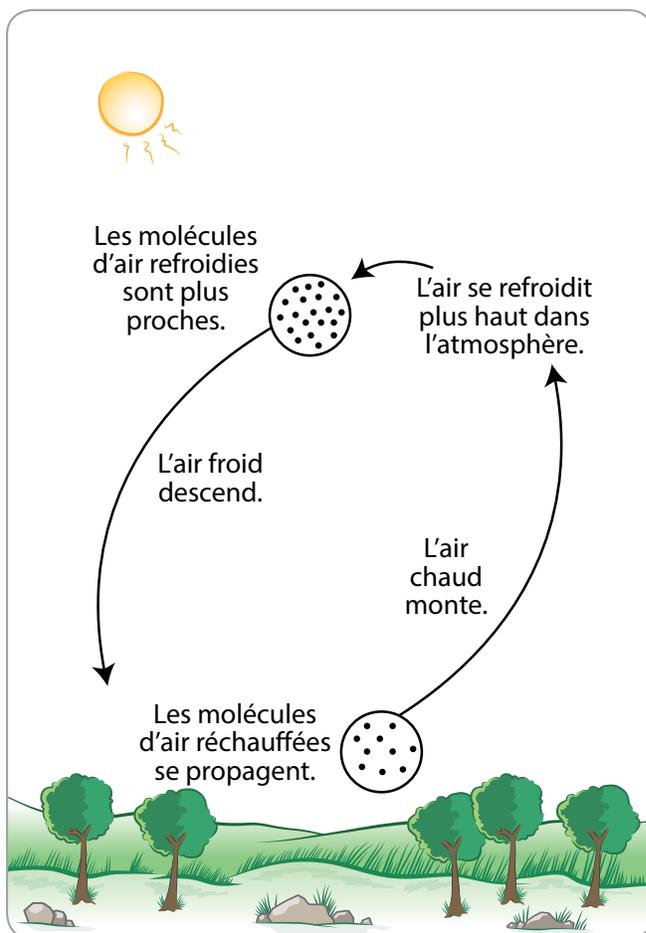
ÉTAPE 2 SUITE : L'air en mouvement

Lorsque la lumière du soleil réchauffe la terre, puis réchauffe l'air à proximité, les molécules se répandent un peu, en prenant plus d'espace, comme l'air à haute altitude. La pression de l'air chaud est plus basse que celle de l'air autour de lui, ainsi il monte dans l'atmosphère, comme le ballon réchauffé dans l'activité précédente.

Lorsque l'air réchauffé monte dans l'atmosphère, il refroidit car, à des altitudes plus élevées, l'air est plus froid. N'oubliez pas que l'air froid ne contient pas autant de vapeur d'eau que l'air chaud, ainsi tandis que l'air chaud refroidit, une partie de la vapeur d'eau se condense en minuscules gouttelettes d'eau qui forment les nuages.

Lorsque l'air devient plus froid, les molécules se rapprochent. La pression de l'air froid est plus élevée que celle de l'air autour de lui, ainsi il descend dans l'atmosphère, comme le ballon refroidi dans l'activité précédente. Ensuite, il peut être réchauffé et s'élever à nouveau.

Ce cycle de montée et de descente de l'air est appelé **convection**.



EXPLIQUER : Pourquoi l'air chaud monte-t-il et l'air froid descend-il?



Comment l'air se déplace-t-il et change-t-il lorsqu'une tempête se développe?

ÉTAPE 3 : Créez un modèle pour décrire la manière dont les précipitations se produisent dans une tempête isolée.

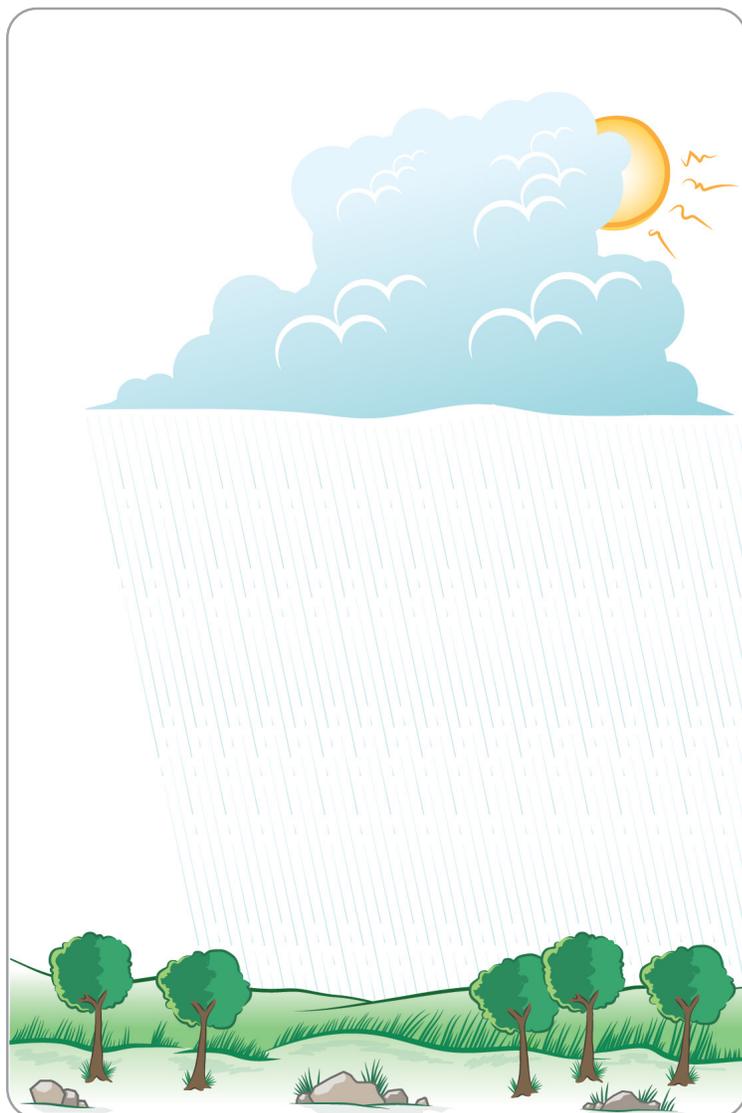
Pour commencer, **dessinez et écrivez** dans l'illustration pour expliquer comment les précipitations se produisent dans une tempête isolée.

Assurez-vous que votre modèle répond aux questions suivantes :

- Qu'est-ce qui arrive à l'énergie du soleil qui favorise une tempête isolée?
- Qu'est-ce qui arrive à l'eau à la surface et aux nuages qui conduisent à la tempête isolée?
- Comment la température de l'air et l'humidité changent-elles lorsque l'air se déplace du sol vers les nuages?
- Comment l'air se déplace-t-il entre le sol et l'endroit où se développe la tempête?

Écrivez une explication qui accompagne votre modèle et répondez à la question ci-dessous :

EXPLIQUER : Qu'est-ce qui doit se produire pour qu'une tempête isolée se développe?



LEÇON
6

Pouvons-nous définir les meilleures conditions pour les tempêtes?

ÉTAPE 1 : Faites des prévisions.

À l'aide de votre modèle pour une tempête isolée et de ce que vous savez sur la température et l'humidité, prévoyez quelles seraient les conditions les plus favorables pour une tempête isolée.

Une forte tempête se développerait si la température dans la haute atmosphère près des nuages était

beaucoup plus froide que **beaucoup plus chaude que** **à peu près identique à**

la température près du sol, car _____

Une forte tempête se développerait si l'humidité était **élevée** **modérée** **faible**

parce que _____

Pouvons-nous définir les meilleures conditions pour les tempêtes?

ÉTAPE 2 : Notez et expliquez vos observations.

Vous pouvez maintenant tester vos prévisions avec la simulation Faire un orage (scied.ucar.edu/make-thunderstorm). Suivez les instructions de votre professeur pour la collecte des données à partir de la simulation. Notez vos observations sur cinq essais dans le tableau ci-dessous. Expliquez ensuite pourquoi une tempête s'est développée ou pas.

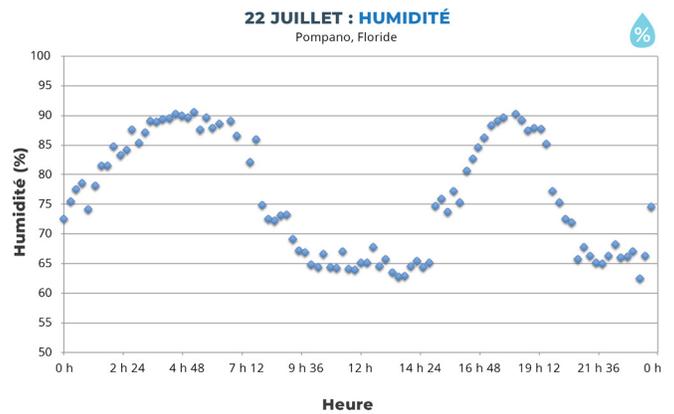
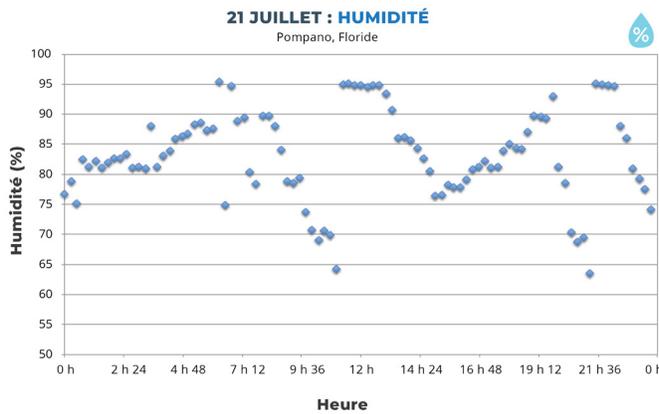
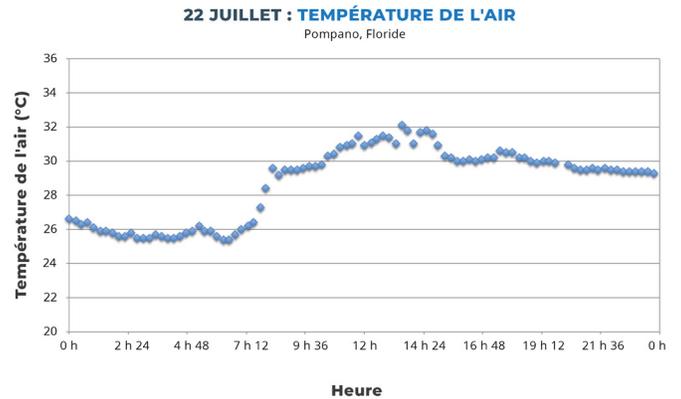
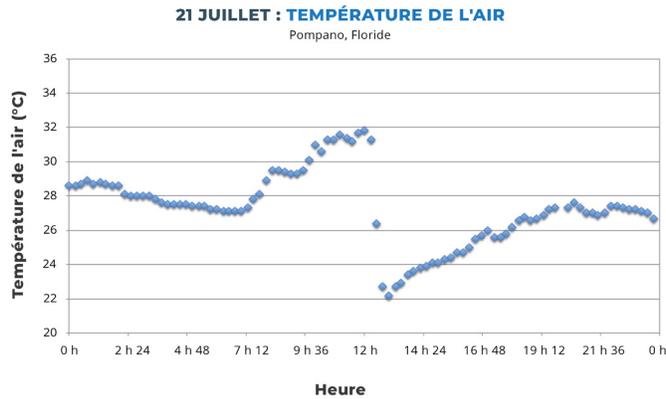
CONDITIONS	RÉSULTAT	POURQUOI CELA S'EST-IL PASSÉ? Expliquez ce qui a aidé la tempête ou ce qui manquait.
temp. en haute altitude <input type="text"/> humidité <input type="text"/> temp. en basse altitude <input type="text"/>	<input type="radio"/> pas de tempête <input type="radio"/> petite tempête <input type="radio"/> moyenne tempête <input type="radio"/> grande tempête	
temp. en haute altitude <input type="text"/> humidité <input type="text"/> temp. en basse altitude <input type="text"/>	<input type="radio"/> pas de tempête <input type="radio"/> petite tempête <input type="radio"/> moyenne tempête <input type="radio"/> grande tempête	
temp. en haute altitude <input type="text"/> humidité <input type="text"/> temp. en basse altitude <input type="text"/>	<input type="radio"/> pas de tempête <input type="radio"/> petite tempête <input type="radio"/> moyenne tempête <input type="radio"/> grande tempête	
temp. en haute altitude <input type="text"/> humidité <input type="text"/> temp. en basse altitude <input type="text"/>	<input type="radio"/> pas de tempête <input type="radio"/> petite tempête <input type="radio"/> moyenne tempête <input type="radio"/> grande tempête	
temp. en haute altitude <input type="text"/> humidité <input type="text"/> temp. en basse altitude <input type="text"/>	<input type="radio"/> pas de tempête <input type="radio"/> petite tempête <input type="radio"/> moyenne tempête <input type="radio"/> grande tempête	

Pouvons-nous définir les meilleures conditions pour les tempêtes?

ÉTAPE 3 : Quand a-t-il plu?

Voici les données sur la température et d'humidité de l'air sur deux jours à Pompano, en Floride. Il a plu l'un de ces deux jours. Déterminez la journée la plus probable et l'heure à laquelle il a plu.

- Entourez sur le graphique le jour où la pluie est tombée.



- Expliquez quelles conditions étaient susceptibles d'entraîner cette pluie et pourquoi vous pensez qu'elle est tombée à ce moment-là. Servez-vous des preuves des études précédentes, et de votre modèle, pour appuyer votre explication.

▶ SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE 2

LEÇON 7

Quels autres types de tempêtes s'accompagnent de précipitations?

LEÇON 8

Comment l'air change-t-il avant, pendant et après le passage d'un front froid?

LEÇON 9

Qu'est-ce qui cause des précipitations le long d'un front froid?

LEÇON 10

Qu'est-ce qui cause le déplacement des fronts?

LEÇON 11

Qu'est-ce qui pourrait bloquer un front?



Quels autres types de tempêtes s'accompagnent de précipitations?



ÉTAPE 1 : Qu'est-ce que vous remarquez à propos du front froid?

Regardez la vidéo en accéléré d'une journée durant laquelle un front froid a traversé Lyons, dans le Colorado, et observez comment la météo change au fil du temps.

	LEVER DU SOLEIL À MIDI	MIDI À 16 H	16 H AU COUCHER DU SOLEIL
VENT Vitesse du vent :	<input type="radio"/> élevée <input type="radio"/> faible	<input type="radio"/> élevée <input type="radio"/> faible	<input type="radio"/> élevée <input type="radio"/> faible
Direction du vent : <i>est-ce qu'elle change?</i>			
NUAGES Type de nuages : <i>quels types sont visibles?</i>			
Nébulosité : <i>quelle est la portion de ciel couverte par les nuages?</i>			
PRÉCIPITATIONS <i>Quand les précipitations se forment-elles?</i>			
<i>Pourriez-vous dire quel type : pluie, neige ou autre?</i>			
<i>Y en avait-il beaucoup ou un peu?</i>			

1. En quoi la tempête dans la vidéo en accéléré est-elle différente d'une tempête isolée?

ÉTAPE 2 : Réfléchissez à différents types de tempêtes.

Avez-vous connu des tempêtes différentes des tempêtes isolées que vous avez étudiées plus tôt?

Décrivez les tempêtes que vous avez vécues et expliquez ce qui les a rendues différentes d'une tempête isolée.

DÉCRIREZ LA TEMPÊTE QUE VOUS AVEZ VÉCUE.	EN QUOI EST-ELLE DIFFÉRENTE D'UNE TEMPÊTE ISOLÉE?

Quels autres types de tempêtes s'accompagnent de précipitations?



ÉTAPE 3 : Interprétez une prévision météo pour un front froid.

Les prévisions sur sept jours ci-dessous montrent un front froid circulant dans une région. Travaillez en équipe pour interpréter ce qui se passe avant, pendant et après le passage du front.

Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
Généralement ensoleillé	Partiellement nuageux	Partiellement nuageux	Généralement nuageux	Généralement nuageux	Averses de pluie	Ensoleillé
Max. 68° Min. 55°	Max. 75° Min. 60°	Max. 74° Min. 60°	Max. 70° Min. 56°	Max. 70° Min. 55°	Max. 60° Min. 31°	Max. 47° Min. 30°

	AVANT LE FRONT FROID (samedi à mercredi)	PENDANT LE FRONT FROID (jeudi)	APRÈS LE FRONT FROID (vendredi)
Température : La température la plus élevée était :			
La température la plus basse était :			
Humidité et nuages Nous n'avons pas de données sur l'humidité, mais nous savons que les nuages se forment lorsque l'humidité est plus élevée. <i>Quand l'humidité a-t-elle été élevée ou faible?</i>	<input type="radio"/> humidité élevée <input type="radio"/> humidité faible	<input type="radio"/> humidité élevée <input type="radio"/> humidité faible	<input type="radio"/> humidité élevée <input type="radio"/> humidité faible
Précipitations <i>Quand y a-t-il eu des précipitations? Quand cela n'a-t-il pas eu lieu?</i>	<input type="radio"/> oui <input type="radio"/> non	<input type="radio"/> oui <input type="radio"/> non	<input type="radio"/> oui <input type="radio"/> non

1. Selon vous, comment était l'air (température et humidité) à cet endroit avant le passage du front?
2. Selon vous, comment était l'air (température et humidité) à cet endroit après le passage du front?
3. À votre avis, qu'est-ce qui a causé les précipitations pendant le front?

LEÇON **8**

Comment l'air change-t-il avant, pendant et après le passage d'un front froid?

ÉTAPE 1 : Décrivez la température de l'air avant, pendant et après le passage du front froid.

Imaginez que votre ville vient de recevoir un bulletin météorologique faisant état d'un front froid se dirigeant vers vous. Lisez le bulletin météorologique et analysez les données sur la température, l'humidité et le vent pour déterminer ce qui s'est passé pendant cette tempête.

BULLETIN MÉTÉO

On s'attend à ce qu'un front froid change les températures dans la région après un réchauffement prolongé. Le front froid arrivera à South Riding, en Virginie, le matin du 21 octobre 2016. Préparez-vous à un changement de température sur deux jours lorsque le front traversera la région, remplaçant ainsi une masse d'air chaud par une masse d'air froid.

Entourez les données sur le graphique qui montre quand le front froid traverse South Riding, VA. Décrivez le graphique à l'aide des énoncés **Ce que je vois** et **Ce que cela signifie**.



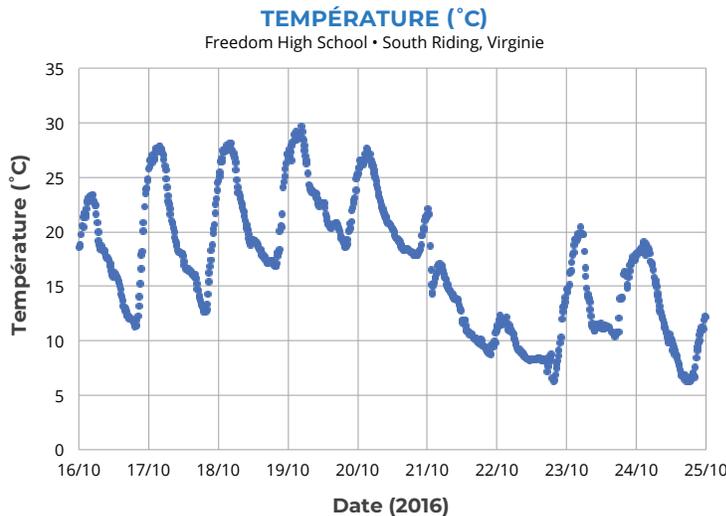
CE QUE JE VOIS : Regardez différentes parties du graphique. Remarquez-vous des schémas? Remarquez-vous des différences intéressantes?

Écrivez les énoncés **Ce que je vois** sur le graphique pour noter vos observations.



CE QUE CELA SIGNIFIE : À côté de chaque énoncé **Ce que je vois**, écrivez un énoncé **Ce que cela signifie** pour expliquer ce qui, selon vous, se passe dans chaque partie du graphique.

Remarque : Les lignes verticales du graphique indiquent midi à chacune des dates indiquées sur l'axe X.



1. Décrivez le schéma de la température de l'air avant le passage du front froid.



Comment l'air change-t-il avant, pendant et après le passage d'un front froid?

ÉTAPE 1 SUITE : Décrivez la température de l'air avant, pendant et après le passage du front froid.

- Décrivez le schéma de la température de l'air après le passage du front froid.
- Comment la température de l'air change-t-elle lorsque le front passe?

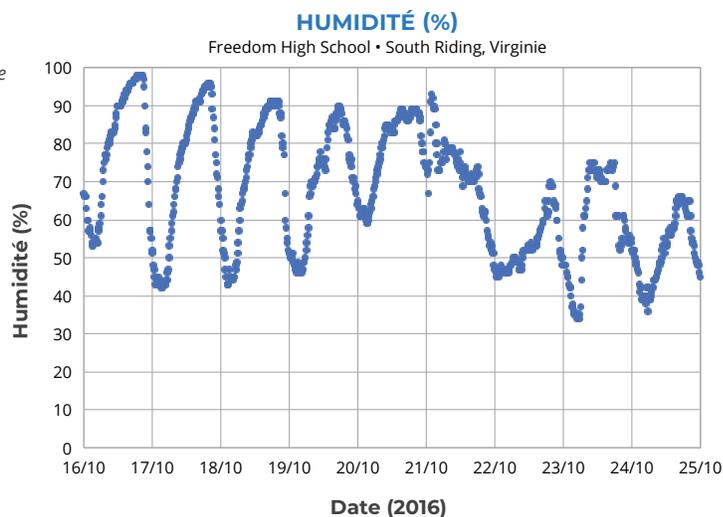


ÉTAPE 2 : Décrivez l'humidité avant, pendant et après le passage du front froid.



Entourez les données sur le graphique qui montre quand le front froid a traversé South Riding, VA. Écrivez les énoncés **Ce que je vois** et **Ce que cela signifie** sur le graphique.

Remarque : Les lignes verticales du graphique indiquent midi à chacune des dates indiquées sur l'axe X.



- Décrivez le schéma de l'humidité avant le passage du front froid.
- Décrivez le schéma de l'humidité après le passage du front froid.
- Comment l'humidité change-t-elle lorsque le front passe?



Comment l'air change-t-il avant, pendant et après le passage d'un front froid?

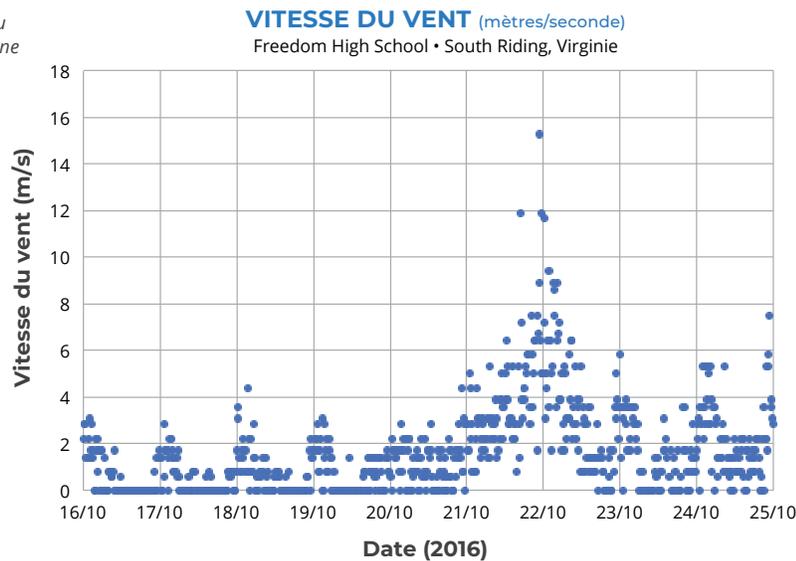


ÉTAPE 3 : Décrivez la vitesse du vent avant, pendant et après le passage du front froid.



Entourez les données sur le graphique qui montre quand le front froid a traversé South Riding, VA. Écrivez les énoncés **Ce que je vois** et **Ce que cela signifie** sur le graphique.

Remarque : Les lignes verticales du graphique indiquent midi à chacune des dates indiquées sur l'axe X.



1. Décrivez la vitesse du vent avant le passage du front froid.
2. Décrivez la vitesse du vent après le passage du front froid.
3. Comment la vitesse du vent change-t-elle lorsque le front passe?

BULLETIN MÉTÉO



...emportez vos parapluies le matin du 21 octobre. La probabilité qu'il pleuve est élevée.



DISCUTEZ AVEC VOTRE CLASSE :

Pourquoi pensez-vous que les probabilités de précipitations sont élevées le matin du 21 octobre?

En quoi cette tempête ressemble-t-elle à, ou est-elle différente de, la tempête isolée que vous avez étudiée auparavant?

Les élèves d'une école secondaire en Virginie ont recueilli les données météorologiques qui se trouvent dans les graphiques de cette leçon.

Si vous avez recueilli des données météorologiques dans votre école, quels types d'événements météorologiques seriez-vous le plus susceptible d'observer?



LEÇON 9

Qu'est-ce qui cause des précipitations le long d'un front froid?

ÉTAPE 1 : Comment l'air change-t-il lorsqu'un front traverse un endroit?

Illustrez les conditions météorologiques (température, humidité et vent) que l'on pourrait retrouver un jour avant le front, pendant le front, et un jour après que le front soit arrivé à Freedom High School, à South Riding, en Virginie. Servez-vous de couleurs et de symboles pour montrer les changements de température, d'humidité et de vent.

AVANT	PENDANT	APRÈS

CRÉEZ UNE CLÉ :

Air chaud

Air froid

(choisissez une couleur)

(choisissez des symboles pour montrer les changements de l'humidité et du vent)

ÉTAPE 2 : Faites des observations sur ce qui arrive aux liquides chauds et froids dans le réservoir.

Notez vos observations sur l'eau du réservoir dans l'espace ci-dessous. Le réservoir est un modèle où il y a de l'eau chaude et de l'eau froide pour simuler l'air chaud et l'air froid dans l'atmosphère. Ce faisant, on peut voir ce qui se passe lorsque l'air chaud et l'air froid se rencontrent.

Dessinez une section transversale qui montre à quoi le réservoir ressemble **AVANT** que la partition ne soit retirée.

Dessinez une section transversale qui montre à quoi le réservoir ressemble **APRÈS** que la partition soit enlevée.



DISCUTEZ-EN EN CLASSE :

Que s'est-il passé lorsque les liquides froids et chauds se sont rencontrés?

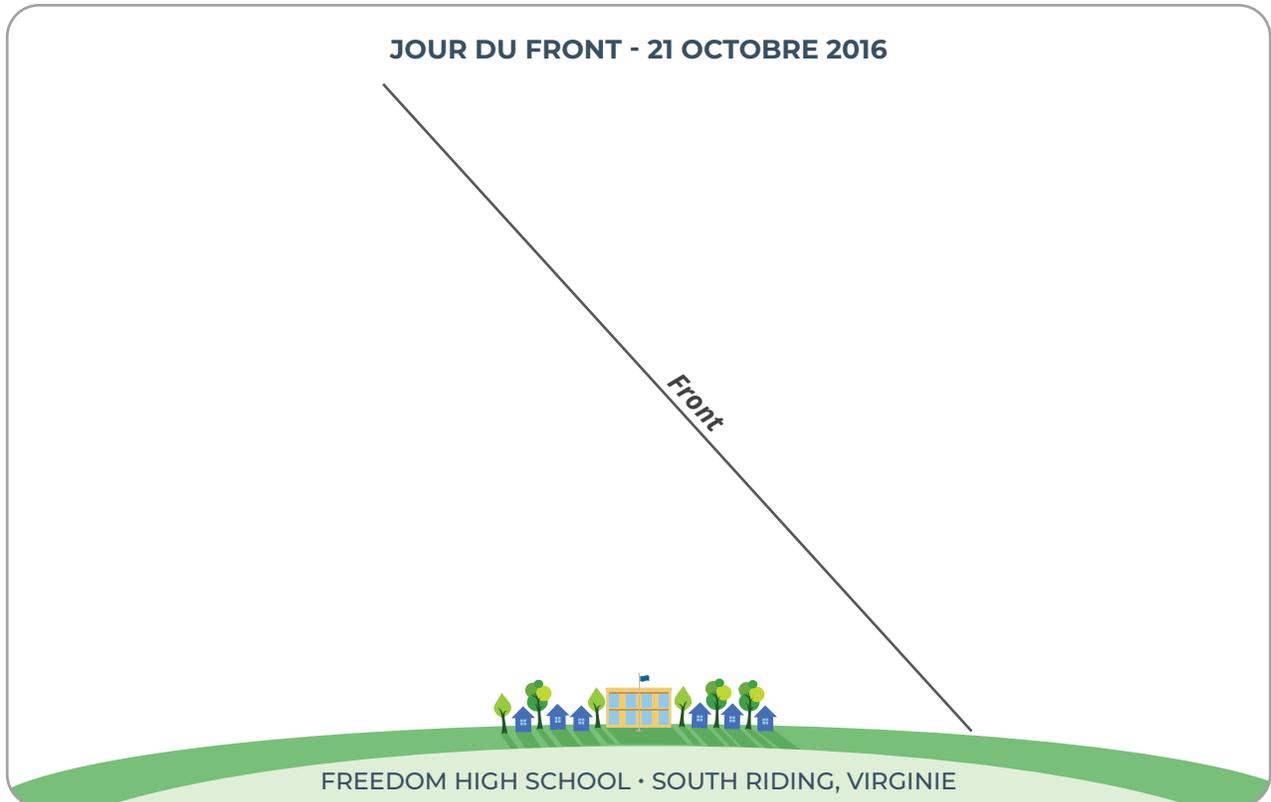
Qu'est-ce qui cause des précipitations le long d'un front froid?



ÉTAPE 3 : Créez un modèle pour expliquer les précipitations pendant le front froid.

Le modèle ci-dessous représente une section transversale de l'atmosphère, comme le réservoir d'eau qui illustre un front froid. Dessinez sur le modèle pour expliquer :

1. L'emplacement de la masse d'air froid.
2. L'emplacement de la masse d'air chaud.
3. La direction vers laquelle chaque masse d'air se déplace.
4. Là où on s'attendrait à ce que les nuages se forment.



EXPLICATION : Écrivez une légende pour votre modèle pour expliquer pourquoi la Freedom High School a connu des précipitations le 21 octobre 2016.



Qu'est-ce qui cause des précipitations le long d'un front froid?

ÉTAPE 4 : Examinez les masses d'air et les fronts.

Sur de grandes surfaces, la température et l'humidité de l'air peuvent être similaires. L'air ayant des caractéristiques similaires est appelé une **masse d'air**. Par exemple, l'air au-dessus du nord de l'Amérique du Nord peut former une masse d'air froid et sec. Il est froid parce qu'il se forme à haute latitude, près de l'Arctique. Il est sec parce qu'il se forme au-dessus de la terre, et que peu d'humidité s'évapore de la terre par rapport à l'océan. L'air au-dessus du golfe du Mexique et du sud des États-Unis peut former une masse d'air chaud et humide. Il est chaud parce qu'il se forme à une latitude inférieure, plus près de l'équateur. L'eau qui s'évapore du golfe du Mexique rend la masse d'air humide. Les deux types de masses d'air se « cognent » souvent l'une contre l'autre lorsqu'elles se déplacent et forment des fronts.

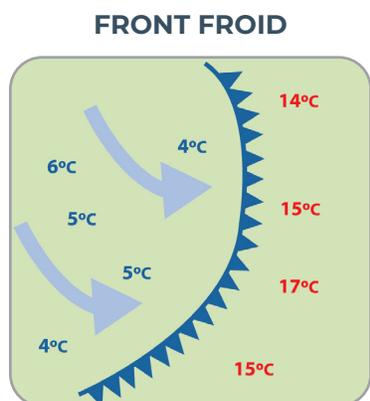


S'ARRÊTER ET RÉFLÉCHIR

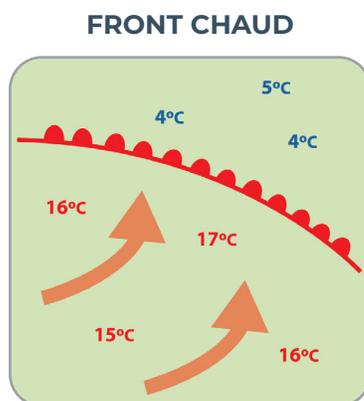
Quel type de masse d'air était au-dessus de la Freedom High School avant que le front ne traverse la zone?

Quel type de masse d'air était au-dessus de la Freedom High School après que le front ait traversé la zone?

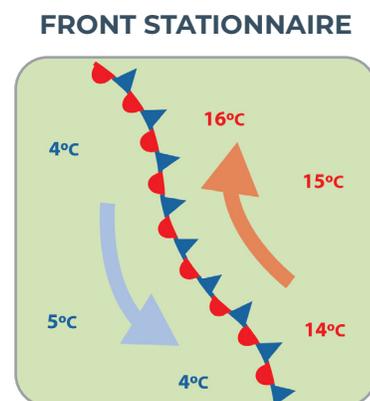
Il existe plusieurs types différents de fronts. Le type de front dépend de la manière dont les masses d'air interagissent. Les images ci-dessous montrent comment différents types de fronts sont indiqués sur les cartes météorologiques à l'aide de symboles.



À un front froid, une masse d'air plus froid se glisse sous une masse d'air plus chaud. Un front froid est représenté sur une carte météo sous la forme d'une ligne bleue avec des triangles qui pointent dans le sens du déplacement du front.



À un front chaud, une masse d'air plus chaud s'avance sur une masse d'air plus froid. Un front chaud est représenté sur une carte météo sous la forme d'une ligne rouge avec des demi-cercles qui pointent dans le sens du déplacement du front.



À un front stationnaire, une masse d'air froid et une masse d'air chaud sont côte à côte. Les deux peuvent se déplacer, mais aucune n'a suffisamment de force pour pénétrer dans l'espace de l'autre. Un front stationnaire est représenté sur une carte météo à la fois par des demi-cercles rouges et par des triangles bleus.



Qu'est-ce qui cause des précipitations le long d'un front froid?

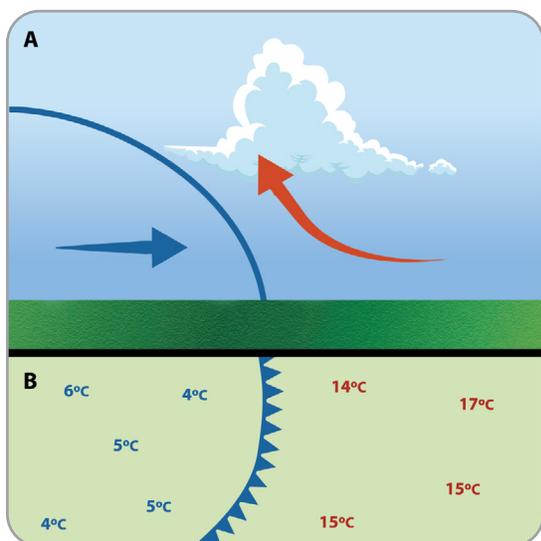
Dans cette étude, nous nous concentrons sur les fronts froids.

Les fronts froids peuvent produire des tempêtes spectaculaires. Les vents soufflent en rafales et il y a une baisse soudaine de température. Il peut y avoir de fortes pluies, de la grêle, du tonnerre et des éclairs. Lorsque l'air chaud s'élève, le long d'un front froid, les cumulus se forment exactement comme dans les tempêtes isolées que vous avez étudiées plus tôt : comme l'air se déplace vers le haut, il se refroidit et la vapeur d'eau se transforme en gouttelettes d'eau liquide qui forment des nuages. Les nuages peuvent devenir des cumulonimbus et entraîner de la pluie ou de la neige si la température est inférieure au point de congélation. Une fois qu'un front froid se déplace, on peut remarquer que la température se refroidit, que la pluie s'arrête, que le ciel s'éclaircit ou que d'autres types de nuages remplacent les cumulus.



S'ARRÊTER ET RÉFLÉCHIR

Qu'est-il arrivé lorsque la masse d'air froid s'est glissée sous la masse d'air chaud à la Freedom High School?



(A) La partie supérieure de cette image présente une section transversale d'un front froid. C'est là qu'une masse d'air froid se glisse sous une masse d'air chaud. L'air chaud est poussé vers le haut où il se refroidit, et la vapeur d'eau se condense dans les nuages.

(B) La partie inférieure de l'image montre la carte météorologique d'un front froid. La masse d'air froid, qui se trouve à gauche, se glisse sous une masse d'air chaud. La ligne bleue longée de triangles indique l'endroit où se rejoignent l'air froid et l'air chaud.

Un front froid (et la masse d'air froid qui se déplace à l'intérieur) pourrait ne pas être froid. Pendant l'été, les températures peuvent être assez chaudes, mais il peut toujours y avoir des fronts froids. L'été, un front froid signifie généralement un temps plus frais par rapport aux journées précédentes.

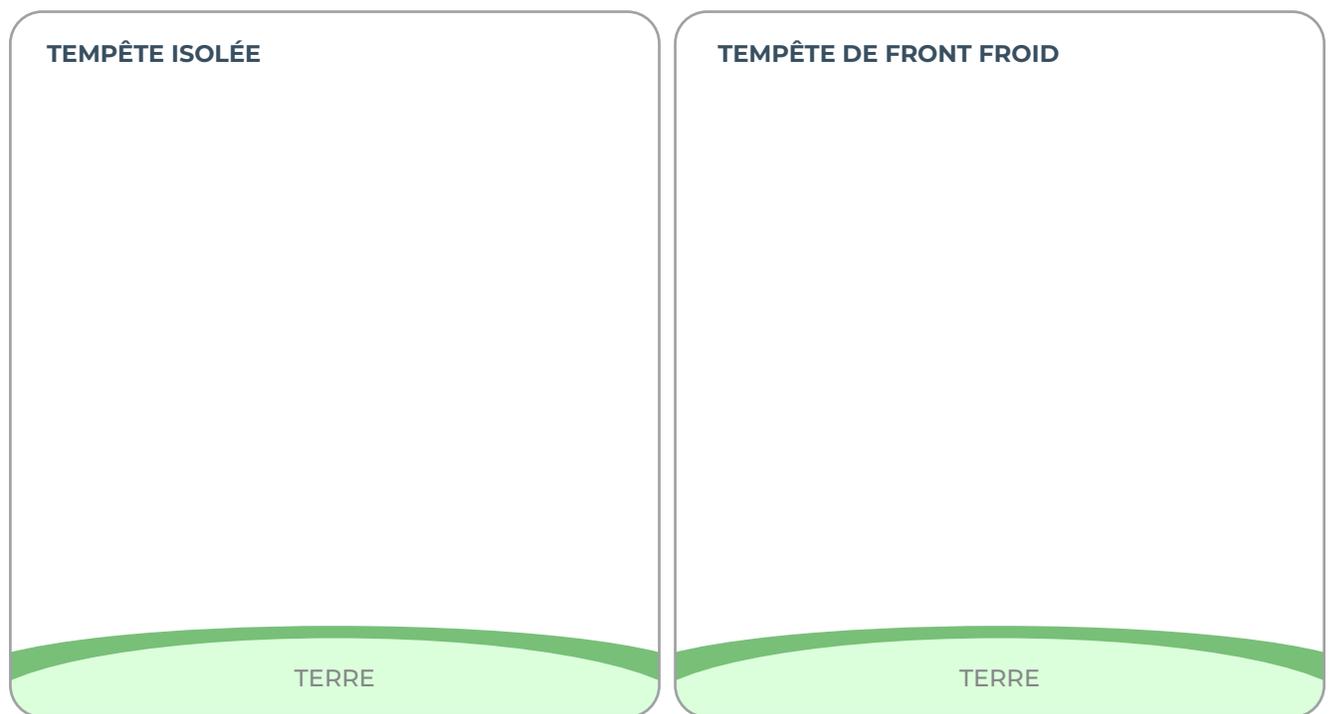
Qu'est-ce qui cause des précipitations le long d'un front froid?



ÉTAPE 5 : Comparons nos deux types de tempêtes : des tempêtes isolées et des tempêtes qui se forment le long d'un front froid.

Dessinez des modèles en section transversale pour expliquer comment des précipitations pourraient se produire dans chaque type de tempête.

- Servez-vous des autres modèles que vous avez créés et de la lecture dans la présente leçon pour vous aider à décider quoi dessiner.
- Indiquez où l'air est plus chaud et où il est plus frais.
- À l'aide de flèches, illustrez comment l'air se déplace.
- Montrez où les nuages se forment dans les deux types de tempêtes.



1. En quoi les tempêtes isolées et les tempêtes de front froid sont-elles similaires?

2. En quoi sont-elles différentes?

Qu'est-ce qui cause des précipitations le long d'un front froid?

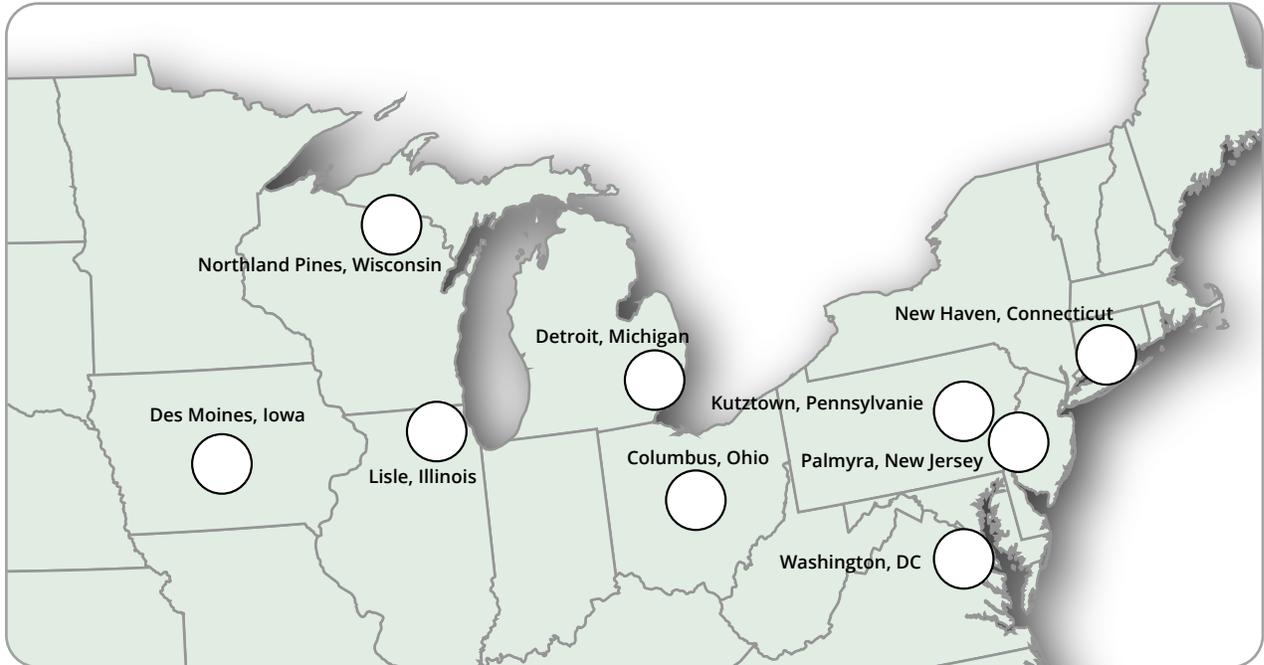


ÉTAPE 6 : Concentrez-vous sur l'ensemble grâce à notre modèle de front froid.

Votre professeur vous assignera à un groupe. Chaque membre de votre groupe inscrira les données météorologiques d'une journée sur une période de quatre jours, sur la carte de la page suivante. Vous mettrez ensuite les quatre cartes ensemble pour voir ce qui s'est passé lorsqu'un front froid a traversé cette région, le Midwest et le Nord-Est.

- 1. Choisissez une journée.** Chaque membre de votre groupe choisira une journée de données à inscrire. À la page suivante, entourez votre journée sur les tableaux Température maximale et Précipitations et indiquez la date sur votre carte.
- 2. Coloriez et étiquetez votre carte.**
 - a. Coloriez les endroits où la température est supérieure à 30 °C en ROUGE.
 - b. Coloriez les endroits où la température est égale ou inférieure à 30 °C en BLEU.
 - c. Dessinez des lignes de pluie obliques près de l'endroit s'il y a eu des précipitations.
 - d. Ajoutez les couleurs rouge et bleu à la clé.
- 3. Comparez les cartes.** Lorsque votre groupe aura rempli les quatre cartes, alignez-les dans l'ordre, du 8 septembre au 11 septembre.
- 4. Déterminez où se trouve le front froid.** Dessinez le front sur chaque carte à l'aide du symbole de la ligne bleue/du triangle bleu.
- 5. Déterminez où se trouve la masse d'air froid.** Ombrez la masse d'air froid en BLEU sur chaque carte.
- 6. Déterminez où se trouve la masse d'air chaud.** Ombrez la masse d'air chaud en ROUGE sur chaque carte.
- 7. Faites des observations sur la façon dont les masses d'air et le front se déplacent avec le temps.** Préparez-vous à discuter de vos idées.

Qu'est-ce qui cause des précipitations le long d'un front froid?



DATE :

-  Température maximale supérieure à 30 °C
-  Température maximale égale ou inférieure à 30 °C
-  Précipitations

TEMPÉRATURE MAXIMALE (°C)

	8/09/15	9/09/15	10/09/15	11/09/15
Des Moines, Iowa	27,8	27,8	28,9	21,1
Northland Pines, Wisconsin	25,4	22,7	19,6	16,9
Lisle, Illinois	31,7	23,3	25,6	19,6
Détroit, Michigan	31,2	30,1	24,7	25,8
Columbus, Ohio	32,7	30,9	26,1	28,2
Washington, DC	33,3	34,4	28,9	30,5
Palmyra, NJ	32,2	32,7	33,9	26
Kutztown, Pennsylvania	31,2	32,5	32,7	22
New Haven, Connecticut	32,8	30	25	26,7

PRÉCIPITATIONS (cm)

	8/09/15	9/09/15	10/09/15	11/09/15
Des Moines, Iowa	0,3	0	0	0
Northland Pines, Wisconsin	0,5	0,1	0	0,1
Lisle, Illinois	2,2	0	0,9	1,5
Détroit, Michigan	0	0,1	0	0,6
Columbus, Ohio	0	0	0	1,6
Washington, DC	0	0	0,3	0
Palmyra, New Jersey	0	0	3,6	0,1
Kutztown, Pennsylvania	0	0,6	3,6	0
New Haven, Connecticut	0	0	0	0

LEÇON 10

Qu'est-ce qui cause le déplacement des fronts?

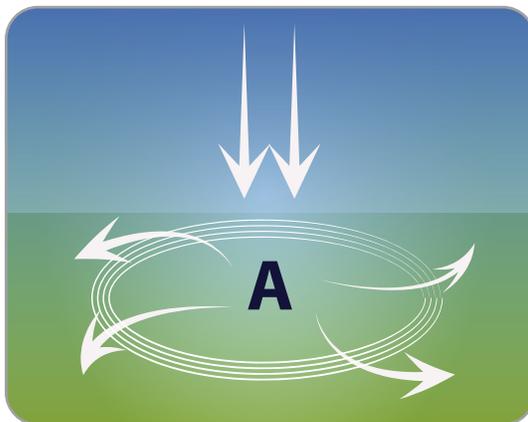
ÉTAPE 1 : Vous souvenez-vous de la pression atmosphérique? C'est plus compliqué.

Dans la leçon 5, vous avez appris que la pression atmosphérique provoque le déplacement de l'air.

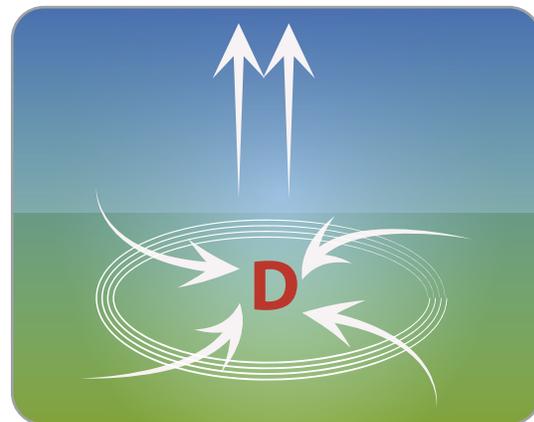
- L'air monte dans l'atmosphère quand la pression est plus basse.
- L'air descend dans l'atmosphère quand la pression est plus haute.

Vous avez appris comment l'air qui se déplace vers le haut ou le bas peut provoquer une petite tempête isolée. Il se peut que la même chose se produise sur de vastes étendues (la taille des grands États américains), et cela crée des vents qui peuvent déplacer les fronts.

La pression atmosphérique n'est pas toujours la même d'un endroit à un autre. À un endroit donné, la pression atmosphérique peut être légèrement plus basse, ce qui fait monter l'air. Ailleurs, la pression atmosphérique peut être légèrement plus élevée, ce qui fait descendre l'air.



Dans les zones où la pression est plus haute, l'air descend vers le bas et se propage vers l'extérieur une fois qu'il est arrivé sur le sol. Une zone de haute pression (ou anticyclone) est illustrée par un A bleu sur les cartes météorologiques.



Dans les zones où la pression est basse, comme l'air se déplace vers le haut, l'air qui est à proximité s'engouffre dans cet espace. Une zone de basse pression (ou système dépressionnaire) est illustrée par un D rouge sur les cartes météorologiques.

L'air qui se déplace rapidement vers une zone de basse pression tout en s'éloignant d'une zone de haute pression est à l'origine du vent.

Les mesures de la pression atmosphérique s'effectuent à l'aide d'un instrument appelé baromètre. Les baromètres utilisés pour les mesures météorologiques enregistrent la pression en unités appelées millibars (mb). La pression atmosphérique moyenne au niveau du sol est de 1 013,3 mb.



Qu'est-ce qui cause le déplacement des fronts?

ÉTAPE 3 : Analysez les données sur la pression à un endroit.

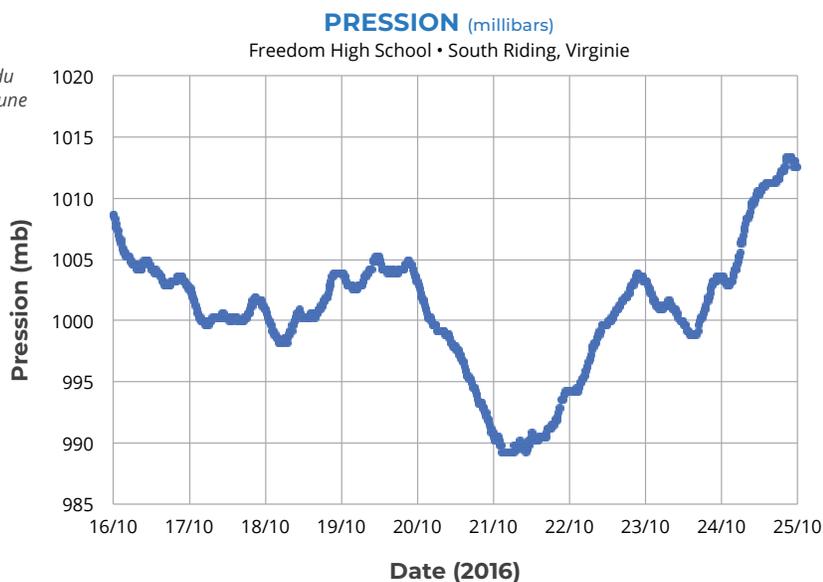
Dans la leçon 8, vous avez examiné les données météorologiques de la Freedom High School à South Riding, en Virginie, sur une période de 10 jours, alors qu'un front froid a traversé la région. Les données suivantes sur la pression ont été recueillies à la Freedom High School pendant cette même période de 10 jours. N'oubliez pas que le front froid est arrivé à la Freedom High School, tôt le 21 octobre.



Comment la pression a-t-elle changé avec le temps? Ajoutez les énoncés **Ce que je vois** et **Ce que cela signifie** pour décrire la pression avant, pendant et après le passage du front froid.



Remarque : Les lignes verticales du graphique indiquent midi à chacune des dates indiquées sur l'axe X.



1. Quand la pression barométrique était-elle la plus basse? Quand était-elle la plus élevée?
2. Écrivez une phrase décrivant l'endroit où la pression est la plus basse et où elle est la plus élevée autour d'un front froid.
3. Examinez les données sur le vent dans la leçon 8. Le moment le plus venteux pendant cette tempête correspond au moment où la pression était la plus basse. Écrivez une phrase pour expliquer pourquoi les vents s'élèvent lorsque la pression atmosphérique est basse.





Qu'est-ce qui pourrait bloquer un front?

Bien que le Colorado soit situé loin de l'océan et des autres grandes étendues d'eau, il y a eu une quantité anormalement élevée d'humidité dans l'air au-dessus de cet État, et la tempête n'a pas bougé pendant des jours, ce qui a entraîné des inondations en septembre 2013. Dans cette activité, vous allez examiner des informations sur la tempête. Votre objectif est de déterminer ce qui a entraîné autant d'humidité dans l'atmosphère et de concevoir un modèle pour démontrer pourquoi ce système de précipitations est demeuré si longtemps au-dessus du Colorado.

ÉTAPE 1 : Analysez les données sur la tempête du Colorado.

En vous servant du tableau des totaux quotidiens de pluie collectés pendant la tempête à la Centennial Middle School à Boulder, dans le Colorado, choisissez parmi les affirmations suivantes, celle qui selon vous est vraie concernant la tempête qui s'est abattue sur le Colorado en septembre 2013.

DATE	PLUIE* (mm)
10/09/2013	23,9
11/09/2013	35,1
12/09/2013	214,1
13/09/2013	84,1
14/09/2013	0,8
15/09/2013	4,8
16/09/2013	36,8

*Les totaux d'accumulation de pluie sont tous pour la tempête du Colorado, qui a duré sept jours.

- La tempête du Colorado de septembre 2013 était une tempête isolée.
 - La tempête du Colorado de septembre 2013 était un front froid.
 - La tempête du Colorado de septembre 2013 était différente d'une tempête isolée ou d'un front froid.
1. Expliquez pourquoi l'affirmation que vous avez choisie est vraie. Fournissez des preuves à l'appui de votre affirmation.

Qu'est-ce qui pourrait bloquer un front?

ÉTAPE 2 : Interprétez le rapport sur la tempête.

Lisez le rapport ci-dessous pour obtenir des informations sur la manière dont l'air et l'humidité se déplaçaient, et sur l'endroit où la pluie tombait pendant la tempête.

RAPPORT SUR LA TEMPÊTE

▶ **Haute pression :** Il y avait un système de haute pression (anticyclone) au nord, au-dessus du Wyoming, qui a poussé une masse d'air froid vers le sud, et un système de haute pression au sud, au-dessus du Mexique, ainsi qu'à l'est sur le Tennessee et dans les environs. Cela a provoqué l'immobilisation du front au-dessus du Colorado.

▶ **Basse pression et humidité :** Un système de basse pression (système dépressionnaire) dans l'Utah et dans le Nevada a attiré l'air chaud et humide du golfe du Mexique et du Pacifique oriental dans la tempête.

▶ **L'effet des montagnes :** Alors que l'air se déplaçait dans la partie orientale des montagnes Rocheuses, il a formé des nuages, puis de la pluie, et est demeuré stationnaire pendant plusieurs jours.

Créez un modèle pour la tempête : Servez-vous des symboles de la clé et des informations contenues dans le rapport sur la tempête pour concevoir un modèle. Indiquez sur le modèle la direction dans laquelle l'air se déplace selon les zones de haute et de basse pression, ainsi que l'endroit d'où provient l'air humide qui a causé la tempête.



CLÉ :

D

le centre d'une zone de basse pression

A

le centre d'une zone de haute pression



front froid



zone de pluie
(choisissez une couleur)

Qu'est-ce qui pourrait bloquer un front?

ÉTAPE 3 : À l'aide de votre modèle, expliquez ce qui s'est passé dans le Colorado.

À l'aide de votre modèle de la tempête du Colorado, répondez aux questions ci-dessous.

1. D'où l'humidité provenait-elle pendant la tempête?
2. Quels types de masses d'air ont interagi dans la tempête? Quelle masse d'air a porté l'humidité pendant la tempête?
3. Qu'est-ce qui a causé les précipitations sur le front?
4. Pourquoi le front a-t-il stagné, causant plusieurs jours de pluie abondante dans certaines régions du Colorado?

▶ SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE 3

LEÇON
12

Comment les tempêtes se déplacent-elles dans le monde?

LEÇON
13

Pourquoi fait-il plus chaud à l'équateur qu'à d'autres endroits sur Terre?

LEÇON
14

Comment et pourquoi l'air se déplace-t-il sous les tropiques?

LEÇON
15

Lorsque l'air et les tempêtes se déplacent, pourquoi suivent-ils une trajectoire courbe?

LEÇON
12

Comment les tempêtes se déplacent-elles dans le monde?

**ÉTAPE 1 : Comment les tempêtes se déplacent-elles en Amérique du Nord?**

Regardez la vidéo des tempêtes qui se déplacent en Amérique du Nord et dessinez des flèches sur la carte ci-dessous pour illustrer les schémas des tempêtes que vous observez.

Dessinez des flèches pour indiquer la direction dans laquelle chaque tempête traverse cette région.

**ÉTAPE 2 : Pourquoi ce schéma est-il important?**

Expliquez ci-dessous pourquoi il serait utile de comprendre les schémas du mouvement des tempêtes.



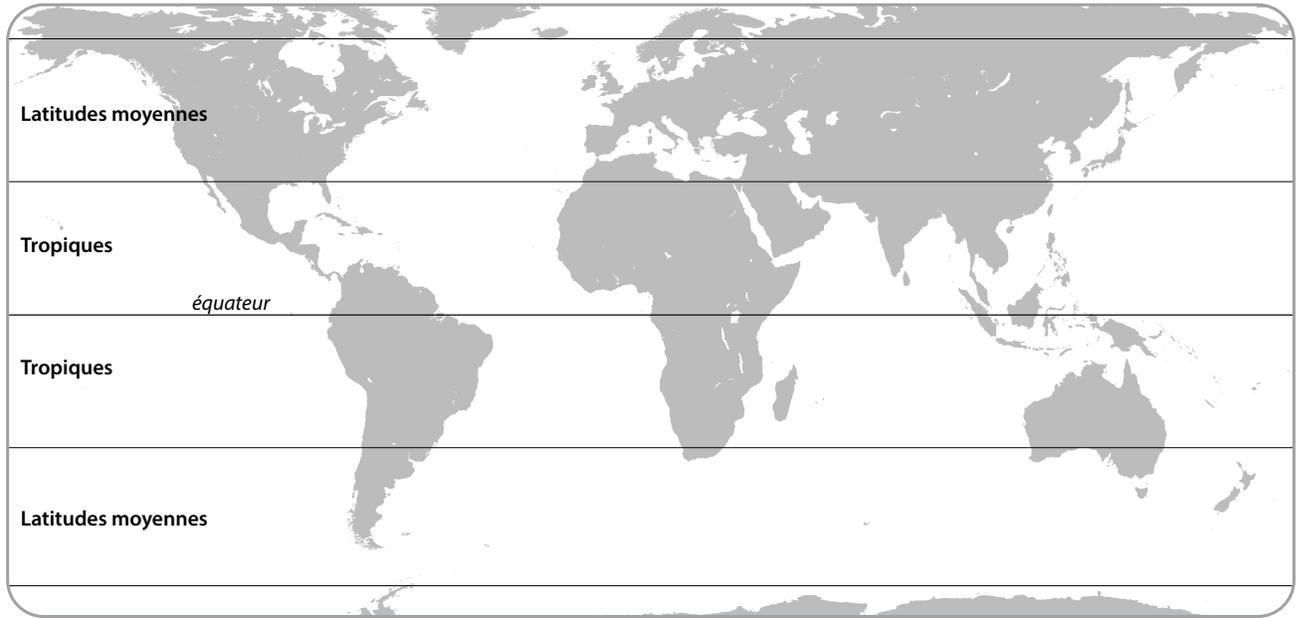
Comment les tempêtes se déplacent-elles dans le monde?



ÉTAPE 3 : Observez le déplacement des précipitations dans le monde.

Regardez une vidéo de tempêtes qui se déplacent dans le monde. Comment les tempêtes se déplacent-elles près de l'équateur? Sous les tropiques? Aux latitudes moyennes?

Dessinez des flèches et écrivez sur la carte ci-dessous pour noter vos observations sur le déplacement des tempêtes à partir de la vidéo.



ÉTAPE 4 : Discutez de vos observations.

Discutez des questions suivantes avec vos camarades et notez vos réponses ci-dessous. Soyez prêt à partager vos idées dans une discussion de classe.

1. Quels schémas avez-vous remarqué sur la façon dont les précipitations se déplacent dans le monde?

2. Quelles questions avez-vous à propos de ces schémas?

LEÇON
13

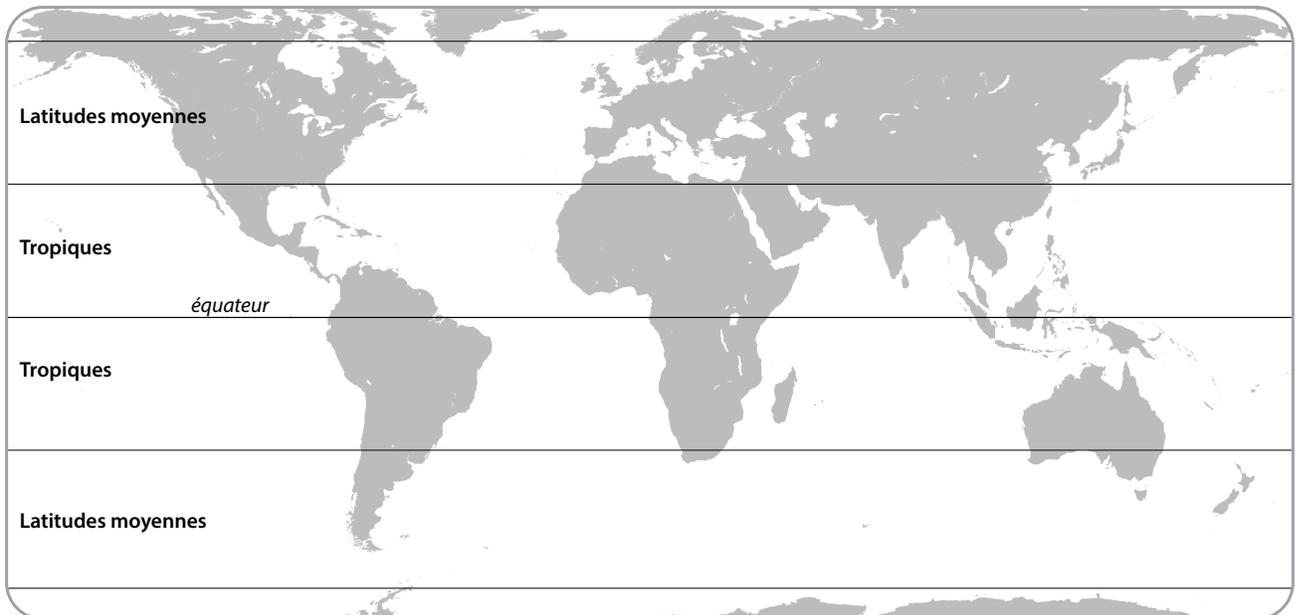
Pourquoi fait-il plus chaud à l'équateur qu'à d'autres endroits sur Terre?

**ÉTAPE 1 : Observez des schémas de températures moyennes annuelles.**

Regardez attentivement la diapositive Températures moyennes mondiales.

1. Où les températures sont-elles plus froides?
2. Où sont-elles plus chaudes?
3. Quels schémas remarquez-vous?

Dessinez et écrivez vos réponses à ces questions sur la carte ci-dessous.



Notez vos idées sur la raison pour laquelle il fait plus chaud à l'équateur qu'à d'autres endroits sur Terre.



Pourquoi fait-il plus chaud à l'équateur qu'à d'autres endroits sur Terre?



ÉTAPE 2 : Observez les angles de propagation de l'énergie.

Travaillez en groupes de trois pour étudier ce qui arrive à la lumière lorsqu'elle brille sur le papier millimétré à différents angles. Préparez-vous à discuter de vos idées.

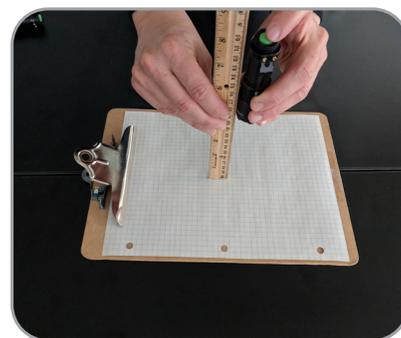
Matériel : Un presse-papiers ou une surface plane, une lampe de poche, une règle, une feuille de papier millimétré, un crayon

Que représente la lampe de poche dans cette étude?

Que représente le presse-papiers dans cette étude?

INSTRUCTIONS :

1. Décidez qui tiendra la lampe de poche et la règle, qui tiendra le presse-papiers et qui prendra des notes.
2. Placez un morceau de papier millimétré sur votre presse-papiers et posez-le à plat sur la table.
3. Pour étudier ce qui arrive à la lumière qui brille à différents angles sur une surface, suivez les étapes suivantes :
 - a. Allumez la lampe de poche et maintenez-la directement au-dessus du presse-papiers.
 - b. Ajustez la distance entre la lampe de poche et le presse-papiers afin que la lumière brille entièrement sur le papier millimétré, avec beaucoup d'espace sur les bords. Servez-vous de la règle pour mesurer la distance. *Remarque : Cette distance variera selon la luminosité de votre lampe de poche, mais essayez à environ 4 à 5 cm et rapprochez-la plus ou moins si nécessaire.*
 - c. Le preneur de notes trace les bords du motif lumineux sur le papier millimétré. Assurez-vous que la lampe de poche est pointée vers le bas lorsque vous prenez cette mesure!
 - d. Étiquetez cette image « directe ».
 - e. Ensuite, inclinez le presse-papiers de façon à ce que la lumière brille sur le papier millimétré à un angle, comme illustré sur l'image à droite. N'oubliez pas de maintenir la lampe de poche à la même distance du presse-papiers que lorsque vous avez effectué la mesure « directe » (Servez-vous de la règle!). Encore une fois, assurez-vous que la lampe de poche pointe directement vers le bas en direction de la table comme lorsque vous avez effectué la mesure « directe ».
 - f. Le preneur de notes trace le nouveau motif lumineux sur le papier millimétré.
 - g. Étiquetez la nouvelle image « inclinée ».
 - h. Maintenant, inclinez le presse-papiers à différents angles et observez ce qui arrive à la lumière. Vous n'avez pas à noter ces images. Remarquez simplement ce qui arrive à la lumière lorsqu'il y a moins d'inclinaison (moins d'angle) par rapport à plus d'inclinaison (angle plus grand).



DIRECTEMENT



INCLINÉ



DISCUTEZ AVEC VOTRE GROUPE :

- Décrivez comment le schéma de la lumière change lorsque le presse-papiers passe de plat à incliné.
- Observez-vous une différence dans la luminosité de la lampe?
- Pensez à la quantité d'énergie lumineuse de la lampe de poche qui éclaire un carré particulier sur le papier millimétré. Comment cela change-t-il lorsqu'on modifie l'angle du presse-papiers?

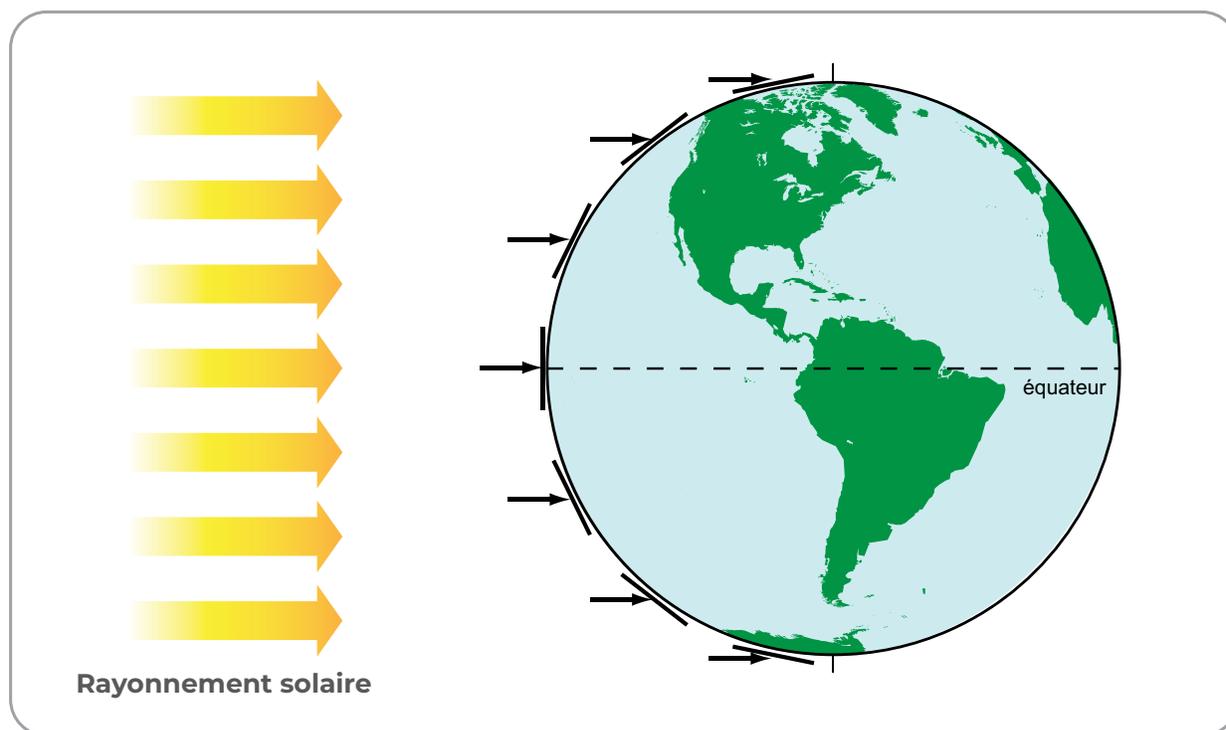


Pourquoi fait-il plus chaud à l'équateur qu'à d'autres endroits sur Terre?

ÉTAPE 3 : Pensez à l'énergie entrante du soleil.

Servez-vous de l'image ci-dessous pour réfléchir à l'endroit où le rayonnement solaire (la lumière du soleil) est plus direct et où il est plus répandu sur la surface de la Terre. Ensuite répondez aux questions ci-dessous.

L'ÉNERGIE ENTRANTE DU SOLEIL - ANGLE LIÉ À LA LATITUDE



1. Quelle zone reçoit plus de lumière solaire concentrée? Quelles sont vos preuves?
2. Quelle zone reçoit moins de lumière solaire concentrée? Quelles sont vos preuves?
3. Comment la concentration de lumière solaire influence-t-elle les températures? Quelles sont les zones plus chaudes? Quelles sont les zones plus froides?



Pourquoi fait-il plus chaud à l'équateur qu'à d'autres endroits sur Terre?



ÉTAPE 4 : Analysez la température et la latitude.

Votre professeur vous remettra des tableaux de température maximale quotidienne. Les étudiants d'écoles en Finlande, dans le Vermont (États-Unis), en Arizona (États-Unis), en Arabie saoudite et au Sri Lanka ont recueilli ces données. Travaillez en groupe pour faire correspondre les tableaux à l'endroit où vous pensez que les données ont été recueillies. Servez-vous des indices ci-dessous pour vous aider à décider de la manière dont les graphiques et les endroits correspondent :

INDICE 1 : Les différences saisonnières sont plus fortes à une latitude plus élevée (plus loin de l'équateur). Au niveau ou à proximité de l'équateur, il n'y a généralement pas de différences saisonnières dans la température.

INDICE 2 : Les températures sont plus chaudes à basse latitude (près de l'équateur) qu'à haute latitude (loin de l'équateur).

	TABLEAU (lettre)	TEMPÉRATURE MAXIMALE LA PLUS BASSE	TEMPÉRATURE MAXIMALE LA PLUS ÉLEVÉE	DIFFÉRENCE DE TEMPÉRATURE (la plus élevée moins la plus basse)
Finlande				
Voici pourquoi je pense que la Finlande correspond à ce tableau :				
Vermont, États-Unis				
Voici pourquoi je pense que le Vermont correspond à ce tableau :				
Arizona, États-Unis				
Voici pourquoi je pense que l'Arizona correspond à ce tableau :				
Arabie saoudite				
Voici pourquoi je pense que l'Arabie saoudite correspond à ce tableau :				
Sri Lanka				
Voici pourquoi je pense que le Sri Lanka correspond à ce tableau :				

LEÇON 14

Comment et pourquoi l'air se déplace-t-il sous les tropiques?

ÉTAPE 1 : Concevez un modèle.

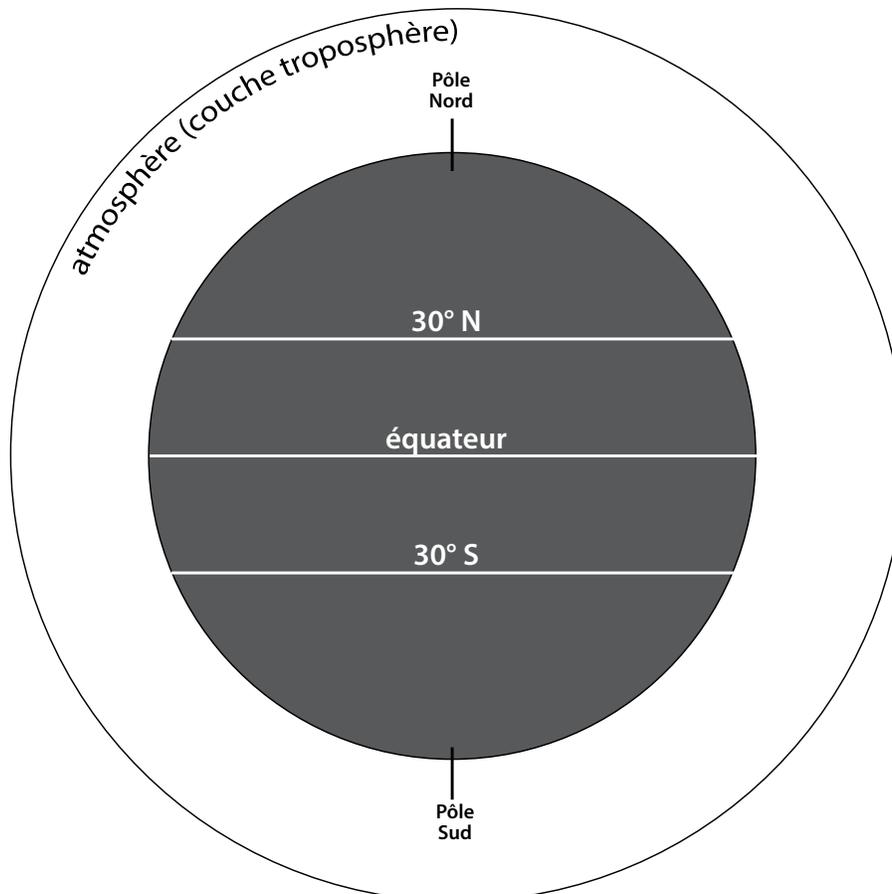
Comment pensez-vous que l'air se déplace sous les tropiques entre 30° N et 30° S? Pourquoi? Notez vos idées initiales sur l'image ci-dessous.

Les différences de température causent le déplacement de l'air dans le monde.

- À certains endroits, les températures chaudes font grimper l'air de la surface terrestre plus haut dans l'atmosphère.
- À d'autres endroits, des températures plus froides font descendre l'air de l'atmosphère vers la surface de la Terre.

Transposez ces idées dans l'illustration de l'atmosphère de la Terre ci-dessous. Sur l'illustration, l'atmosphère est exagérée.

1. **Dessinez des flèches dans la couche troposphère de l'atmosphère** pour indiquer où l'air monte. Rappelez-vous que l'air chaud monte.
2. L'air ne peut pas monter indéfiniment. **Dessinez des flèches** pour indiquer où va l'air qui monte quand il se trouve au sommet de la troposphère.
3. Aux latitudes 30° N et 30° S, l'air est plus froid qu'à l'équateur. **Dessinez des flèches** dans l'atmosphère pour indiquer ce qui arrive à l'air plus froid.





ÉTAPE 2 : Enquêtez sur le mouvement de l'air à la surface de la Terre.

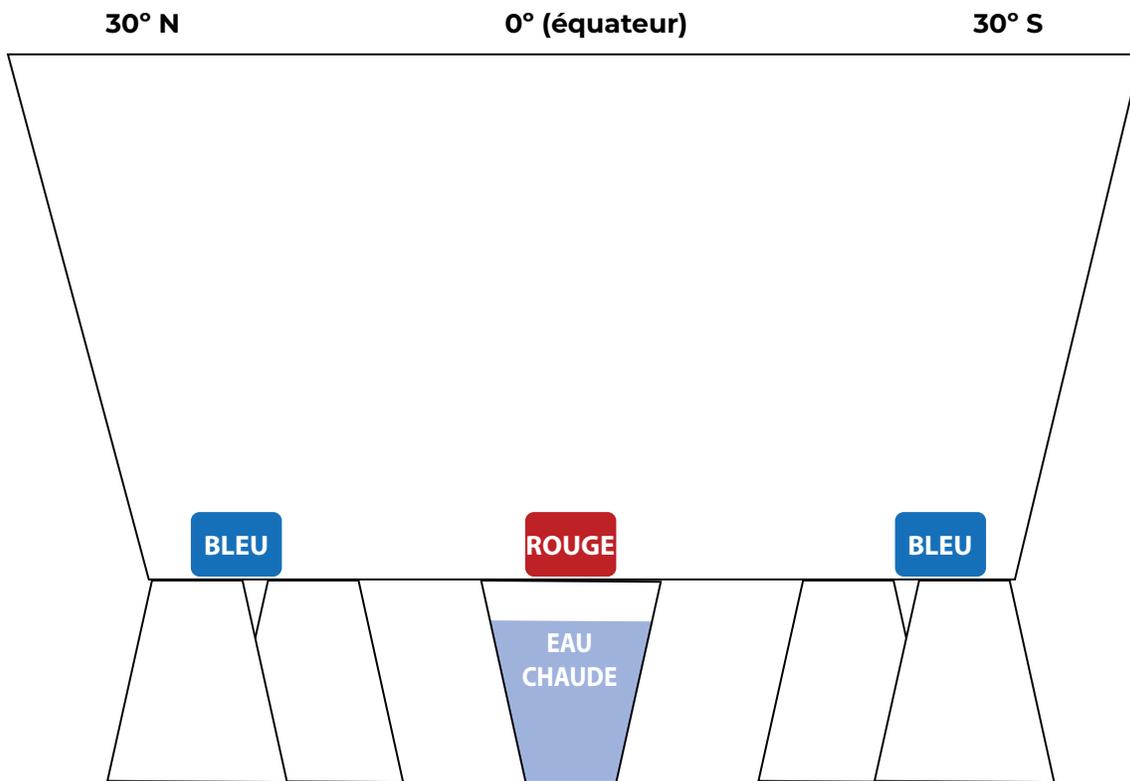
Écrivez, à deux, un énoncé qui relie la démonstration du réservoir d'eau au monde réel et explique pourquoi ils sont semblables. La première partie du modèle est complétée pour vous donner un exemple.

PARTIE DU MODÈLE		PARTIE DU MONDE RÉEL		POURQUOI SONT-ILS SEMBLABLES?
L'eau dans le réservoir	<i>est comme</i>	<i>l'atmosphère terrestre</i>	<i>parce que</i>	<i>l'eau dans le bac en plastique transparent représente l'air entourant la Terre. L'air et l'eau sont tous les deux des fluides, donc ils se comportent de la même manière.</i>
Le colorant alimentaire rouge	<i>est comme</i>		<i>parce que</i>	
Le colorant alimentaire bleu	<i>est comme</i>		<i>parce que</i>	
La tasse d'eau bouillante	<i>est comme</i>		<i>parce que</i>	
Le fond du bac d'eau en plastique transparent	<i>est comme</i>		<i>parce que</i>	



ÉTAPE 3 : Notez vos observations sur le mouvement de l'eau.

Dessinez la manière dont l'eau se déplace dans le réservoir.

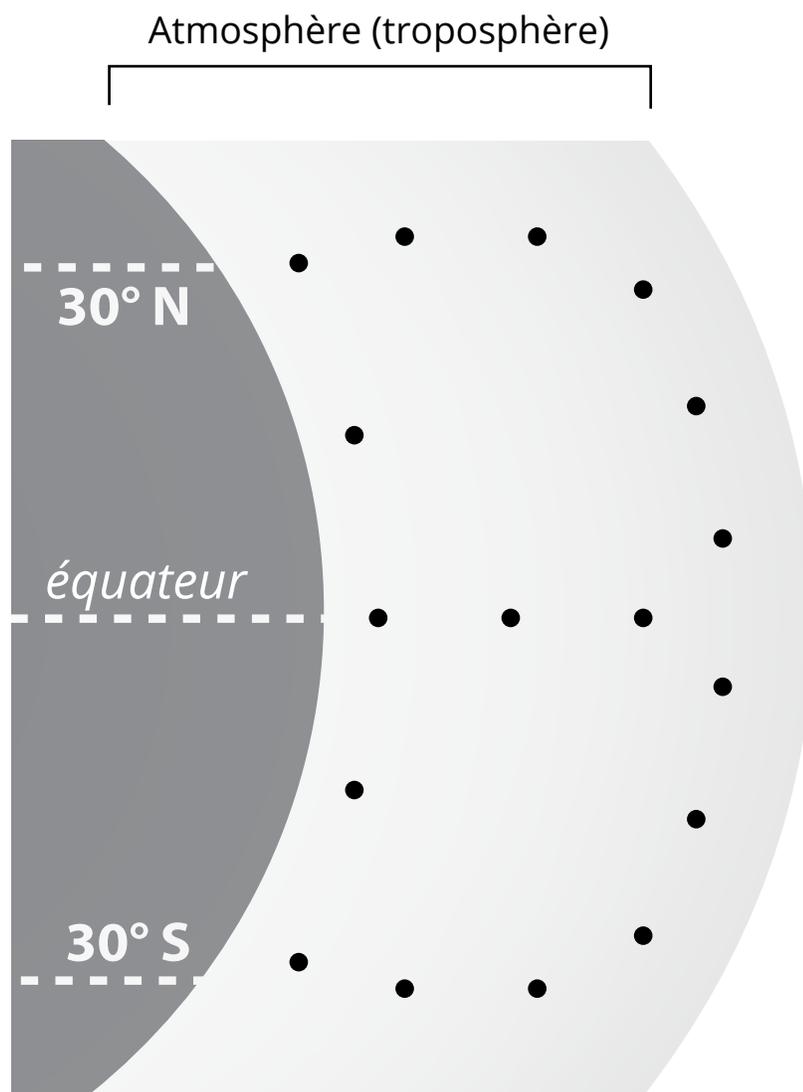


NOTEZ VOS OBSERVATIONS <i>Je remarque...</i>	NOTEZ VOS IDÉES SUR LES RAISONS <i>Je pense...</i>	NOTEZ VOS QUESTIONS <i>Je me demande...</i>



ÉTAPE 4 : Décrivez comment et pourquoi l'air se déplace sous les tropiques.

Concentrez-vous sur la manière dont l'air se déplace sous les tropiques (entre 30° N et 30° S de l'équateur). Dessinez des flèches pour relier les points et montrer comment l'air se déplace dans l'atmosphère, tout comme l'eau s'est déplacée dans le réservoir d'eau.



Écrivez une légende pour décrire le mouvement de l'air dans le modèle ci-dessus.



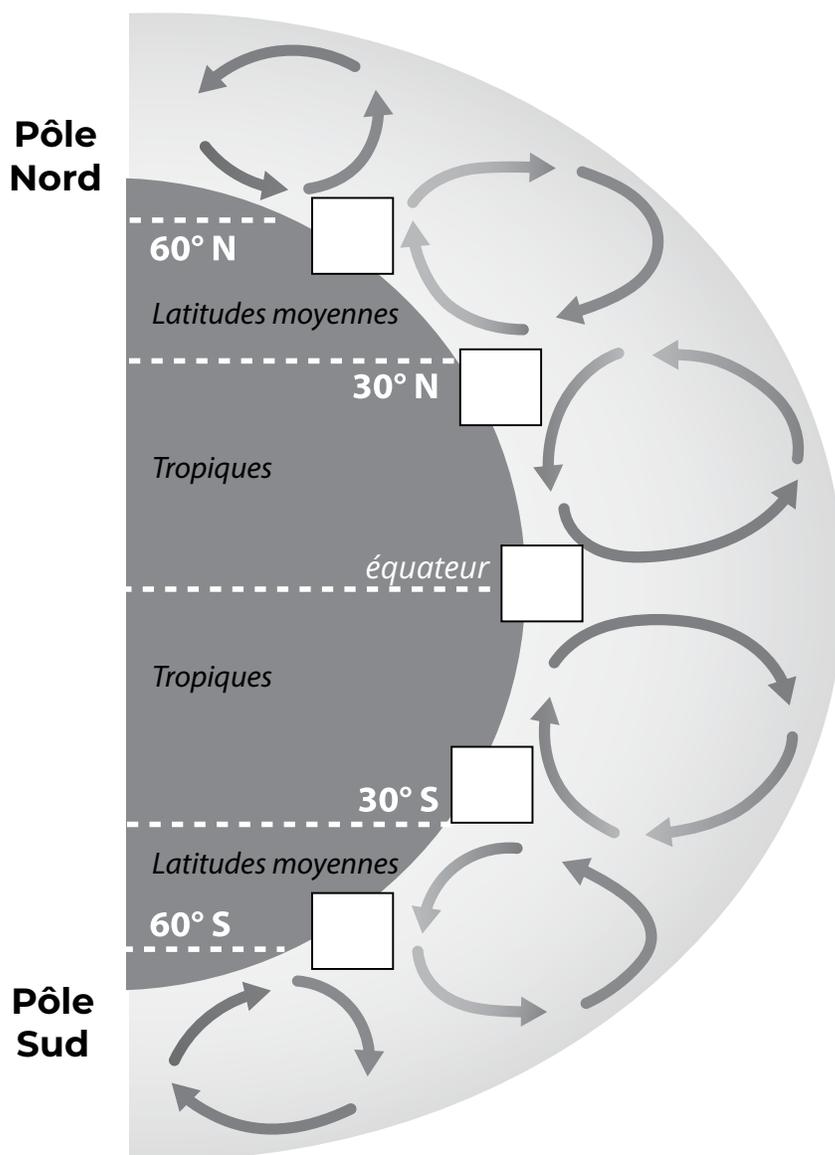
ÉTAPE 5 : Créez un modèle pour décrire la pression atmosphérique et les nuages à différentes latitudes.

Passez en revue le diagramme suivant sur la manière dont l'air se déplace dans le monde.

D Mettez un « D » dans les cases blanches où la pression serait basse.

A Mettez un « A » dans les cases blanches où la pression serait haute.

 Dessinez des nuages aux endroits où la pression est basse, là où ils sont susceptibles de se former.



LEÇON
15

Lorsque l'air et les tempêtes se déplacent, pourquoi suivent-ils une trajectoire courbe?

ÉTAPE 1 : Comparez le mouvement d'une tempête avec votre modèle.



Regardez de nouveau la vidéo *Chutes de neige et de pluie dans le monde* de la leçon 12, cette fois-ci, en concentrant vos observations sur le mouvement des tempêtes sous les tropiques. Ci-dessous, comparez le mouvement que vous voyez dans la vidéo à la façon dont vous pourriez prévoir le déplacement des tempêtes en fonction de votre modèle sur le mouvement de l'air sous les tropiques (à partir de la fin de la leçon 14).

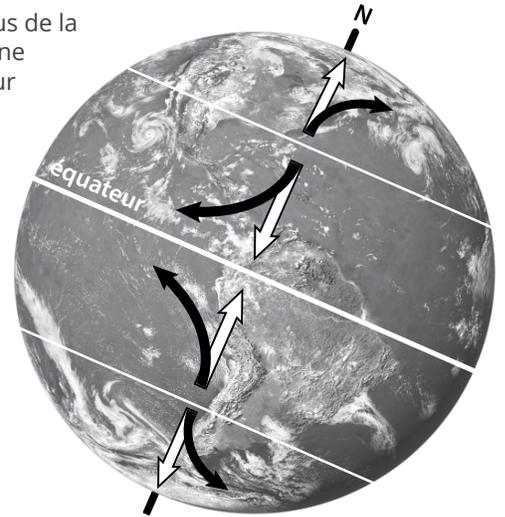
1. Quel type de mouvement avez-vous observé dans la vidéo qui n'est pas expliqué par votre modèle?



Lorsque l'air et les tempêtes se déplacent, pourquoi suivent-ils une trajectoire courbe?

ÉTAPE 2 : Découvrir la force de Coriolis.

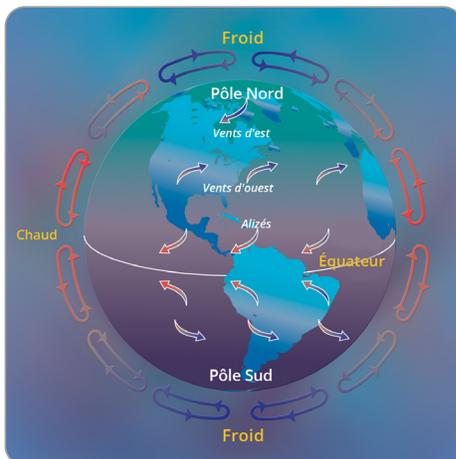
Parce que la Terre tourne, l'air ne se déplace pas en ligne droite au-dessus de la surface (comme les flèches blanches sur l'image à droite). L'air a plutôt une trajectoire incurvée (comme les flèches noires). L'air au nord de l'équateur tourne vers la droite à mesure qu'il se déplace. L'air au sud de l'équateur tourne vers la gauche à mesure qu'il se déplace. C'est ce que l'on appelle la **force de Coriolis**.



S'ARRÊTER ET AGIR

Faites un modèle de la force de Coriolis.

- Faites un modèle de la Terre.
 - Gonflez le ballon.
 - Dessinez un équateur autour du point le plus large.
 - Dessinez des lignes autour du ballon, là où les lignes des latitudes 30° N et 30° S se trouveraient.
- Simulez la manière dont l'air sous les tropiques se déplacerait si la Terre ne tournait pas.
 - Élève 1 : maintenir le ballon devant vous de sorte que les lignes de l'équateur et de la latitude soient parallèles au sol.
 - Élève 2 : dessiner une flèche à partir de la latitude 30° N, en direction de l'équateur.
- Simulez la façon dont l'air bouge avec la rotation de la Terre.
 - Élève 1 : faire tourner lentement le ballon dans le sens inverse des aiguilles d'une montre pour reproduire la rotation de la Terre sur son axe. (Regardez le ballon du dessus pour déterminer quelle direction est dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.)
 - Élève 2 : dessiner une autre flèche en commençant par le même point qu'avant et en essayant d'arriver à l'équateur.



Pourquoi l'air se déplace-t-il dans différentes directions sous les tropiques et aux latitudes moyennes?

La terre est toujours en mouvement. La terre pivote ou tourne, en faisant un tour complet toutes les 24 heures. Si la Terre ne tournait pas, l'air monterait au niveau de l'équateur et descendrait au niveau des pôles. Mais, parce que la Terre tourne, il y a trois zones de convection au nord de l'équateur et trois au sud de l'équateur. La convection entraîne le mouvement des vents à la surface de la Terre, vers l'équateur sous les tropiques, loin de l'équateur aux latitudes moyennes, et vers l'équateur autour de chaque pôle. Ces vents sont appelés **vents dominants**. Les vents dominants suivent une trajectoire courbe à cause de la force de Coriolis. Les vents aux latitudes moyennes suivent une trajectoire courbe allant d'ouest en est. Les vents sous les tropiques se déplacent généralement d'est en ouest.

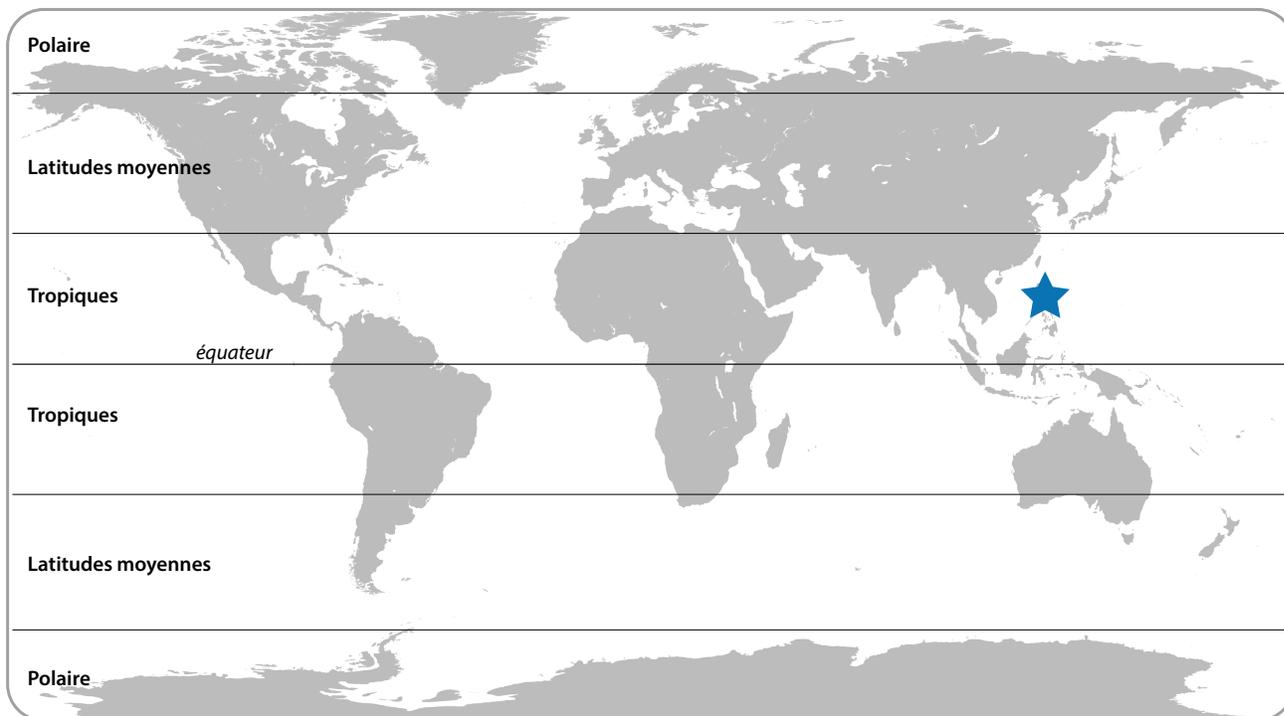


Lorsque l'air et les tempêtes se déplacent, pourquoi suivent-ils une trajectoire courbe?

ÉTAPE 3 : Apportez une explication.

À l'aide du modèle de déplacement de l'air sous les tropiques que vous avez conçu et de ce que vous avez appris sur la force de Coriolis, expliquez la direction que les tempêtes vont probablement prendre dans les Philippines (représenté par une étoile ci-dessous) et à l'endroit où vous vivez.

- Dessinez une flèche sur la carte pour indiquer la direction que prennent habituellement les tempêtes aux Philippines (emplacement étoilé).
- Dessinez un symbole différent sur la carte pour indiquer l'endroit où vous vivez. Ensuite, dessinez une flèche pour indiquer la direction que prennent habituellement les tempêtes là où vous vivez.



1. Expliquez pourquoi vous pensez que les tempêtes traversent les Philippines dans une direction particulière.

2. Expliquez pourquoi vous pensez que les tempêtes proviendront d'une direction particulière là où vous vivez.



▼▼▼
TÂCHE FINALE

TÂCHE FINALE : Défi 1

Tempête en Californie

TÂCHE FINALE : Défi 2

Où est la neige?

TÂCHE FINALE : Défi 3

Nous vous avertissons

TÂCHE FINALE : Défi 1

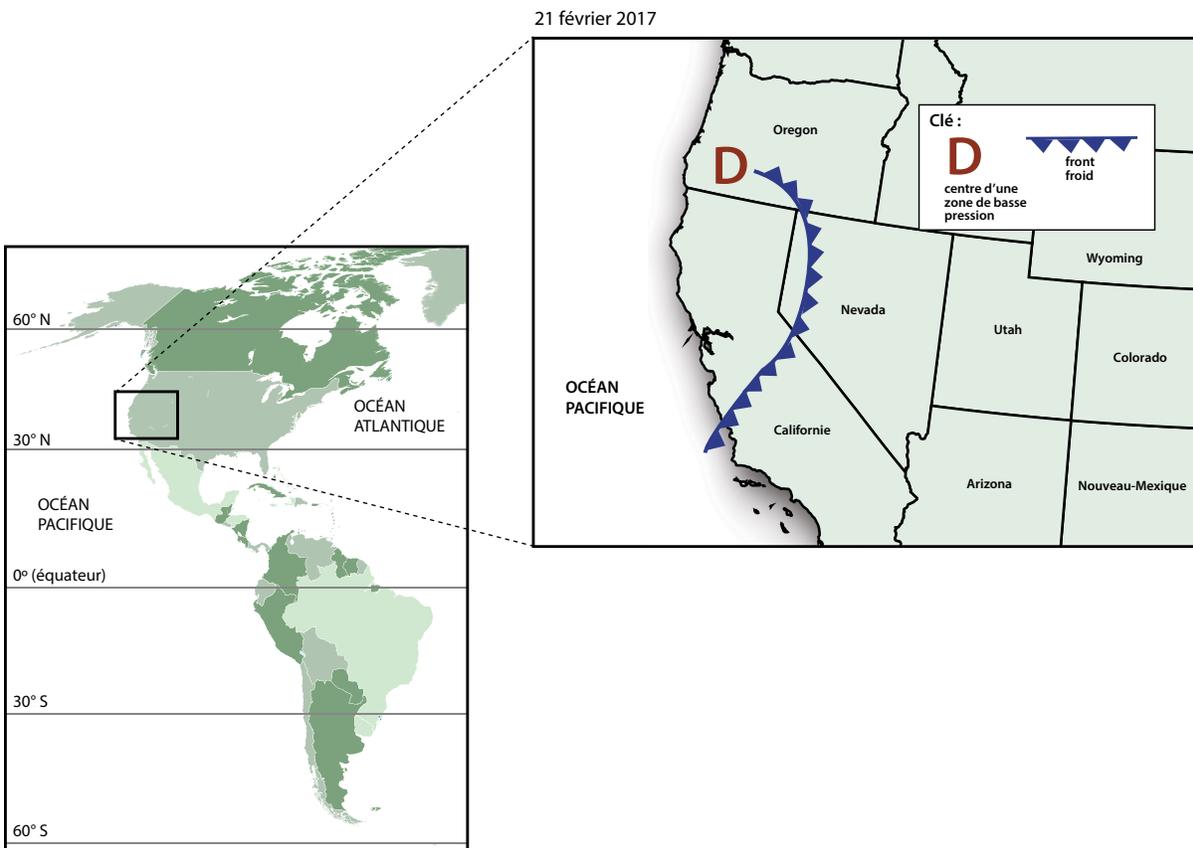
En Californie, pourquoi la tempête a-t-elle été accompagnée de pluie à certains endroits et de neige à d'autres?

Le 2 février 2017, une tempête a traversé la Californie, sur la côte ouest des États-Unis. La tempête était accompagnée de précipitations extrêmes qui ont causé des inondations et des coulées de boue à certains endroits, ainsi que d'abondantes chutes de neige dans les zones montagneuses de la Californie.

USA TODAY :

La Californie du Nord déjà durement touchée est dévastée par une nouvelle tempête

« Le service météorologique national des É.-U. annonçait jusqu'à 200 millimètres de pluie pour certaines parties de la région lundi et mardi. Dans certaines zones, les rafales de vent pourraient atteindre plus de 100 km/h. Les avertissements d'inondation pour quelques rivières pourraient durer jusqu'à la fin de la semaine (cela pour un État qui, il y a deux mois, était en proie à une grave sécheresse). De fortes chutes de neige étaient prévues dans les montagnes de la Sierra Nevada, où les totaux sont mesurés en mètres et non en centimètres. »



En Californie, pourquoi la tempête a-t-elle été accompagnée de pluie à certains endroits et de neige à d'autres?



ÉTAPE 1 : Analysez la tempête en Californie.

À l'aide des cartes de la page précédente et de ce que vous avez appris sur les tempêtes, répondez aux questions ci-dessous.

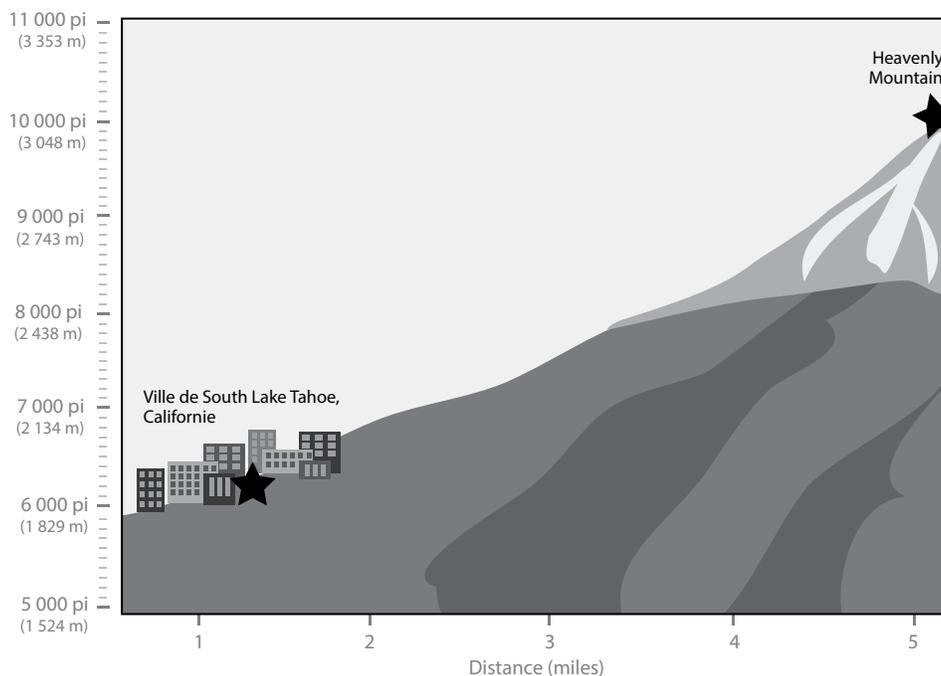
1. D'après ce que vous avez appris sur les vents mondiaux, où pensez-vous que le front froid était situé avant qu'il ne passe au-dessus de la Californie?
2. Pour qu'une tempête provoque de la pluie et de la neige, l'air doit retenir l'humidité. D'où pensez-vous que l'humidité dans cette tempête provenait avant de se retrouver dans l'atmosphère? Réfléchissez à ce que vous savez sur le cycle de l'eau au moment de répondre.
3. D'après ce que vous avez appris sur les fronts froids et les symboles sur la carte météo de la page précédente, où pensez-vous que la tempête passera ensuite? Comment le savez-vous?

En Californie, pourquoi la tempête a-t-elle été accompagnée de pluie à certains endroits et de neige à d'autres?



ÉTAPE 2 : Plus de détails sur la tempête en Californie : Le 21 février 2017, la ville de South Lake Tahoe, en Californie, a reçu 61 mm (2,4 pouces) de pluie. Pendant ce temps, le sommet voisin de Heavenly Mountain recevait 61 cm (24 pouces) de neige.

- De quels renseignements auriez-vous besoin pour décider si de la pluie ou de la neige tombera pendant une tempête? Expliquez votre réponse.
- Regardez ci-dessous la section transversale montrant la ville de South Lake Tahoe et Heavenly Mountain. Servez-vous de ce que vous savez sur l'atmosphère pour expliquer pourquoi il a neigé sur la Heavenly Mountain, alors qu'il a plu dans la ville de South Lake Tahoe.
- Dessinez sur la section transversale ci-dessous.
 - Indiquez où l'atmosphère est plus froide et où elle est plus chaude.
 - Indiquez l'endroit où il a plu et l'endroit où il a neigé. Indiquez également où un mélange de pluie/neige peut s'être abattu au sol.
 - Indiquez s'il y a des endroits pour lesquels vous souhaiteriez obtenir des informations supplémentaires afin de savoir si la pluie, la neige ou un mélange de pluie/neige est tombé.



TÂCHE FINALE : Défi 2

À mesure que la tempête s'est déplacée vers l'est, pourquoi a-t-il neigé à certains endroits mais pas à d'autres?

Au bout de quelques jours, le front froid et le centre de basse pression se sont déplacés. Du 20 au 22 février, la tempête s'est progressivement déplacée de la Californie vers le Nevada. Puis, le 23 février, la tempête s'est déplacée plus rapidement vers l'est et le sud. Au milieu du pays, les températures étaient assez froides pour qu'il neige.



À mesure que la tempête s'est déplacée vers l'est, pourquoi a-t-il neigé à certains endroits mais pas à d'autres?

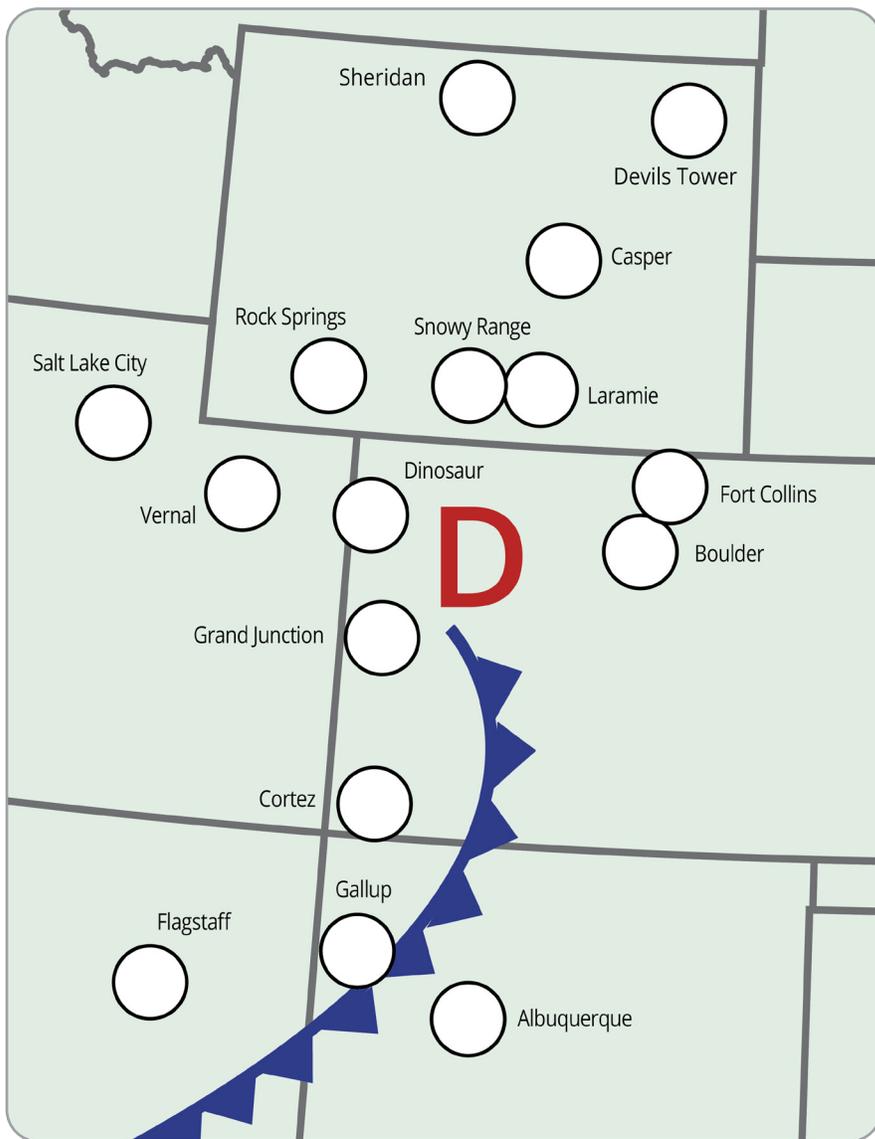
ÉTAPE 1 : Recensez les données sur les chutes de neige.

Vous trouverez ci-dessous le rapport sur les chutes de neige pour les communautés indiquées sur la carte.

- Localisez les communautés sur la carte et **inscrivez la quantité de neige** dans les cercles.

CHUTE DE NEIGE : 23 FÉVRIER 2017

LIEU	NEIGE (CM)
Rock Springs, Wyoming	45,7
Laramie, Wyoming	7,6
Snowy Range, Wyoming	61,0
Sheridan, Wyoming	1,3
Devils Tower, Wyoming	0
Casper, Wyoming	13,7
Dinosaur, Colorado	19,1
Grand Junction, Colorado	0
Fort Collins, Colorado	3,8
Boulder, Colorado	1,3
Cortez, Colorado	0
Flagstaff, Arizona	0
Salt Lake City, Utah	8,6
Vernal, Utah	17,8
Gallup, Nouveau-Mexique	0
Albuquerque, Nouveau-Mexique	0



D

Le centre d'une zone de basse pression



front froid



neige

ÉTAPE 2 : Où les écoles pourraient-elles fermer?

Les écoles peuvent fermer s'il y a d'abondantes chutes de neige.

Trouvez les endroits où vous pensez que les écoles ont fermé à cause de la neige. **Coloriez ces endroits de couleur claire** sur la carte pour voir facilement où il y a eu le plus de neige.



À mesure que la tempête s'est déplacée vers l'est, pourquoi a-t-il neigé à certains endroits mais pas à d'autres?

ÉTAPE 3 : Cherchez une tendance dans les chutes de neige.

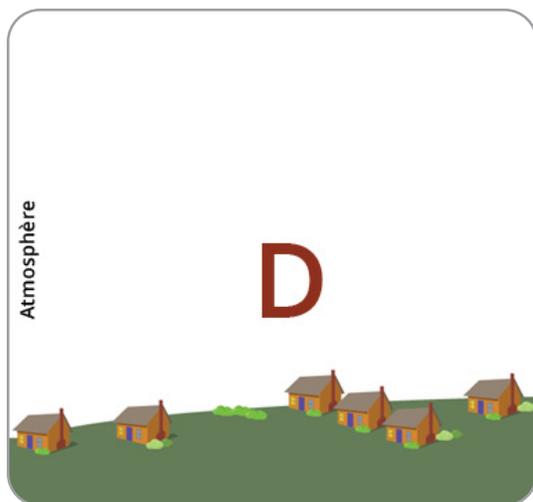
Reportez-vous à la carte de chute de neige de la page précédente pour répondre aux questions ci-dessous.

1. Que remarquez-vous sur l'emplacement des communautés ayant reçu le plus de neige? Où la plupart de la neige est-elle tombée par rapport au front et à la zone de basse pression?
2. Pourquoi pensez-vous que cette zone a reçu plus de neige?

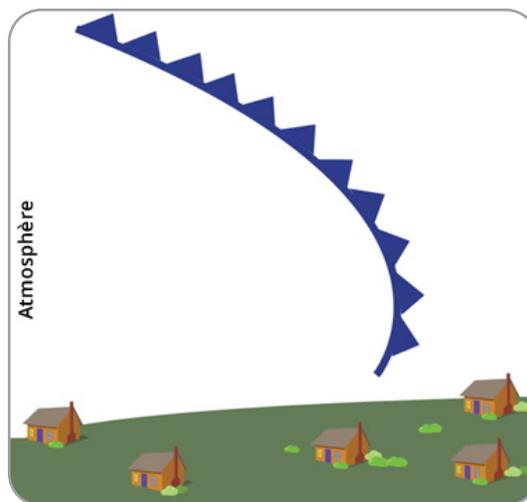
ÉTAPE 4 : Pourquoi n'a-t-il pas neigé partout?

Il y a deux choses dont une tempête a besoin pour provoquer des précipitations :

1. L'air qui monte et se refroidit et
 2. Une humidité suffisante dans l'air pour créer des nuages et des précipitations.
1. **Dessinez une section transversale** qui montre comment l'air se déplace et où les nuages se forment dans une zone de basse pression et sur un front froid en vous servant des modèles que vous avez conçus en classe.



Comment l'air se déplace et où les nuages se forment **dans une zone de basse pression**



Comment l'air se déplace et où les nuages se forment **à un front froid**

2. Remarquez où il y a une zone de basse pression et où le front se trouve sur la carte de chute de neige. Souvenez-vous que la tempête est venue de l'ouest, elle s'est donc déplacée au-dessus des zones situées à l'ouest de la carte avant d'arriver à cet endroit.
 - **Sur la carte de chute de neige, entourez les endroits** où il y a eu peu ou pas de neige.
 - Pourquoi pensez-vous que ces endroits n'ont pas reçu beaucoup de neige/de neige?
3. **Nommez les endroits** qui vous semblent trop loin de la tempête pour avoir reçu beaucoup de neige.

Humidité : Lorsqu'elle était sur la côte ouest, cette tempête était pleine d'humidité, et c'est ce qui a causé autant de pluie et de neige. Est-elle encore pleine d'humidité? Le taux de moiteur dans l'air est mesurée sous la forme d'humidité. Aux pages suivantes se trouvent les données moyennes sur l'humidité pour les communautés affichées sur la carte.

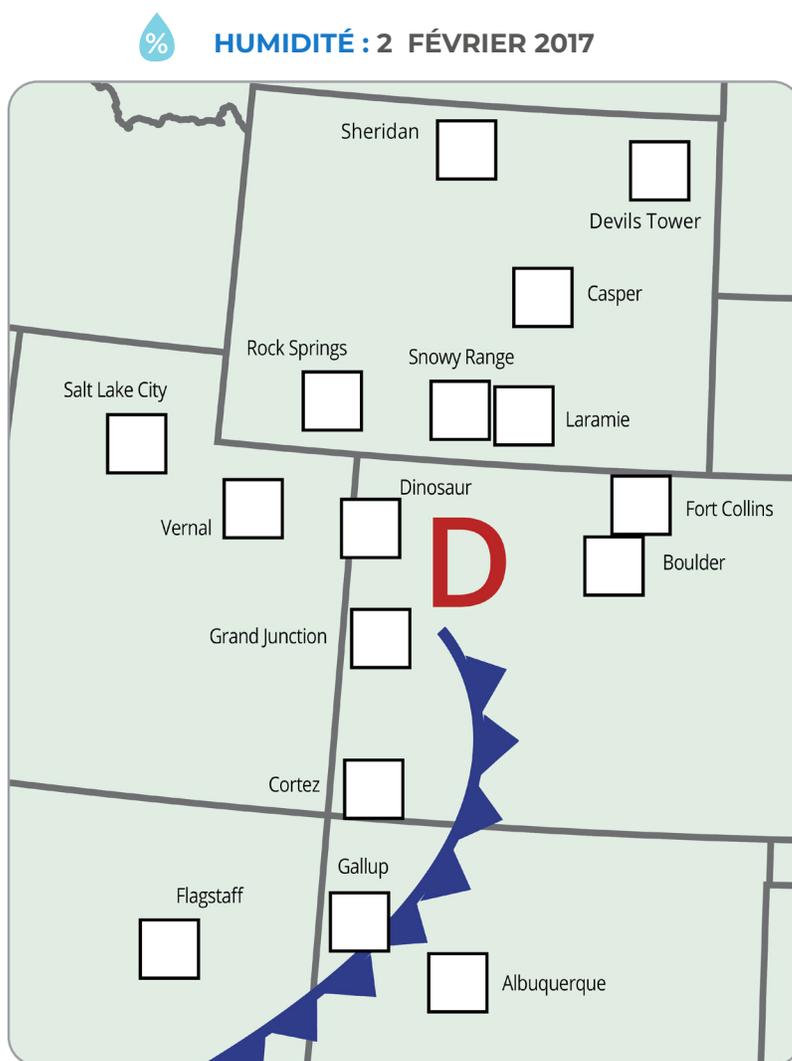


À mesure que la tempête s'est déplacée vers l'est, pourquoi a-t-il neigé à certains endroits mais pas à d'autres?

Suivez les instructions ci-dessous pour créer la carte sur l'humidité.

1. Les mesures de l'humidité dans le tableau ont été prises à proximité du sol, pas dans les nuages, mais elles peuvent nous aider à estimer la quantité d'humidité dans l'air. Localisez les communautés sur la carte et **notez l'humidité** dans les carrés en utilisant une couleur différente de celle des mesures de chute de neige.
2. **Codez en couleur** les endroits où l'humidité moyenne était inférieure à 70 %. Ces endroits sont moins susceptibles de recevoir des précipitations. **Choisissez une autre couleur** pour les endroits où l'humidité était supérieure à 70 %. Ces endroits sont plus susceptibles de recevoir des précipitations.
3. Nommez les endroits qui, selon vous, semblent ne pas avoir reçu beaucoup de précipitations parce que l'air ne comportait pas assez d'humidité.

ENDROIT	HUMIDITÉ MOYENNE (%)
Rock Springs, Wyoming	81
Laramie, Wyoming	77
Snowy Range, Wyoming	77
Sheridan, Wyoming	84
Devils Tower, Wyoming	88
Casper, Wyoming	92
Dinosaur, Colorado	90
Grand Junction, Colorado	62
Fort Collins, Colorado	85
Boulder, Colorado	85
Cortez, Colorado	58
Flagstaff, Arizona	56
Salt Lake City, Utah	81
Vernal, Utah	90
Gallup, Nouveau-Mexique	43
Albuquerque, Nouveau-Mexique	33



LÉGENDE :

D Le centre d'une zone de basse pression



front froid



humidité



humidité inférieure à 70 %
(choisissez une couleur)



humidité supérieure à 70 %
(choisissez une couleur)



Discutez avec vos camarades de classe.

Comment les données sur l'humidité vous aident-elles à comprendre pourquoi il a neigé à certains endroits et pas à d'autres?

TÂCHE FINALE : Défi 3

Où les écoles auront-elles un jour de neige le 24 février?

ÉTAPE 1 : Prenez en compte les endroits où il a neigé le 23 février.

Pour prévoir le temps, les météorologues tiennent compte de la météo de la veille. Dans le cas présent, vous êtes le météorologue. Pour prévoir où la neige est susceptible de tomber le 24 février, vous devez tenir compte de l'endroit où cette tempête a causé des chutes de neige la veille (le 23 février).

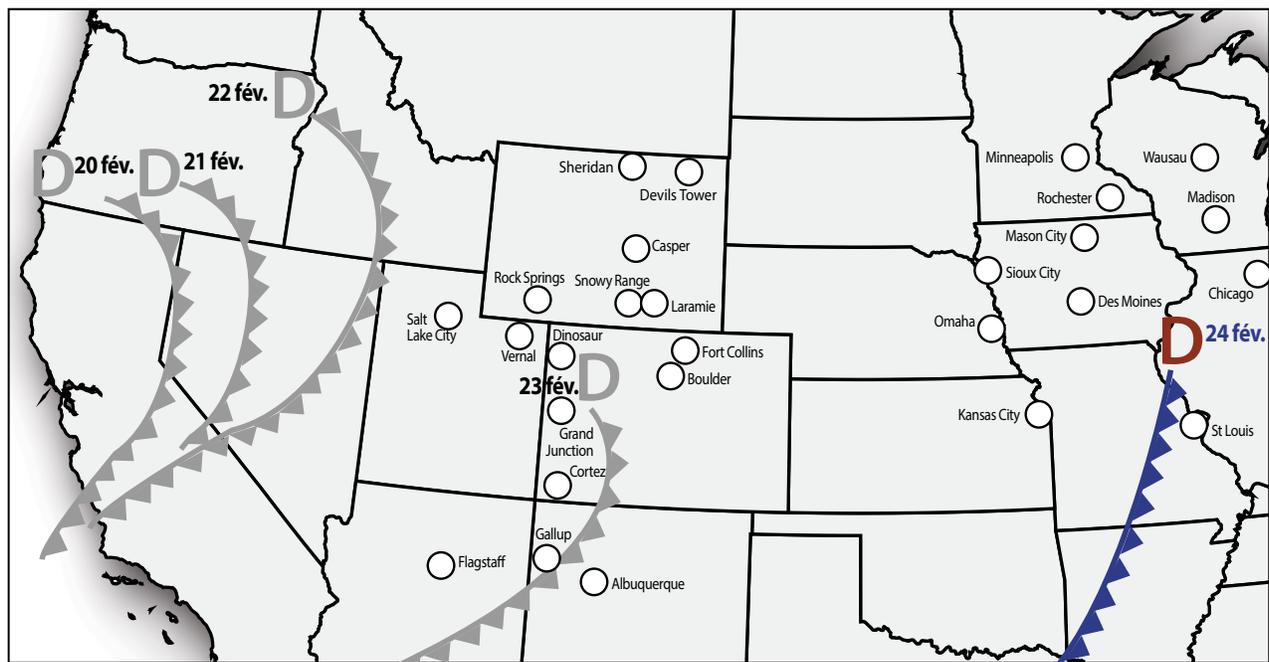
Choisissez une couleur et remplissez les cercles là où il a neigé plus de 5 cm le 23 février à l'aide de la carte de chute de neige du Défi 2 : Étape 1. Laissez les cercles sans couleur pour les endroits qui n'ont connu que peu (5 cm ou moins) ou pas de neige le 23 février.

 24 FÉVRIER 2017

Clé :

D  front froid

le centre d'une zone de basse pression





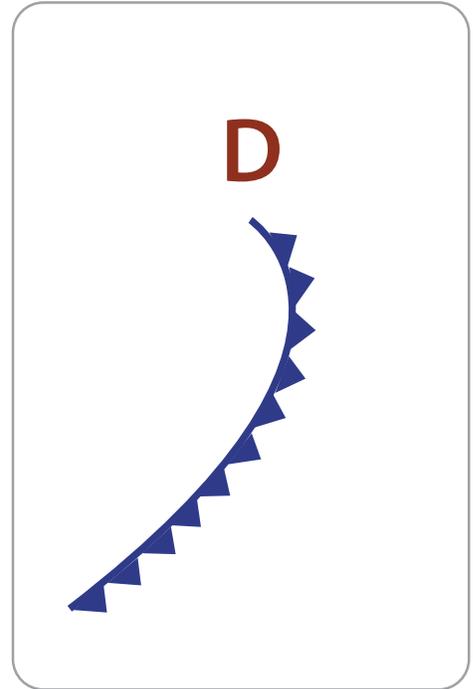
ÉTAPE 2 : Où se trouve la neige par rapport au front froid et à la zone de basse pression?

Au-dessus de l'Amérique du Nord, il est courant pour une zone de basse pression d'être située à l'extrémité nord d'un front froid. Sur la carte de la page précédente, qu'est-ce que vous remarquez sur les endroits où la neige est tombée le 23 février?

Dessinez l'emplacement approximatif des chutes de neige par rapport à celui du front froid et de la zone de basse pression sur le diagramme à droite.

1. En quoi la tempête hivernale dans cet exemple ressemble-t-elle au modèle du front froid que vous avez conçu? En quoi est-elle différente?

OÙ IL VA PROBABLEMENT NEIGER :



ÉTAPE 3 : Faites une prévision sur les endroits où il neigera le 24 février.

D'après les endroits où la neige est tombée pendant la tempête le 23 février, où pensez-vous que la neige tombera le 24 février?

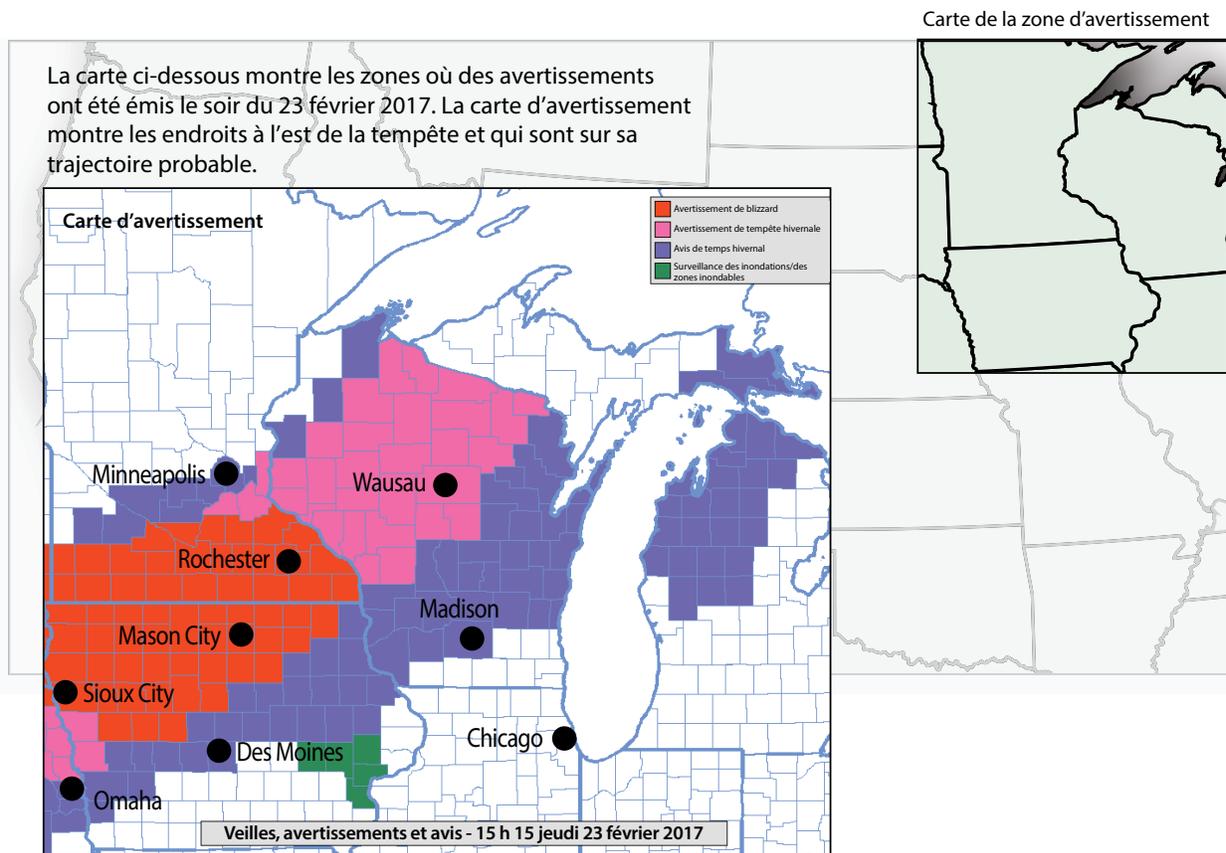
1. **Coloriez les cercles** pour les villes sur la carte météo où vous pensez qu'il neigera plus de 5 cm, le 24 février.
2. **Écrivez les noms** de ces villes ci-dessous et expliquez pourquoi elles recevraient des précipitations.



ÉTAPE 4 : Carte d'avertissement.

La carte ci-dessous montre les zones où des avertissements ont été émis le soir du 23 février 2017. La carte d'avertissement montre les endroits à l'est de la tempête et qui sont sur sa trajectoire probable.

- **Un avertissement de blizzard** est émis pour les tempêtes hivernales accompagnées de vents de 56 km/h ou plus et de fortes chutes de neige.
- **Un avertissement de tempête hivernale** est émis lorsqu'une tempête hivernale est attendue dans les 36 heures avec au moins 10 cm (4 pouces) de neige ou au moins 7,6 cm (3 pouces) de neige et du verglas en grande quantité.
- **Un avis de temps hivernal** est émis lorsqu'un système de basse pression produit une combinaison de conditions hivernales (neige, pluie verglaçante ou giboulée) qui présentent un danger.
- **Une alerte d'inondation** est émise lorsque les conditions sont favorables à des inondations.



Est-ce un jour de neige?

Selon l'endroit où vous vivez, vous avez peut-être ressenti un certain enthousiasme à l'annonce d'une chute de neige. Bien sûr, la neige est amusante, peu importe quand elle tombe, mais si c'est pendant un jour d'école et que les cours sont annulés, c'est particulièrement plaisant.

Les autorités scolaires doivent décider s'il faut annuler l'école ou retarder les classes. Leur travail est de protéger les personnes. Comment prennent-ils cette décision?

Dans les endroits où la neige est rare, comme le sud-est américain, une prévision météorologique qui inclut de la neige et du verglas pourrait suffire à faire fermer les écoles. Ces endroits n'ont souvent pas de chasse-neige ou de camions qui répandent du sel ou du sable sur les routes pour faire fondre la glace. Cela signifie qu'il ne faut pas beaucoup de temps pour que les routes et les trottoirs deviennent dangereux.

Dans les endroits où les conditions neigeuses sont courantes, les villages et les villes ont généralement des plans pour y faire face. Souvent, les écoles ne ferment pas en cas de neige si les routes et les trottoirs peuvent être dégagés. Cependant, les écoles ferment en cas de températures extrêmes pour que les élèves n'attendent pas le bus ou marchent jusqu'à l'école lorsque la température est inférieure à zéro. Les écoles peuvent également fermer si la neige est soufflée par le vent, car cela réduit la visibilité.

De nombreux types d'informations météorologiques sont importants pour les responsables d'école pour les aider à décider s'il faut annuler les classes, notamment le moment de la tempête, la température, la quantité de neige attendue et la vitesse du vent. Les autorités scolaires tiennent compte des alertes, des avertissements ou des avis météorologiques publiés par le Service météorologique national.

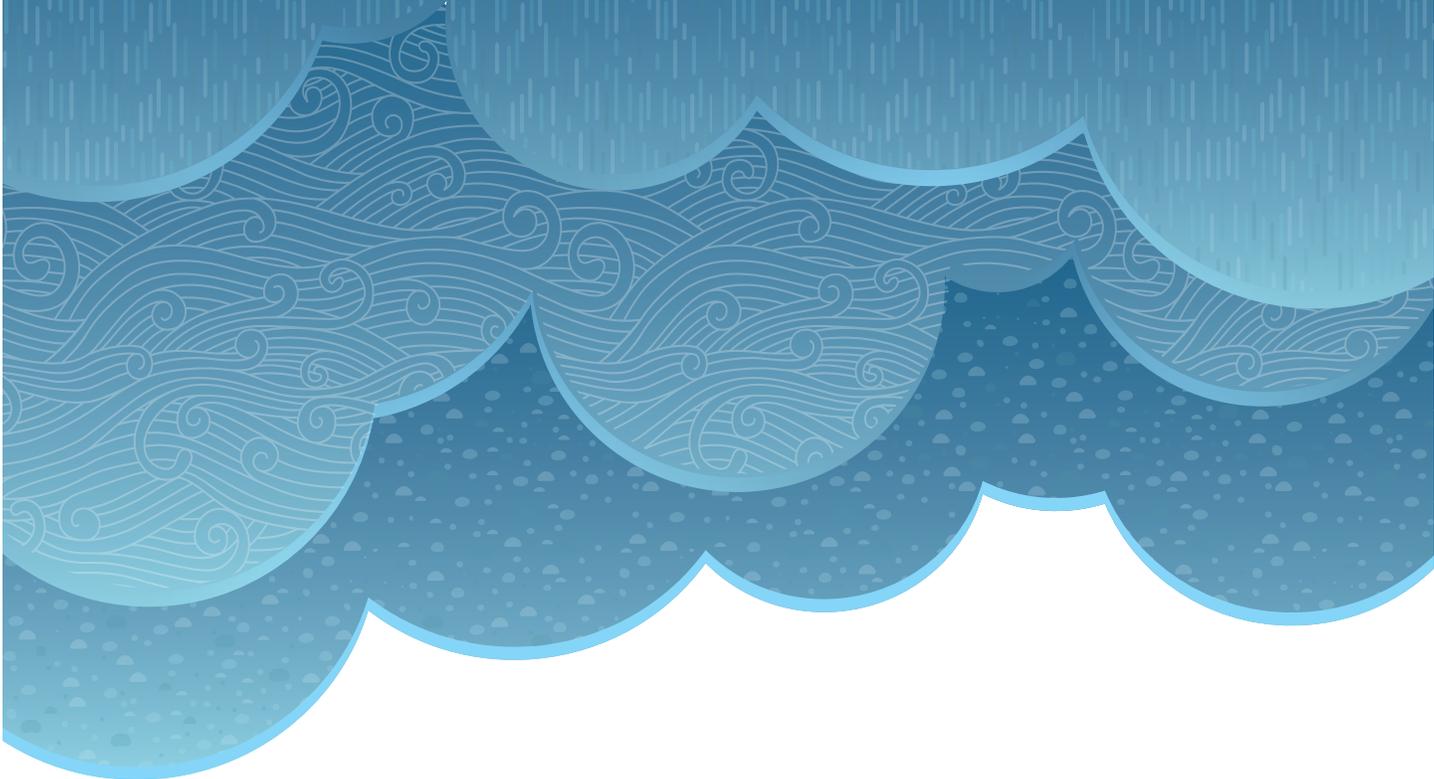


1. D'après vous, quels endroits devraient annuler une journée d'école en fonction de la lecture ci-dessus et de vos prévisions de chute de neige de l'étape 3?

**ÉTAPE 5 : Discutez avec vos camarades de classe.**

Parlez avec vos camarades de classe. Est-ce que tout le monde a la même hypothèse sur l'endroit où il neigera le 24 février? Regardez où il a le plus neigé (plus de 15 cm) le 23 février et décidez où on pourrait fermer les écoles et les lieux de travail le 24 février. Prenez en compte la carte d'avertissement.





▼▼▼
ÉVALUATIONS



LE PROGRAMME GLOBE





© 2019 University Corporation for Atmospheric Research. *Tous droits réservés.*



Cette publication a été soutenue par la NASA dans le cadre de la subvention NNX17AD75G.



ÉVALUATIONS

TABLE DES MATIÈRES



Types d'évaluations de Globe Weather 2-6

ÉVALUATIONS DE L'ÉLÈVE

Évaluation de la séquence d'apprentissage 1 7-9

Évaluation de la séquence d'apprentissage 2 10-13

Évaluation de la séquence d'apprentissage 3 14-17

Évaluation finale 18-21

CLÉ DU PROFESSEUR

Évaluation de la séquence d'apprentissage 1 22-26

Évaluation de la séquence d'apprentissage 2 27-31

Évaluation de la séquence d'apprentissage 3 32-35

Grille de notation de l'évaluation finale 36-53

GUIDE DU PROFESSEUR



TYPES D'ÉVALUATIONS DE GLOBE WEATHER

Types d'évaluations de GLOBE Weather

PRÉ-ÉVALUATION INTÉGRÉE

Le tableau ci-dessous décrit deux possibilités d'évaluation préalable, dans la leçon 1, et suggère les éléments du raisonnement et des connaissances antérieures que vous devriez rechercher chez les élèves pendant la leçon.

Opportunités de pré-évaluation de la leçon 1 :	Recherchez :
<p>1 Guide du professeur : Étapes 3-4 de « Présenter le phénomène qui sert de pilier »</p> <p>(Élève : Leçon 1, Étape 1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> les mots et les termes scientifiques qu'ils utilisent pour décrire le cycle de l'eau (par ex. évaporation, précipitations et condensation) ou l'expression de ces idées sans utiliser ces termes. s'ils se concentrent principalement sur le déplacement de l'eau ou s'ils ajoutent des détails comme la lumière du soleil, la chaleur, la température ou d'autres références à l'énergie.
<p>1 Guide du professeur : Étape 1 de la « Modéliser la formation d'une tempête »</p> <p>(Élève : Leçon 1, Étape 3)</p>	<ul style="list-style-type: none"> les processus du cycle de l'eau que les élèves incluent dans leurs schémas (par ex. évaporation, condensation, précipitations). s'ils symbolisent des molécules d'eau ou font une représentation macroscopique générique de l'eau dans leur dessin. s'ils font des références à la lumière du soleil, la chaleur ou l'énergie comme mécanismes du déplacement de l'eau dans le cycle de l'eau.

ÉVALUATION FORMATIVE

Chaque leçon comprend des possibilités d'évaluation formative qui correspondent à des parties spécifiques du cours. Le tableau (pages 3-6) résume les opportunités d'évaluation formative notables portant sur des résultats d'apprentissage tridimensionnels liés à chaque leçon et permettant de combler les attentes des NGSS en matière de rendement pour l'unité. De plus, des billets de sortie, utilisés à la fin de chaque leçon pour documenter votre décision pédagogique de passer à la leçon suivante, sont répertoriés dans le tableau.

ÉVALUATIONS SOMMATIVES D'UNE SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE

Chaque séquence d'apprentissage est suivie d'une évaluation sommative correspondante (pages 7-17) constituée de questions ouvertes qui invitent les élèves à appliquer leurs connaissances des concepts fondamentaux disciplinaires et des concepts transversaux, et à s'intéresser aux pratiques scientifiques de l'analyse, de l'interprétation et de la modélisation des données. Vous pouvez vous servir des réponses interprétatives fournies pour comprendre ce que les élèves ont appris et pour relever les pensées productives et les idées improductives, incomplètes et inexacts. Les clés de réponses interprétatives vous aident à revenir sur un sujet, au besoin, en fonction de réflexions incomplètes et inexacts des élèves.

ÉVALUATION FINALE

Destinée à être passée à la fin de l'unité, l'évaluation finale (pages 18-21) cible les idées scientifiques fondamentales apprises dans l'unité ainsi que les pratiques scientifiques des NGSS en matière d'analyse et d'interprétation des données et de modélisation. L'évaluation invite également les élèves à partager ce qu'ils savent sur les concepts transversaux des NGSS en matière de schémas et de cause et effet.

Leçon	Indicateurs de rendement	Opportunités d'évaluation formative	Suggestions de billet de sortie
<p>2</p>	<p>Créent un modèle pour décrire la manière dont les nuages se forment pendant une journée et s'amoncellent jusqu'à former un orage.</p>	<p>Guide du professeur : « Diagramme d'une tempête en formation » (Élève : Étape 3)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> des liens établis par l'élève avec les changements de température au cours de journée ou entre le sol et les nuages. des explications de l'élève sur le rôle de la lumière du soleil ou de l'énergie du soleil dans la formation d'une tempête. des processus du cycle de l'eau comme l'évaporation et la condensation. 	<ul style="list-style-type: none"> Présentez une idée ou un concept que vous avez trouvé particulièrement intéressant ou important sur la manière dont un petit nuage se transforme en tempête : le « Quoi? » Expliquez pourquoi ce concept ou cette idée est important(e) : le « Alors quoi? » Réfléchissez à la façon dont votre manière de penser a changé en fonction de cette nouvelle idée : le « Maintenant quoi? »
<p>3</p>	<p>Collectent et analysent des données pour préciser les schémas qui décrivent la relation entre la température et l'altitude.</p> <p>Analysent et interprètent les données pour décrire les différences de température entre la surface et l'air pendant une journée.</p>	<p>Guide du professeur : « Collecter des données sur la température » (Élève : Étapes 1-3)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> les explications à savoir pourquoi le sol pourrait être plus chaud que l'air au-dessus de lui. (Écoutez attentivement si les élèves expliquent que l'air est chauffé par le soleil au-dessus ou par le sol en-dessous.) les liens établis par les élèves entre les températures plus chaudes à la surface et l'évaporation de l'eau et entre des températures plus froides à proximité des nuages et la condensation. <p>Guide du professeur : « Modèle : Réchauffement de l'atmosphère de la Terre » (Élève : Étapes 5-6)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> description, par les élèves, d'une baisse de température à mesure qu'on prend de l'altitude. des idées conformes aux données sur la température et les mécanismes sous-jacents qui expliquent les différences de température. les données utilisées par les élèves pour expliquer les différences de température quand on passe du sol vers les nuages. les explications à l'effet que le réchauffement de la surface par le soleil entraîne le réchauffement de l'air et l'évaporation de l'eau, ce qui finit par causer la tempête. 	<ul style="list-style-type: none"> À quelles questions du Tableau des questions directrices pouvons-nous répondre maintenant, et comment y répondrions-nous? Quelles nouvelles questions avez-vous? Quelles parties de la tempête qui a eu lieu au Colorado pouvons-nous expliquer avec nos idées en ce moment?

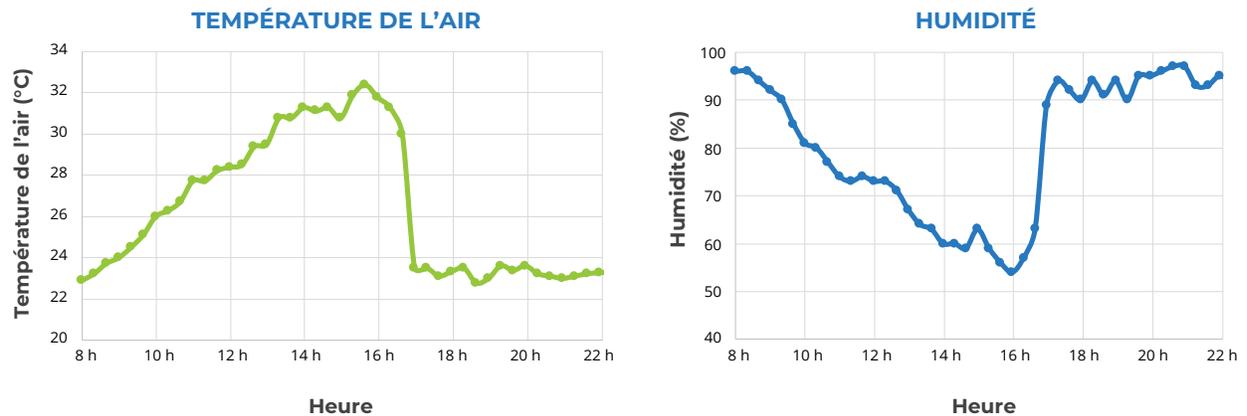
<p>4 LEÇON</p>	<p>Analysent et interprètent les données pour relever les différences dans les schémas de température et d'humidité de l'air par temps orageux et par temps ensoleillé.</p> <p>Mènent une expérience et recueillent et analysent des données afin de comparer les changements en termes d'humidité par temps orageux et par temps ensoleillé.</p>	<p>Guide du professeur : « Analyse des données : Journée ensoleillée et journée orageuse » (Élève : Étapes 1-2)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> indication, par les élèves, d'un risque accru de tempêtes en raison d'une hausse de la température associée à une humidité élevée. indication, par les élèves, d'un risque réduit de tempêtes en raison d'une hausse de la température associée à une chute de l'humidité. l'humidité est une composante essentielle du système. <p>Guide du professeur : « Laboratoire de modèles en bouteille » (Élève : Étape 3)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> les liens entre les graphiques de la journée ensoleillée et de la journée orageuse et les observations faites par les élèves sur les modèles en bouteilles. les élèves qui ont associé les températures chaudes et l'humidité à un risque accru de tempêtes d'après-midi. les réponses des élèves qui ont compris que les tempêtes se produisent surtout l'après-midi en raison du temps qu'il faut pour réchauffer l'air et évaporer l'eau de la surface. 	<ul style="list-style-type: none"> Comment l'eau qui était au fond de la bouteille se retrouve-t-elle sur les parois de la bouteille?
<p>5 LEÇON</p>	<p>Conçoivent un modèle et s'en servent pour expliquer comment l'énergie du soleil, la convection, l'eau à la surface et dans l'air, et les variations de température et d'humidité créent des conditions/ causent des tempêtes isolées.</p>	<p>Guide du professeur : « Modèle de consensus » (Élève : Étapes 3-6)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> les idées des élèves sur l'air chaud qui se trouve en surface, qui monte, puis se refroidit à proximité des nuages. les idées des élèves sur l'air chaud qui retient plus d'humidité près de la surface et qui se condense lorsqu'il se refroidit à proximité des nuages. la conception erronée d'un élève qui pourrait penser que l'air chaud se trouve plus près du soleil. les progrès accomplis par des élèves qui représentent avec exactitude les idées scientifiques dans leurs modèles. les élèves qui incluent tous les renseignements requis dans la liste de contrôle qui se trouve en haut de leur modèle. le recours aux idées modèles dans les explications écrites des élèves, en particulier celles qui sont nécessaires à la formation de tempêtes, comme le réchauffement de la surface et de l'air, la connexion entre les processus des cycles de température et de l'eau, et les conditions de l'air chaud ascendant et humide. 	<ul style="list-style-type: none"> Comment tester si notre modèle pourrait nous aider à prévoir quand les averses s'abattront dans une tempête isolée?
<p>6 LEÇON</p>	<p>Recueillent, analysent et interprètent les données pour décrire les conditions de température et d'humidité au sol et dans les nuages qui causent la formation d'une tempête.</p>	<p>Guide du professeur : « Quand a-t-il plu? » (Élève : Étape 3)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> l'exactitude des idées des élèves. quelles idées modèles les élèves utilisent et n'utilisent pas dans leurs explications. si les élèves étaient leurs explications sur des preuves et/ou des idées modèles. 	<ul style="list-style-type: none"> Décrivez une tempête que vous avez vécue et qui ne correspond pas à notre modèle.

<p>7 LEÇON</p>	<p>Se servent d'un modèle pour faire des prévisions sur les caractéristiques de l'air avant, pendant et après le passage d'un front froid.</p>	<p>Guide du professeur : « À quoi ressemble un front froid? » (Élève : Étape 3)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> les idées modèles de la SA1 dont les élèves se servent pour expliquer leurs premières observations sur le front froid. 	<ul style="list-style-type: none"> Avec ce que vous savez maintenant, dessinez une courbe de température pour le jour précédant le passage du front, le jour où le front arrive, et le jour après le passage du front. Expliquez pourquoi vous avez dessiné le graphique de cette façon.
<p>8 LEÇON</p>	<p>Analysent les graphiques et décrivent les changements de température et d'humidité avant et après le passage du front froid.</p>	<p>Guide du professeur : « Discussion sur le Suivi des idées modèles »</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> les explications des élèves sur les raisons pour lesquelles le schéma diurne régulier se détériore avant le passage du front et revient après, mais il fait plus froid. les explications des élèves sur les schémas de température qui est plus chaude au départ et se refroidit après le passage du front. les explications des élèves sur l'humidité qui est d'abord élevée puis tombe après le passage du front. les liens établis par les élèves entre leurs connaissances sur les causes d'une tempête isolée et les causes des précipitations le long d'un front froid, comme une humidité élevée. 	<ul style="list-style-type: none"> À quelles questions du Tableau des questions directrices pouvons-nous répondre maintenant, et comment y répondrions-nous? Quelles nouvelles questions avez-vous? Quelles parties de la tempête qui a eu lieu au Colorado pouvez-vous expliquer avec nos idées maintenant?
<p>9 LEÇON</p>	<p>Conçoivent un modèle qui démontre comment les différences de température et d'humidité avant et après le passage d'un front froid interagissent pour causer une tempête.</p>	<p>Guide du professeur : « Modèle de consensus : Précipitations le long d'un front froid » (Élève : Étape 3)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> les progrès accomplis par des élèves qui représentent les idées scientifiques avec exactitude dans leurs modèles. le recours, par les élèves, à tous les renseignements requis indiqués dans la liste de contrôle du modèle. <p>(Élève : Étape 5)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> le recours, par les élèves à des idées modèles dans l'explication écrite, en particulier celles liées aux différences de température dans les masses d'air, l'air froid poussant l'air chaud et l'air chaud dont l'humidité élevée se condense pour tomber sous forme de précipitations. 	<ul style="list-style-type: none"> Comment pourrions-nous tester si notre modèle peut nous aider à prévoir les précipitations le long d'un front froid?
<p>10 LEÇON</p>	<p>Analysent les tendances dans les données pour décrire comment la pression atmosphérique change avant et après le passage d'un front froid.</p>	<p>Guide du professeur : « Pression : Analyse des données »</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> les idées selon lesquelles la pression atmosphérique est plus élevée avant le passage d'un front froid et plus basse juste avant et pendant la tempête. les liens établis par les élèves entre la pression atmosphérique et la température et l'humidité de l'air. 	<ul style="list-style-type: none"> Écrivez une liste initiale des idées modèles qui, selon vous, peuvent vous aider à expliquer la tempête qui a eu lieu au Colorado. Quelles questions avez-vous encore sur la tempête du Colorado?
<p>11 LEÇON</p>	<p>Conçoivent un modèle pour montrer comment les différences de pression atmosphérique déclenchent le mouvement de l'humidité et, finalement, une tempête.</p>	<p>Guide du professeur : « Expliquer la tempête du Colorado » (Élève : Étapes 2-3)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> l'exactitude des idées des élèves. les idées modèles que les élèves utilisent et n'utilisent pas dans leurs explications. si leurs explications sont soutenues par des preuves et/ou des idées modèles. 	<ul style="list-style-type: none"> À quelles questions du Tableau des questions directrices pouvons-nous répondre maintenant, et comment y répondrions-nous? Quelles nouvelles questions avez-vous? Quelles parties de la tempête qui a eu lieu au Colorado pouvez-vous expliquer avec nos idées maintenant?

<p>12 LEÇON</p>	<p>Font des observations pour décrire le grand mouvement de l'eau dans l'atmosphère.</p> <p>Décrivent les schémas de déplacement de l'eau dans l'atmosphère à l'échelle planétaire.</p>	<p>Guide du professeur : « Schémas des précipitations dans le monde » (Élève : Étapes 3-4)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> les liens établis par les élèves entre les schémas et leurs observations tirées de la vidéo. la description de modèles du déplacement est-ouest des précipitations, des schémas de courbure ou de rotation, et des mentions de couverture nuageuse régulière à certains endroits mais pas à d'autres. 	<ul style="list-style-type: none"> Quelles questions avez-vous sur la façon dont les précipitations se déplacent dans le monde? Qu'avez-vous appris sur le déplacement des tempêtes qui pourrait vous aider à expliquer ces schémas du déplacement des précipitations à l'échelle planétaire?
<p>13 LEÇON</p>	<p>Analysent un modèle pour décrire les variations latitudinales dans la concentration de la lumière du soleil et pour expliquer les variations de température.</p> <p>Analysent les données pour décrire les schémas des températures annuelles moyennes à l'échelle de la planète.</p>	<p>Guide du professeur : « Angles de propagation de l'énergie » (Élève : Étape 3)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> les liens, établis par les élèves, entre l'angle auquel ils ont tenu les presse-papiers et la concentration du rayonnement solaire au niveau de l'équateur et des pôles. les liens, établis par les élèves, entre la concentration du rayonnement solaire et les schémas de température à l'échelle mondiale. <p>Guide du professeur : « Étude des données sur la température » (Élève : Étape 4)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> les élèves comprennent que les températures moyennes annuelles sont constamment plus chaudes près de l'équateur. Les températures, en moyenne, sont plus froides près des pôles, et elles varient en fonction des saisons. i (Remarque : Il n'est pas important que les élèves mentionnent les changements saisonniers de température.) 	<ul style="list-style-type: none"> Comment les températures moyennes dans votre région se comparent-elles à celles du Sri Lanka et pourquoi?
<p>14 LEÇON</p>	<p>Conçoivent un schéma pour montrer comment l'air circule dans l'atmosphère sous les tropiques et aux latitudes moyennes.</p>	<p>Guide du professeur : « Concevoir un modèle de travail » (Élève : Étape 1)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> les liens, établis par les élèves, entre des températures plus chaudes et des zones d'air ascendant et entre des températures plus froides et des zones d'air descendant. <p>Guide du professeur : « Diagramme de la circulation de l'air à l'échelle mondiale » (Élève : Étape 5)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> les liens établis par les élèves entre les concepts de convection qu'ils ont appris dans la SA1 et la SA2, entre les schémas de convection et les schémas de température dans le monde, et entre l'emplacement des zones de haute et de basse pression atmosphérique et les schémas d'humidité ou de précipitation qui en résultent. 	<ul style="list-style-type: none"> Comment pourrions-nous tester si notre modèle peut nous aider à prévoir le déplacement des tempêtes sous les tropiques?
<p>15 LEÇON</p>	<p>Recourent à leurs connaissances sur les vents de surface pour faire une prévision sur le déplacement d'une tempête.</p>	<p>Guide du professeur : « Expliquer le déplacement des tempêtes » (Élève : Étape 3)</p> <p>Recherchez :</p> <ul style="list-style-type: none"> les idées modèles que les élèves utilisent et n'utilisent pas dans leurs explications. les explications des élèves soutenues par des preuves et/ou des idées modèles. le lien établi par les élèves entre le déplacement de la tempête, la circulation de l'air dans le monde et la force de Coriolis. 	<ul style="list-style-type: none"> À quelles questions du Tableau des questions directrices pouvez-vous répondre maintenant, et comment y répondrions-nous? Quelles nouvelles questions avez-vous? Quelles parties de la tempête du Colorado pouvez-vous expliquer avec nos idées maintenant?

Évaluation de la séquence d'apprentissage (SA) 1 : Du nuage à la tempête

Une tempête isolée s'est déchaînée à Rockwall, au Texas, le 26 août 2017. Les graphiques ci-dessous montrent comment la température de l'air et l'humidité ont changé pendant la journée. Servez-vous des données dans les graphiques ci-dessous

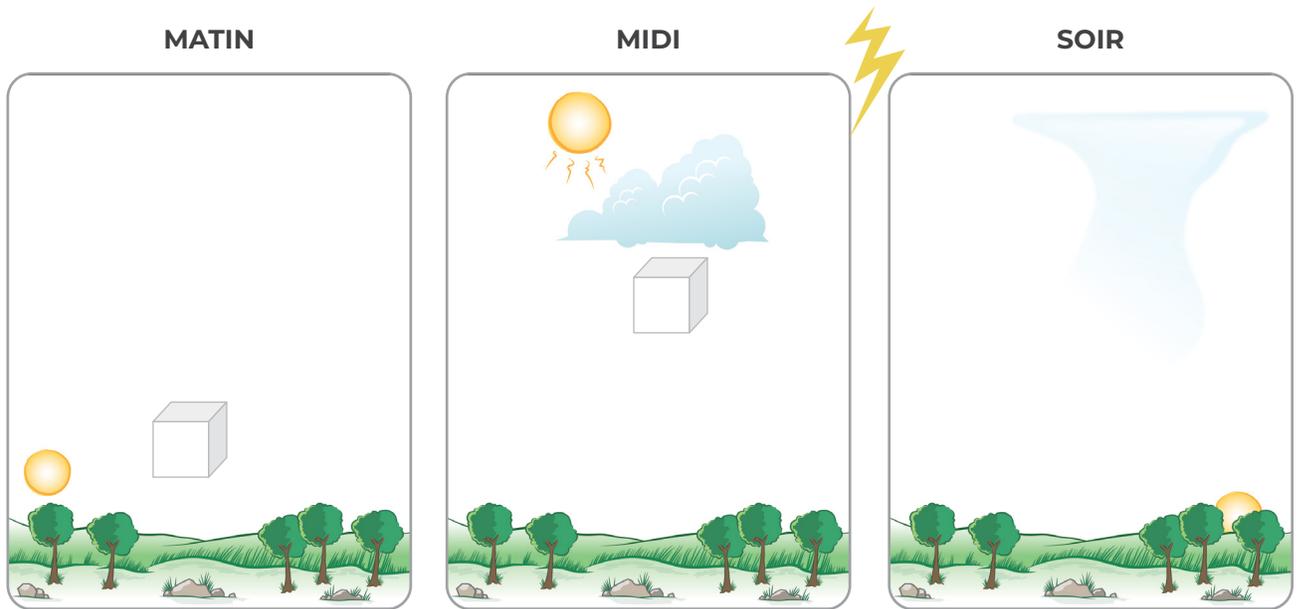


1. À quelle heure pensez-vous que la tempête a commencé? Expliquez votre raisonnement à l'aide des données sur la température et l'humidité.
2. À Rockwall, au Texas, le soleil s'est levé à 6 h 57 le 26 août. Expliquez pourquoi la température de l'air a changé comme elle l'a fait entre 8 h et 12 h.
3. La température de l'air a été mesurée à environ un mètre au-dessus du sol. Tracez une ligne sur le graphique de température de l'air pour montrer comment, à votre avis, la température du sol a changé au cours de la journée. Expliquez ensuite pourquoi, à votre avis, la température de la surface a changé de cette manière.

- La température de l'air près de la surface est différente de la température de l'air à plus haute altitude. Expliquez en quoi elles sont différentes et pourquoi cette différence est nécessaire pour qu'une tempête se développe.

Les images ci-dessous montrent un endroit à trois moments différents d'une journée : le matin, le midi et le soir. La journée était ensoleillée le matin, puis un orage qui a duré une heure s'est annoncé vers 15 h.

Les boîtes dans les images représentent une « poche » d'air qui se déplace au fil du temps. Le matin, l'air se trouve à proximité du sol. À midi (12 h), la poche d'air s'est déplacée plus haut dans l'atmosphère. Répondez aux questions ci-dessous pour compléter le modèle et expliquer ce qu'il indique sur l'orage.



- Dessinez une boîte pour montrer où, à votre avis, la poche d'air pourrait se trouver sur le diagramme « Soir ».
- Expliquez pourquoi vous avez placé la boîte à cet endroit.

7. Pensez-vous que la température et l'humidité de l'air dans la boîte augmentent, diminuent ou restent inchangées au cours de la matinée et le midi (juste avant la tempête)? Entourez vos réponses pour chaque moment de la journée dans le tableau ci-contre.

Expliquez pourquoi, à votre avis, la température et l'humidité ont changé de cette manière le matin, puis vers midi, juste avant la tempête isolée.

	TEMPÉRATURE	HUMIDITÉ
MATIN	Augmente Diminue Reste la même	Augmente Diminue Reste la même
MIDI	Augmente Diminue Reste la même	Augmente Diminue Reste la même

8. Un élève affirme que la boîte s'agrandirait entre le matin et le midi, en supposant que les molécules ne peuvent pas s'échapper de la boîte. Êtes-vous en accord ou en désaccord? Expliquez votre raisonnement.
9. Un autre élève affirme que, s'il y avait une autre boîte d'air haut dans l'atmosphère à midi, l'air qu'elle contient serait plus froid que l'air en-dessous, alors elle descendrait vers le sol. Êtes-vous en accord ou en désaccord? Expliquez votre raisonnement.
10. Avec ce que vous avez appris au sujet des schémas sur la température et l'humidité d'une journée orageuse, expliquez pourquoi la tempête s'est levée l'après-midi au lieu du matin.
11. Décrivez comment l'énergie du soleil contribue à la tempête.

Évaluation de la séquence d'apprentissage (SA) 2 : Un front se dirige vers vous

La carte 1, à droite, montre les températures maximales de l'air (°C) au nord-est des États-Unis le 28 juin, et la carte 2 montre l'humidité (%).

Les prévisions météorologiques **pour le lendemain** (29 juin) dans le centre de la Pennsylvanie (représenté par une étoile sur les cartes ★) indiquent ce qui suit :

Les températures vont chuter jusqu'à entre 15 et 20 °C, et il y aura un risque d'orages en après-midi.

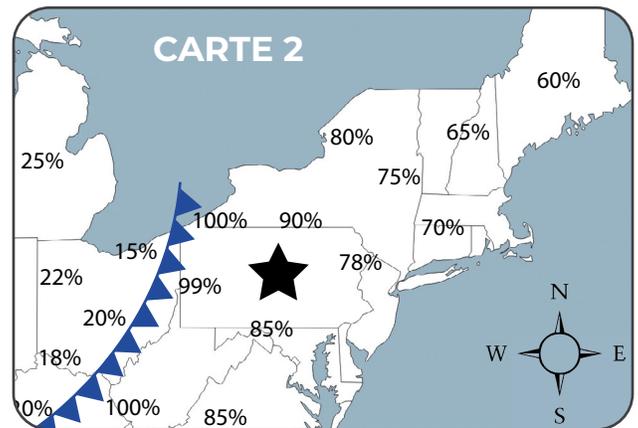
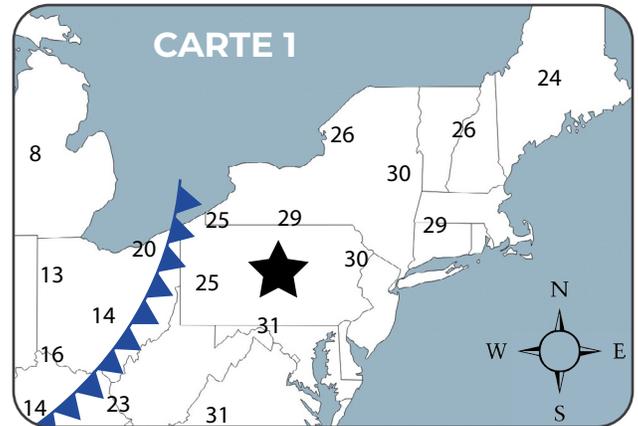
Répondez aux questions suivantes pour expliquer comment les météorologues ont utilisé les données de ces cartes pour déterminer l'arrivée d'une tempête dans le centre de la Pennsylvanie.

1. Sur chaque carte, la ligne avec les triangles indique l'emplacement d'un front froid. Décrivez la température et l'humidité de l'air des deux côtés du front.

À l'est du front (à droite du front sur la carte) :

À l'ouest du front (à gauche du front sur la carte) :

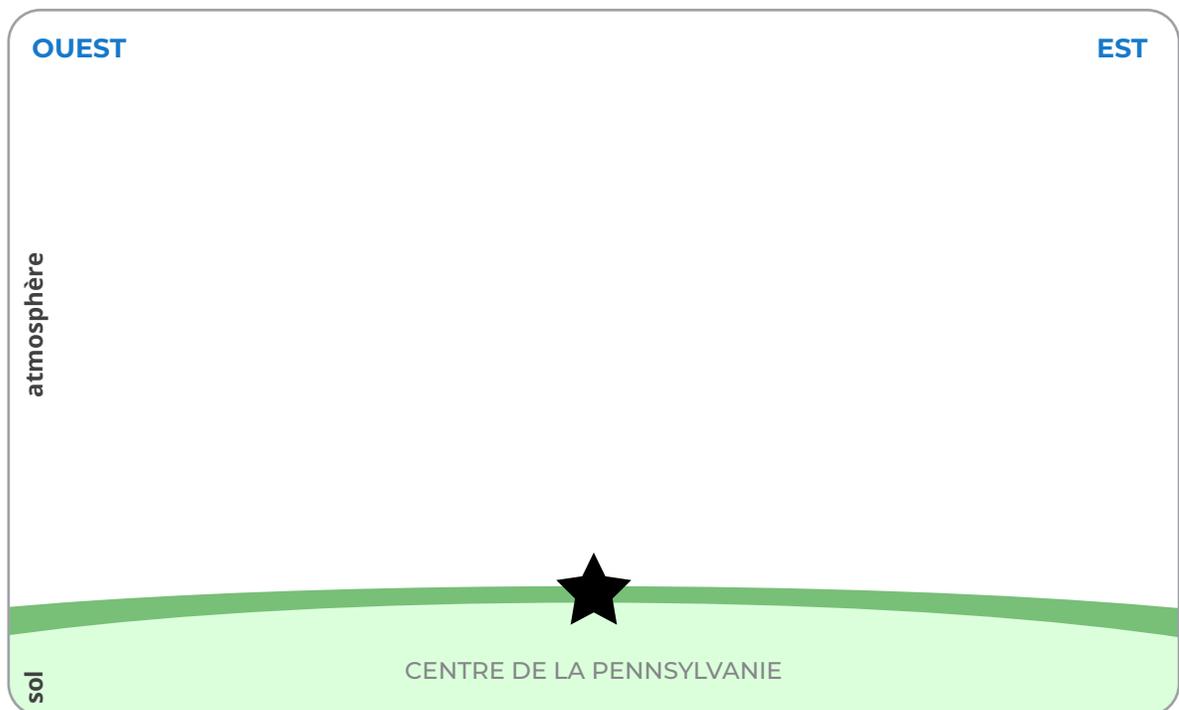
2. Avec ce que vous savez sur l'air des deux côtés du front, décrivez comment l'air se déplace sur le front.



3. Sur une carte de la page précédente, dessinez un **D** pour montrer où, à votre avis, devrait se trouver la zone de pression atmosphérique la plus basse (système dépressionnaire), et un **A** pour montrer où devrait se trouver la zone de pression atmosphérique la plus élevée (anticyclone). Expliquez pourquoi vous mettez le A et le D là où vous les avez placés.

4. Décrivez comment, à votre avis, la pression atmosphérique devrait changer dans le centre de la Pennsylvanie (représenté par une ★ sur les cartes de la page précédente) du 28 juin au 29 juin, alors qu'un front froid le traverse. Expliquez votre raisonnement.

5. Dessinez un modèle transversal ci-dessous pour montrer comment les masses d'air interagiraient le long du front froid à mesure qu'il traverse le centre de la Pennsylvanie (représenté par une ★) le 29 juin. Votre modèle devrait indiquer :
 - l'emplacement du front froid.
 - l'emplacement des masses d'air (et noter la température, l'humidité et la pression atmosphérique).
 - le déplacement de l'air, à l'aide de flèches.
 - là où une tempête pourrait se développer.



6. Comment le mouvement de l'air représenté dans votre modèle transversal peut-il contribuer à une tempête? Expliquez votre raisonnement.

7. Ajoutez un **A** à votre modèle transversal pour montrer où la pression atmosphérique serait la plus élevée et un **D** là où elle serait la plus basse. Comment ces différences dans la pression atmosphérique causent-elles le déplacement de l'air?

8. À l'aide de votre modèle et des données sur la température et l'humidité sur les cartes, expliquez pourquoi il pleuvra probablement dans le centre de la Pennsylvanie (★).

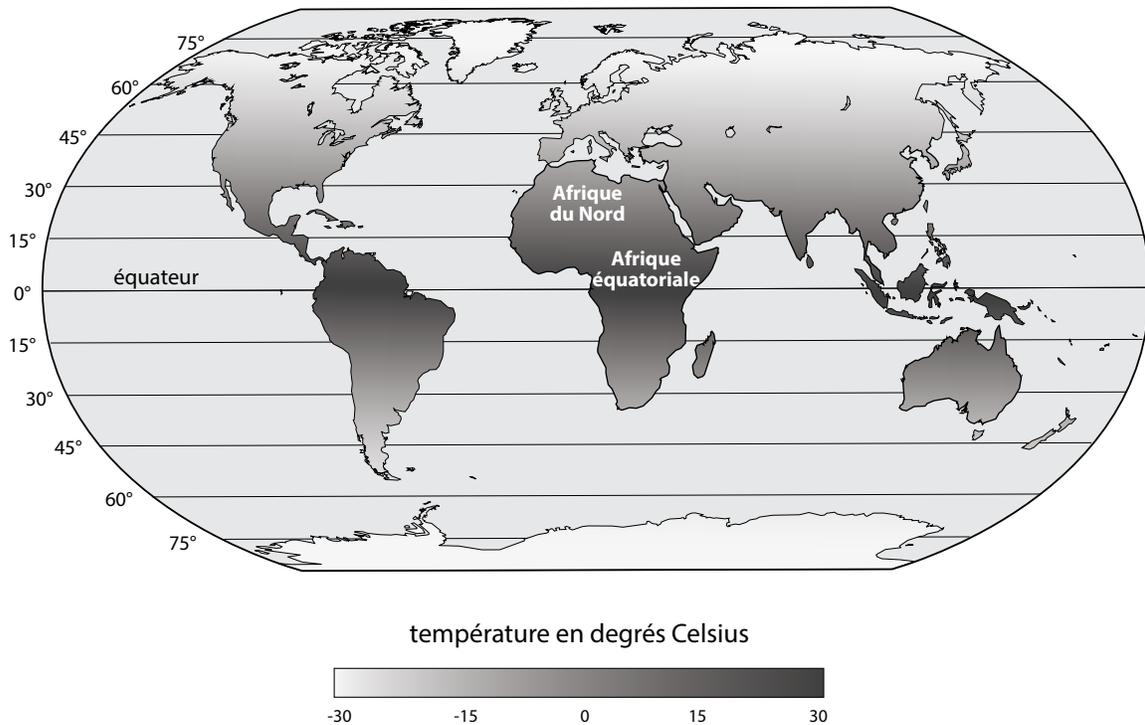
9. Dans le tableau ci-dessous, décrivez deux similitudes et deux différences dans la manière dont les tempêtes isolées et les tempêtes de front froid se développent.

	SIMILITUDES	DIFFÉRENCES
1		
2		

Évaluation de la séquence d'apprentissage (SA) 3 : Systèmes météorologiques dans le monde

L'Afrique du Nord est très sèche et reçoit très peu de pluie tout au long de l'année. Cependant, l'Afrique équatoriale affronte de nombreuses tempêtes, ce qui signifie beaucoup de précipitations. Examinez la carte ci-dessous.

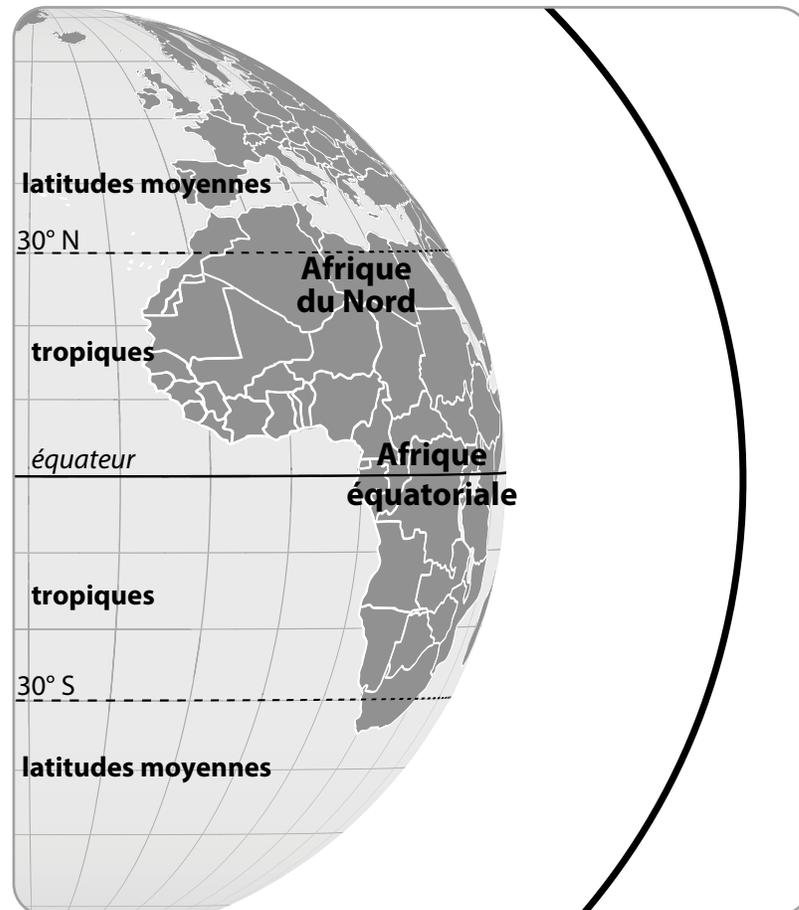
CARTE 1. TEMPÉRATURE ANNUELLE MOYENNE DANS LE MONDE.



1. Répondez aux questions pour expliquer ce qui cause les différents schémas de température sur la carte ci-dessus.
 - a. Comparez la température annuelle moyenne de l'Afrique équatoriale à la température annuelle moyenne de l'Afrique du Nord.
 - b. Expliquez pourquoi les températures annuelles moyennes sont différentes dans ces deux régions.

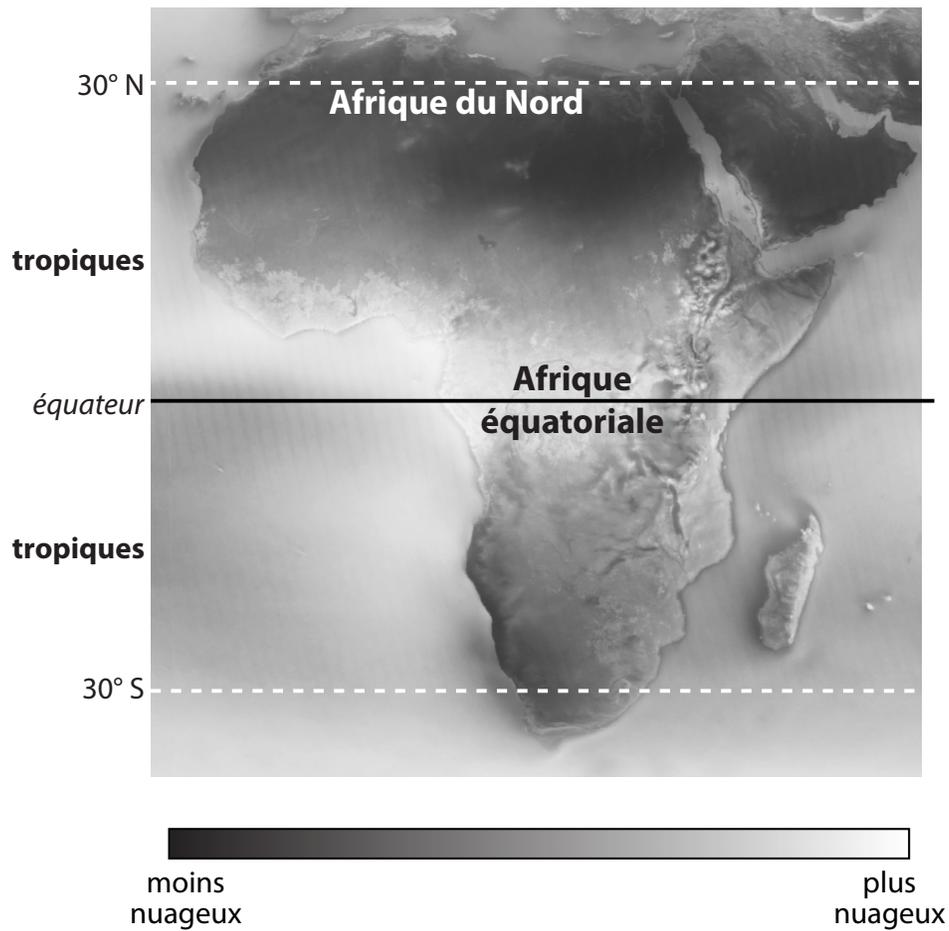
2. Servez-vous de la section transversale ci-dessous pour montrer ce qui se passe dans l'atmosphère au-dessus de l'Afrique. Concentrez-vous sur les tropiques, qui se situent entre les latitudes 30° N et 30° S.
 - a. À l'aide de flèches, montrez comment l'air se déplace de l'équateur vers les latitudes moyennes (de 0° à 30° N et également de 0° à 30° S).
 - b. Dessinez des nuages où, à votre avis, devrait se trouver la plus grande couverture nuageuse dans l'atmosphère au-dessus de l'Afrique.
 - c. Ajoutez un **A** pour les zones de haute pression et un **D** pour les zones de basse pression.

DÉPLACEMENT DE L'AIR DANS L'ATMOSPHÈRE AU-DESSUS DE L'AFRIQUE



3. Expliquez comment les différentes températures annuelles moyennes sous les tropiques et aux latitudes moyennes contribuent aux différents schémas de circulation de l'air dans les deux régions que vous avez dessinées dans la section ci-dessus.

CARTE 2. POURCENTAGE DE LA COUVERTURE NUAGEUSE ANNUELLE MOYENNE SUR L'AFRIQUE ENTRE 2002 ET 2015.

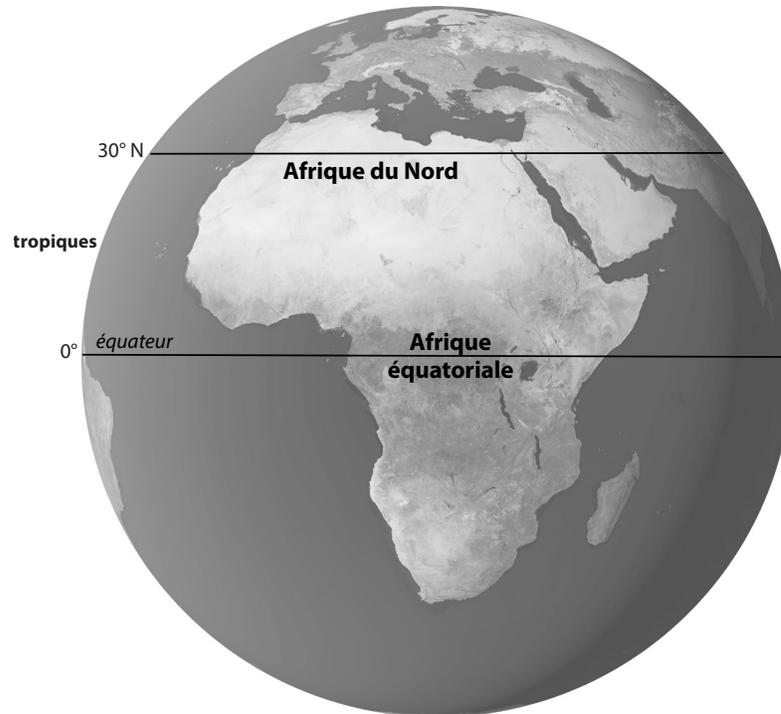


4. Examinez la carte 2, ci-dessus, qui montre la couverture nuageuse.

Avec ce que vous savez sur la façon dont les nuages se forment et sur les schémas de circulation de l'air sous les tropiques, expliquez pourquoi il y a moins de nuages en Afrique du Nord.

5. Les tempêtes en Afrique tropicale ne se déplacent généralement pas directement au nord de l'équateur vers l'Afrique du Nord. Servez-vous de l'image ci-dessous pour expliquer le déplacement des tempêtes dans cette partie du monde.
- À 30° N, les vents se répandent à la surface de la Terre. Dessinez la direction vers laquelle les vents se déplaceraient au nord et au sud de la latitude 30° N si la Terre ne tournait pas.
 - À l'aide d'une couleur différente, indiquez la courbe que suivent les vents au nord et au sud de la latitude 30° N, en raison de la force de Coriolis.

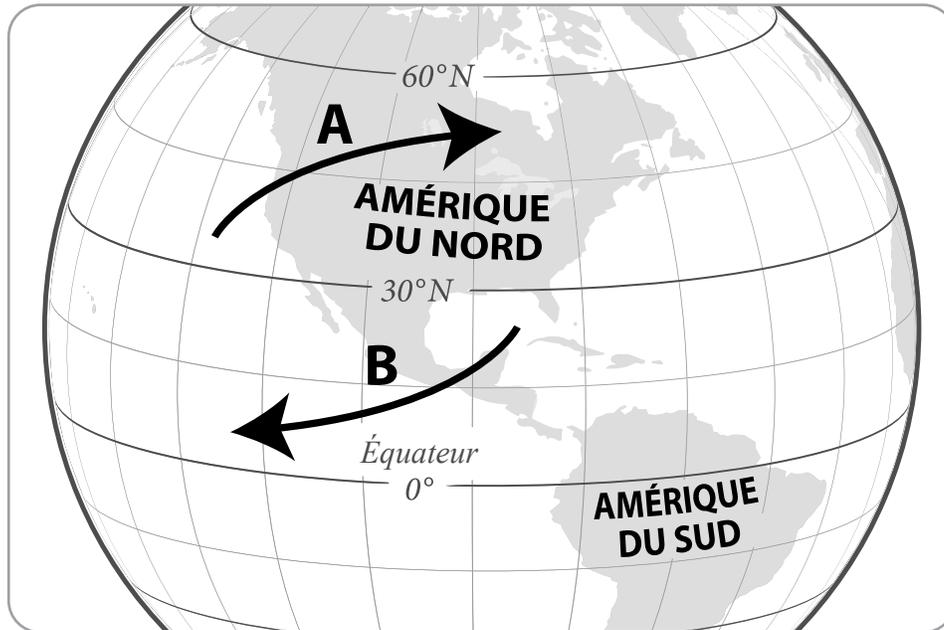
DIRECTION DU VENT EN AFRIQUE DU NORD ET ÉQUATORIALE



- Avec ce que vous savez sur la direction des vents, expliquez pourquoi les tempêtes en Afrique tropicale ne se déplacent pas directement au nord de l'équateur vers l'Afrique du Nord.

Évaluation finale de GLOBE Weather

Les météorologues savent que les systèmes météorologiques suivent *généralement* une direction donnée alors que les masses d'air se déplacent aux latitudes moyennes et sous les tropiques. Répondez aux deux questions suivantes pour expliquer pourquoi les météorologues prévoient souvent que ces systèmes se déplaceront dans la direction des flèches indiquées sur le globe terrestre ci-dessous.



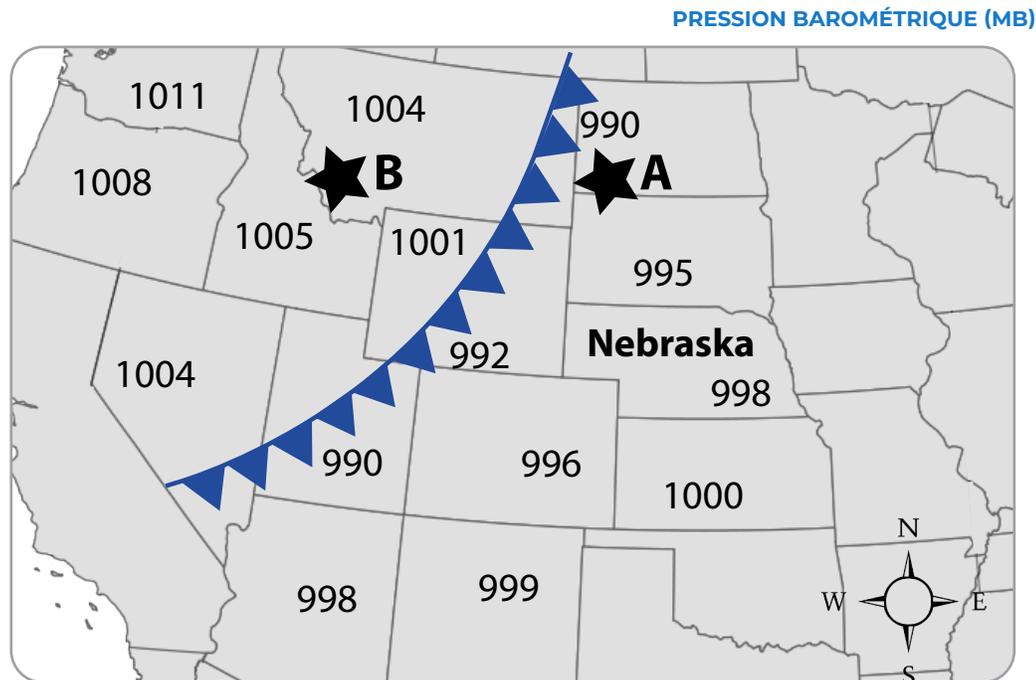
1. Pourquoi la flèche est-elle déviée vers l'est au point A? Pourquoi la flèche est-elle déviée vers l'ouest au point B?

2. Si la Terre ne tournait pas, dans quelle direction l'air dans la zone du point A se déplacerait-il? Dans quelle direction l'air dans la zone du point B se déplacerait-il?

Une école au Nebraska planifie une fête de remise des diplômes en mai. La veille de la fête, les météorologues ont émis l'avis suivant :

▶ Même s'il fait chaud et ensoleillé maintenant, un front froid se déplacera bientôt vers le Nebraska. Demain, le temps sera frais et pluvieux.

Les météorologues ont utilisé des données sur la pression atmosphérique (mesurée en millibars; indiquée sur la carte ci-dessous) pour prévoir plus précisément la manière dont le front se déplacera.



3. À l'aide des données sur la pression atmosphérique et sur le front froid figurant sur la carte, décrivez comment l'air se déplace au point A. Expliquez pourquoi il se déplace de cette manière. Décrivez maintenant comment l'air se déplace au point B. Expliquez pourquoi il se déplace de cette manière.

4. À l'aide des données sur la pression atmosphérique et de vos connaissances sur la manière dont l'air se déplace aux points A et B, expliquez *pourquoi* les météorologues prévoient que le front se déplacera *probablement* vers le Nebraska.

5. Pensez à la température des masses d'air qui constituent un front froid et aux données sur la pression atmosphérique de la carte à la page précédente. Lorsque le front froid atteindra le Nebraska, qu'arrivera-t-il à l'air chaud qui s'y trouve présentement? **Dessinez et étiquetez un modèle transversal dans la case ci-dessous** pour montrer comment les masses d'air interagiront.

Votre modèle doit montrer :

- la masse d'air chaud
- la masse d'air froid
- l'emplacement du front froid
- la direction du déplacement du front froid
- ce qui amène le front froid à se déplacer de cette façon

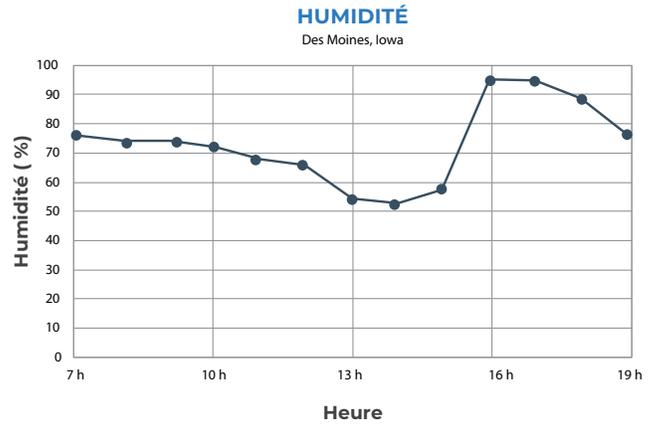
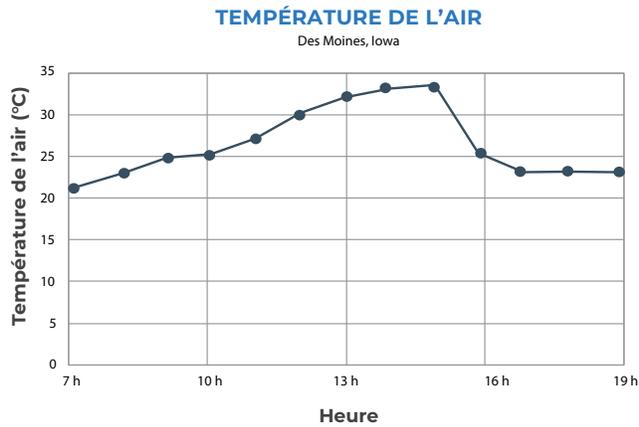


Ajoutez des flèches et des étiquettes et utilisez des couleurs pour vous aider à expliquer ce qui arrive aux deux masses d'air de votre modèle.

6. Expliquez *pourquoi* l'air chaud et l'air froid se déplaceront de la façon montrée sur votre modèle.
7. Avant que le front froid se déplace au Nebraska, les élèves ont remarqué que le temps était moite et humide. À l'aide de votre modèle, expliquez *pourquoi* il pleuvra probablement au Nebraska pendant la cérémonie de remise des diplômes.

8. Une école à Des Moines, dans l'Iowa, est confrontée à un problème similaire. Le jour de la remise des diplômes, vers 16 h, il y a eu un orage qui s'est dissipé environ une heure plus tard.

À l'aide des données sur la température et l'humidité de l'air des graphiques ci-dessous, analysez la tempête.

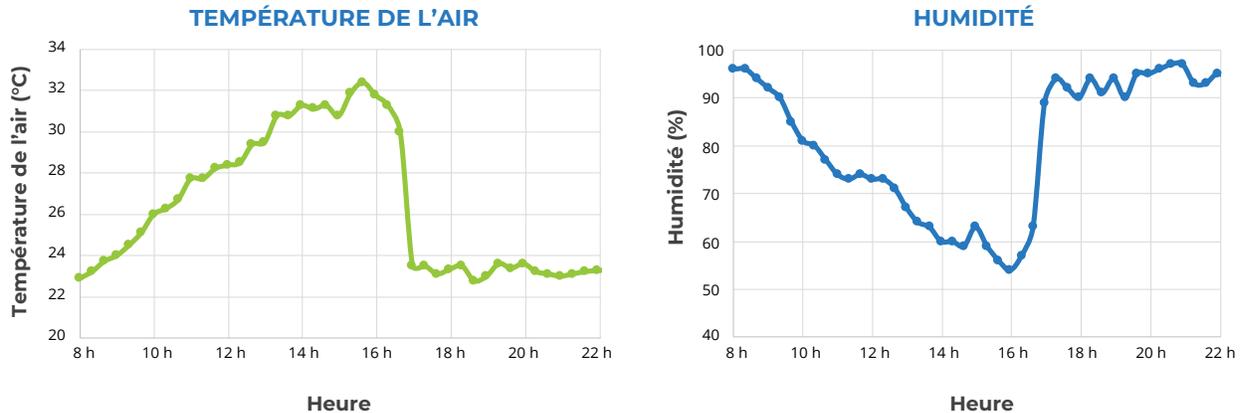


- Pensez à la manière dont la température de l'air et la température de la surface sont différentes. Les scientifiques ont signalé que la température de surface du sol à 7 h était de 23 °C. **Tracez une nouvelle ligne sur la courbe de température de l'air ci-dessus** pour montrer comment la température de surface change pendant la journée.
- Expliquez pourquoi la température de surface du sol suivrait la ligne que vous avez tracée.

9. À l'aide des données sur la température et l'humidité des graphiques ci-dessus, expliquez pourquoi il a plu l'après-midi.

Évaluation de la séquence d'apprentissage 1 : Du nuage à la tempête

Une tempête isolée s'est déchaînée à Rockwall, au Texas, le 26 août 2017. Les graphiques ci-dessous montrent comment la température de l'air et l'humidité ont changé au cours de la journée. Servez-vous des données dans les graphiques ci-dessous pour répondre aux questions suivantes.



1. À quelle heure pensez-vous que la tempête a commencé? Expliquez votre raisonnement à l'aide des données sur la température et l'humidité.

Indicateur de rendement : Analysent et interprètent les données pour étayer leur raisonnement sur la relation entre les changements de température et d'humidité et les tempêtes.

Indicateurs de progrès

- Les élèves indiquent que l'orage s'est abattu entre 16 h et 17 h. Les élèves expliquent qu'à ce moment-là, la température de l'air a diminué et l'humidité a augmenté, ce qui est un indicateur de tempête.

Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves indiquent une heure différente pour l'arrivée de la tempête .
- Les élèves ne relèvent pas l'humidité élevée comme facteur clé.
- Les élèves se concentrent davantage sur la température que sur l'humidité.

Suggestions : Revoyez les graphiques d'une journée ensoleillée et d'une journée orageuse de la leçon 4. Demandez aux élèves pourquoi une faible humidité ne serait pas une bonne condition pour un orage. Demandez aux élèves ce qui arrive à l'eau de surface (lacs, océan, rivières, humidité du sol) lorsque les températures se réchauffent pendant la journée (évaporation).

2. À Rockwall, au Texas, le soleil s'est levé à 6 h 57 le 26 août. Expliquez pourquoi la température de l'air a changé comme elle l'a fait entre 8 h et 12 h.

Indicateur de rendement : Analysent et interprètent les données pour étayer leur raisonnement sur la relation entre les changements de l'énergie de la lumière du soleil et les changements de température de l'air pendant une journée.

Indicateurs de progrès

- Les élèves indiquent que lorsque le soleil se lève, il réchauffe la surface de la Terre (le sol). Plus le soleil se trouve directement au-dessus du sol, plus le sol et l'air au-dessus du sol se réchauffent. C'est pourquoi il y a une faible hausse de la température le matin.

Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves se concentrent sur le soleil qui réchauffe les molécules de l'air directement d'en haut.
- Les élèves se concentrent sur la température de l'air qui est touchée surtout par la couverture nuageuse et ils ne font pas le lien avec le réchauffement de la surface.

Suggestions : Revoyez les mesures de température de Longmont dans la leçon 3. Parlez de ce qui arrive lorsque l'énergie du soleil atteint la Terre.

3. La température de l'air a été mesurée à environ un mètre au-dessus du sol. Tracez une ligne sur le graphique de température de l'air pour montrer comment, à votre avis, la température du sol a changé au cours de la journée. Expliquez ensuite pourquoi, à votre avis, la température de la surface a changé de cette manière.

Indicateur de rendement : Dessinent un graphique pour montrer comment les données sur la température de la surface seraient différentes des données sur la température à plus haute altitude.

Indicateurs de progrès

- Les élèves indiquent correctement les données sur la température de la surface, en tenant compte (du moins la plupart du temps) des données sur la température de l'air, la température de surface étant plus élevée que la température de l'air.
- Les élèves expliquent que le sol est réchauffé par le soleil, ce qui réchauffe ensuite l'air au-dessus de lui.

Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves indiquent que la température de la surface est plus froide que la température de l'air.
- Les élèves expliquent que l'air est réchauffé par le soleil au-dessus, et non pas par le sol en-dessous.

Suggestions : Même que pour la question 2.

4. La température de l'air près de la surface est différente de la température de l'air à plus haute altitude. Expliquez en quoi elles sont différentes et pourquoi cette différence est nécessaire pour qu'une tempête se développe.

Indicateur de rendement : Expliquent comment la température de l'air à la surface et dans l'atmosphère crée des conditions propices au développement de tempêtes.

Indicateurs de progrès

- Les élèves mentionnent les conditions de température de l'air liées à l'évaporation et à la condensation, en indiquant que les températures plus chaudes près de la surface sont liées à l'évaporation et les températures plus froides près des nuages sont liées à la condensation, ce qui donne naissance aux nuages et aux tempêtes.
- Si le point est utilisé après la leçon Explorer/avant la leçon Expliquer, il est acceptable que les élèves ne mentionnent pas que l'air chaud peut évaporer davantage d'humidité. Si ce point est utilisé après la leçon Expliquer, les élèves peuvent le mentionner ici.

Idées incomplètes ou imprécises

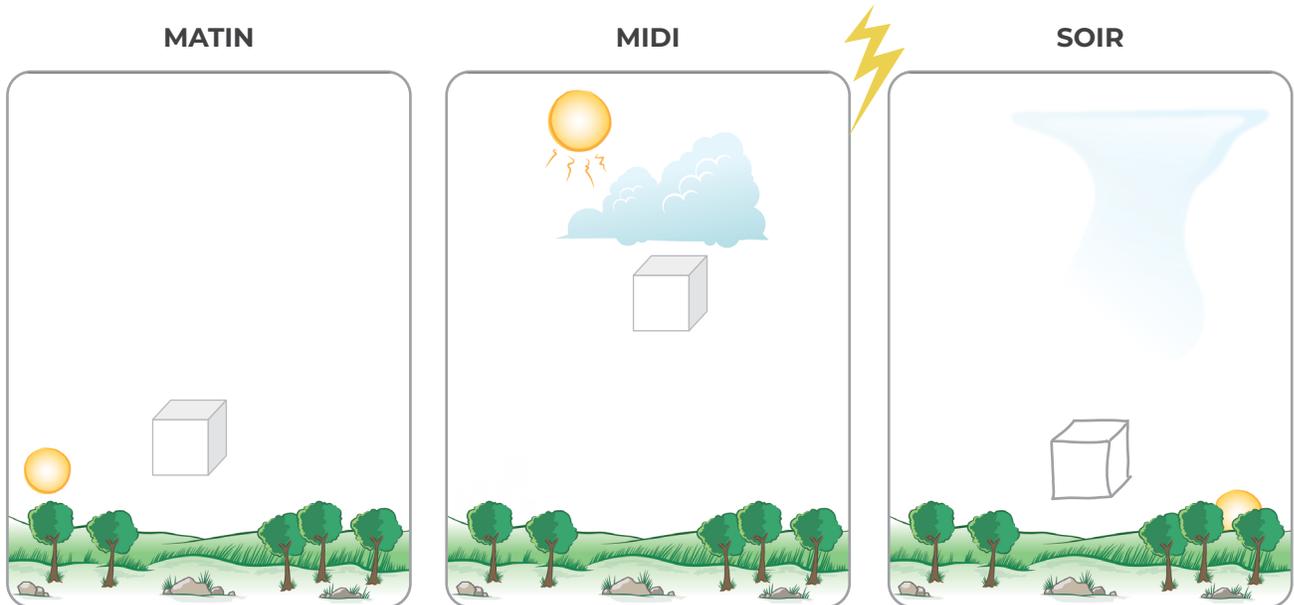
- Les élèves ne lient pas les changements de température à l'évaporation ou à la condensation.
- Les élèves n'indiquent pas un gradient de température précis du sol vers les nuages.

Suggestions :

- Revoyez les données de la leçon 3 que les élèves ont recueillies dans le cadre de l'élément Ballon virtuel interactif. Parlez de ce qui arrive à l'eau à la surface quand elle est réchauffée et ce qui lui arrive, à des températures plus froides.
 - Inversez le gradient de température et demandez aux élèves d'expliquer les changements si c'était le cas : S'il faisait chaud dans les nuages, qu'arriverait-il à l'eau? S'il faisait froid à la surface, qu'arriverait-il à l'eau?
-

Les images ci-dessous montrent un endroit à trois moments différents d'une journée : le matin, le midi et le soir. La journée était ensoleillée le matin et puis un orage, qui a duré une heure, s'est annoncé vers 15 h.

Les boîtes dans les images représentent une « poche » d'air qui se déplace au fil du temps. Le matin, l'air se trouve à proximité du sol. À midi (12 h), la poche d'air s'est déplacée plus haut dans l'atmosphère. Répondez aux questions ci-dessous pour compléter le modèle et expliquer ce qu'il indique sur l'orage.



5. Dessinez une boîte pour montrer où, à votre avis, la poche d'air pourrait se trouver sur le diagramme « Soir ».

Indicateur de rendement : Dessinent un modèle pour montrer comment l'air monte et descend pendant une journée.

Indicateurs de progrès

- La boîte est dessinée près de la surface ou plus bas que la boîte du milieu.

Idées incomplètes ou imprécises

- La boîte est dessinée plus haut ou au même niveau que la boîte du milieu.

Suggestions : Revoyez la démonstration avec le ballon en mylar (leçon 5). Demandez aux élèves de parler de ce qui est arrivé à l'air chaud quand il s'est élevé plus haut dans l'atmosphère où il fait plus frais.

6. Expliquez pourquoi vous avez placé la boîte à cet endroit.

Indicateur de rendement : Dessinent un modèle pour montrer comment l'air monte et descend au cours d'une journée.

Indicateurs de progrès

- L'explication comprend des idées concernant l'air qui refroidit et/ou qui descend. Les élèves peuvent également mentionner que la vapeur s'est condensée dans l'air lorsque la tempête s'est développée et/ou parler des particules d'air se rapprochant tandis que l'air se refroidit, ce qui le fait retomber à la surface.

Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves pensent que l'air continue à monter après la tempête.
- Les élèves pensent que l'air refroidit mais reste à la même altitude.
- Les élèves pensent qu'il y a de l'air chaud au-dessus des nuages et que l'air frais reste en dessous des nuages (indiquant que l'air est réchauffé par le soleil directement et non par le sol en-dessous).

Suggestions : Revoyez la démonstration avec le ballon en mylar et/ou la lecture sur l'air en déplacement (leçon 5).

7. Pensez-vous que la température de l'air et l'humidité dans la boîte augmentent, diminuent ou restent inchangées au cours de la matinée et le midi (juste avant la tempête)? Entourez vos réponses pour chaque moment de la journée, dans le tableau ci-contre.

	TEMPÉRATURE	HUMIDITÉ
MATIN	Augmente Diminue Reste la même	Augmente Diminue Reste la même
MIDI	Augmente Diminue Reste la même	Augmente Diminue Rester la même

Expliquez pourquoi, à votre avis, la température et l'humidité ont changé de cette manière le matin, puis vers midi, juste avant la tempête isolée.

Indicateur de rendement : Modifient un modèle pour décrire les relations entre la température de l'air, l'humidité, l'heure de la journée et l'altitude.

Indicateurs de progrès

- Les réponses aux questions 3 et 4 ne sont pas complètement claires, alors voyez les explications des élèves ici pour déterminer s'ils sont sur la bonne voie.
- *Matin :* le schéma de la journée orageuse montre généralement une hausse de la température et une baisse de l'humidité. Sous Humidité, les élèves peuvent entourer « augmente » et expliquer que dès que le soleil se lève, l'énergie du soleil réchauffe la surface et évapore l'eau. Avec cette explication, l'humidité qui augmente serait une réponse logique. Si les élèves en savent plus sur le calcul de l'humidité relative par rapport à la température, ils comprendront pourquoi l'humidité diminue même si la quantité d'eau augmente.
- *Midi :* le schéma de la journée orageuse montre généralement une augmentation rapide de l'humidité et une légère baisse de température pendant une tempête isolée. Les élèves doivent savoir que les deux variables augmentent pour créer des conditions propices aux tempêtes, mais ils peuvent également entourer « diminue », sous Température et expliquer pourquoi cela se produit juste avant une tempête.

Idées incomplètes ou imprécises

- Des explications qui contredisent le schéma de la journée orageuse, par exemple, se servir du schéma d'une journée ensoleillée, soit une hausse des températures et une baisse de l'humidité en mi-journée pour expliquer l'annonce de la tempête, dénotent des idées incomplètes ou imprécises.

Suggestions : Relisez les graphiques d'une journée ensoleillée et d'une journée orageuse de la leçon 4. Demandez aux élèves de relire leurs descriptions de graphiques (étapes 1-2), d'exprimer leurs idées et d'écrire une légende qui résume les graphiques du schéma de la journée orageuse pour le matin, le midi et le soir.

8. Un élève affirme que la boîte s'agrandirait entre le matin et le midi, en supposant que les molécules ne peuvent pas s'échapper de la boîte. Êtes-vous en accord ou en désaccord? Expliquez votre raisonnement.

Indicateur de rendement : Font la critique d'un modèle pour établir le lien entre la température de l'air, l'agencement des particules et l'heure de la journée.

Indicateurs de progrès

- En accord. Au fur et à mesure que la chaleur se transfère aux particules d'air, celles-ci s'agitent et s'espacent, ce qui ferait s'élargir la boîte.
- Si les élèves ont entendu parler du mouvement des particules, ils pourraient mentionner que le transfert d'énergie thermique se traduit par un gain d'énergie cinétique pour les particules.

Idées incomplètes ou imprécises

- En désaccord. Avec cette réponse, la seule façon d'expliquer l'expansion de la boîte est qu'on retrouve plus de molécules d'air à l'intérieur.

Suggestions : Revoyez la démonstration avec le ballon en mylar et/ou la lecture sur l'air en mouvement (leçon 5).

9. Un autre élève affirme que s'il y avait une autre boîte haut dans l'atmosphère à midi, l'air qu'elle contient serait plus froid que l'air en-dessous, alors elle descendrait vers le sol. Êtes-vous en accord ou en désaccord? Expliquez votre raisonnement.

Indicateur de rendement : font la critique d'un modèle pour décrire la manière dont l'air se déplace en raison de la température.

Indicateurs de progrès

- En accord. L'air plus froid descend pendant que l'air chaud monte dans le processus de convection.

Idées incomplètes ou imprécises

- En désaccord. L'air plus élevé dans l'atmosphère est toujours plus froid, alors il ne descend pas. Comme les élèves ont appris que l'air se réchauffe près de la surface et est plus froid plus haut dans la troposphère, ils peuvent supposer que l'air froid doit être à une altitude plus élevée.

Suggestions : Revoyez la démonstration avec le ballon en mylar et/ou la lecture sur l'air en mouvement (leçon 5).

10. Avec ce que vous avez appris sur les schémas de température et d'humidité d'une journée orageuse, expliquez pourquoi la tempête s'est levée l'après-midi au lieu du matin.

Indicateur de rendement : Expliquent la relation entre les changements de température et d'humidité de l'air sur une journée et la formation de nuages d'orage avec l'altitude.

Indicateurs de progrès

- Les élèves mentionnent qu'il faut du temps pour que l'air se réchauffe et que l'eau s'évapore. Il faut également du temps pour que l'humidité se déplace de la surface vers la haute atmosphère.

Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves se concentrent uniquement sur la température ou sur l'humidité et ne mentionnent pas que c'est la combinaison des deux qui crée les conditions propices à la tempête.
- Les élèves ne mentionnent rien sur l'heure ou l'énergie du soleil, ce qui indiquerait qu'ils comprennent que l'énergie du soleil déclenche des processus tels que l'évaporation et la convection.

Suggestions :

- Demandez aux élèves de réfléchir aux raisons pour lesquelles de nombreuses journées commencent sous un ciel clair et que des nuages se forment au cours de l'après-midi. Demandez aux élèves d'écrire, étape par étape, ce qu'il faut qu'il arrive pour que les nuages se forment par temps clair.
 - Revoyez le modèle de consensus et le suivi des idées modèles. Voir quelles idées modèles aideraient les élèves à répondre à cette question.
-

11. Décrivez comment l'énergie du soleil contribue à la tempête.

Indicateur de rendement : Expliquent pourquoi les tempêtes isolées dépendent des variations d'ensoleillement.

Indicateurs de progrès

- Les élèves mentionnent le rôle du soleil ou de l'énergie solaire dans le réchauffement de la surface et l'évaporation de l'eau à la surface. Ils peuvent également mentionner que l'air plus chaud à la surface monte, amenant l'humidité ou la vapeur d'eau plus haut dans l'atmosphère.

Idées incomplètes ou imprécises

- Les réponses portent uniquement sur des températures chaudes ou uniquement sur l'évaporation et non sur la combinaison des deux.
- Les réponses portent sur le réchauffement direct de l'air par la lumière du soleil.

Suggestions : Relisez les modèles du réchauffement de la Terre et/ou le Suivi des idées modèles des élèves. Demandez aux élèves d'établir un lien entre l'énergie du soleil, la circulation des molécules d'air et la convection.

Évaluation de la séquence d'apprentissage 2 : Un front se dirige vers vous

La carte 1, à droite, montre les températures maximales de l'air (°C) au nord-est des États-Unis le 28 juin, et la carte 2 montre l'humidité (%).

Les prévisions météorologiques **pour le lendemain** (29 juin) dans le centre de la Pennsylvanie (représenté par une étoile sur les cartes ★) indiquent ce qui suit :

▶ Les températures vont chuter entre 15 et 20 °C, et il y aura un risque d'orage en après-midi.

Répondez aux questions suivantes pour expliquer comment les météorologues ont utilisé les données de ces cartes pour déterminer l'arrivée d'une tempête dans le centre de la Pennsylvanie.

1. Sur chaque carte, la ligne avec les triangles indique l'emplacement d'un front froid. Décrivez la température et l'humidité de l'air des deux côtés du front.

À l'est du front (à droite du front sur la carte) :
À l'ouest du front (à gauche du front sur la carte) :

Indicateur de rendement : Se servent des données sur la température et l'humidité pour décrire les caractéristiques des masses d'air à un front froid.

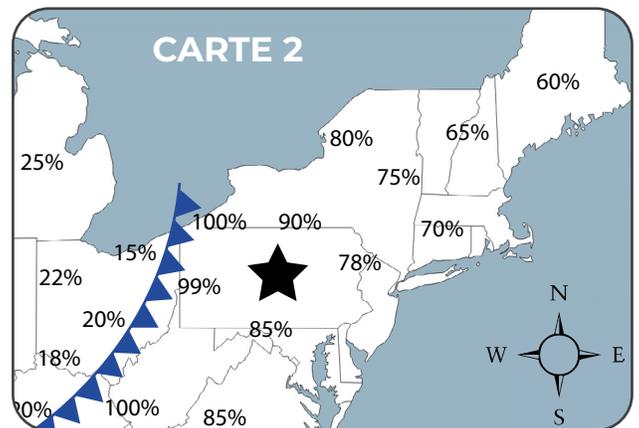
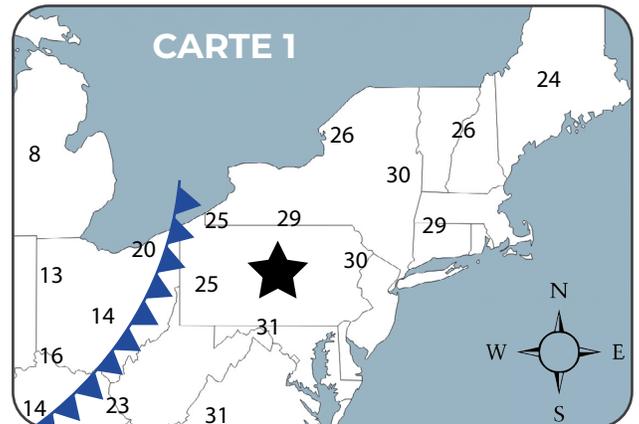
Indicateurs de progrès

- Les élèves se servent des données sur la température et l'humidité sur les cartes pour expliquer la présence d'air chaud et humide à l'est du front et d'air plus froid et moins humide à l'ouest sur le front.

Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves se concentrent uniquement sur les différences de température et ne tiennent pas compte de l'importance de l'humidité dans la caractérisation des masses d'air.

Suggestions : Si les élèves ne réussissent pas bien, demandez-leur d'appliquer les stratégies de codage par couleur qu'ils ont vues dans la Séquence d'apprentissage 2 pour donner un sens aux données cartographiées. Par exemple, demandez aux élèves de colorier les températures plus chaudes en rouge et les températures plus froides en bleu. Ils pourraient également coder en couleur la carte des taux d'humidité élevé et bas.



2. Avec ce que vous savez sur l'air des deux côtés du front, décrivez comment l'air se déplace sur le front.

Indicateur de rendement : Analysent les données sur la température et l'humidité pour décrire l'interaction des masses d'air à un front froid.

Indicateurs de progrès

- Les élèves mentionnent que l'air plus chaud sur le côté droit (à l'est) est poussé vers le haut par l'air plus froid derrière (à l'ouest du) le front froid.

Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves se concentrent sur le vent et les tempêtes et sur le déplacement horizontal de l'air, mais ne tiennent pas compte du déplacement vertical de l'air le long du front, là où les masses d'air interagissent.

Suggestions : Revoyez la démonstration Une masse d'air chaud rencontre une masse d'air froid (leçon 9) avec le réservoir de densité. Demandez à vos élèves ce qui se passe au point où les deux masses d'air du modèle se rencontrent.

3. Sur une carte de la page précédente, dessinez un **D** pour montrer où, à votre avis, devrait se trouver la zone de pression atmosphérique la plus basse (système dépressionnaire) et un **A** pour montrer où devrait se trouver la zone de pression atmosphérique la plus élevée (anticyclone). Expliquez pourquoi vous mettez le A et le D là où vous les avez placés.

Indicateur de rendement : *Analysent et interprètent les données sur la température et l'humidité pour préciser les zones de haute et de basse pression.*

Indicateurs de progrès

- Les élèves placent le D sur le symbole du front ou à l'extrémité nord du front. Ils placent un A derrière le front dans la masse d'air plus froid.
- Les élèves expliquent que la zone de basse pression est l'endroit où l'air est ascendant et la zone de haute pression est l'endroit où l'air est relativement plus froid et descendant.

Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves peuvent lier la basse pression atmosphérique uniquement à des tempêtes et la haute pression uniquement à un ciel bleu et ne pas faire le lien avec l'air qui monte ou qui descend. Cela n'est pas inexact, mais c'est incomplet.
- Les élèves placent la zone de basse pression devant le front. Les élèves peuvent associer les couleurs utilisées pour les symboles à la température et donc dessiner un D de la couleur des températures plus chaudes et un A, de la couleur des températures plus froides.

Suggestions : *Relisez la leçon 10 qui porte sur la pression atmosphérique. Revoyez également les données sur la pression atmosphérique de la Freedom High School (leçon 10) où les élèves ont relevé la pression la plus basse, juste sur le front, et la pression la plus haute, après le passage du front.*

4. Décrivez comment, à votre avis, la pression atmosphérique devrait changer dans le centre de la Pennsylvanie (représenté par une ★ sur les cartes de la page précédente) du 28 juin au 29 juin, alors qu'un front froid le traverse. Expliquez votre raisonnement.

Indicateur de rendement : *Analysent et interprètent les données sur la température et l'humidité pour prévoir les changements dans la pression atmosphérique au fil du temps.*

Indicateurs de progrès

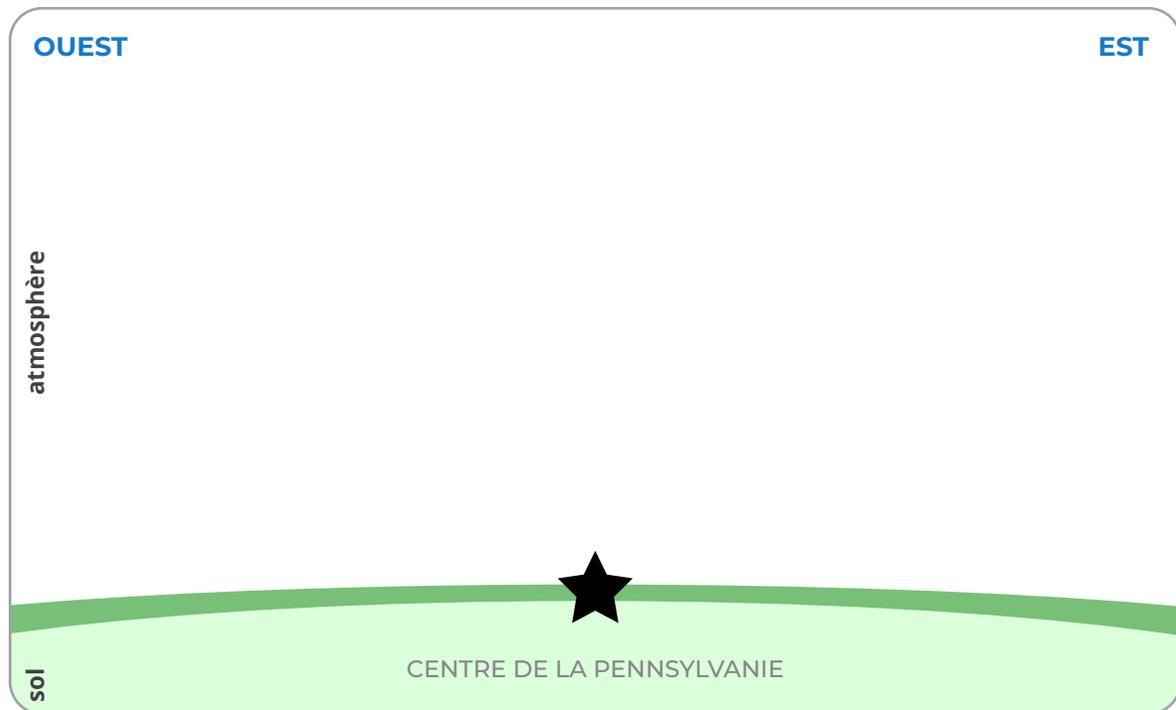
- Les élèves confirment qu'il y aura une baisse de pression du 28 juin au 29 juin, à l'arrivée du front.

Idées incomplètes ou imprécises

- Certains élèves peuvent croire que la pression est déjà basse le 28 juin et qu'elle sera plus haute le 29 juin. Rappelez-leur que le 28 juin est la veille du front et le 29 juin est le jour du passage du front.

Suggestions : *Relisez la leçon 10 qui porte sur la pression atmosphérique. Revoyez également les données sur la pression atmosphérique de la Freedom High School (leçon 10) où les élèves ont relevé la pression la plus basse, juste sur le front, et la pression la plus haute, après le passage du front.*

5. Dessinez un modèle transversal ci-dessous pour montrer comment les masses d'air interagissent le long du front froid à mesure qu'il traverse le centre de la Pennsylvanie (représenté par une ★) le 29 juin. Votre modèle devrait indiquer:
- l'emplacement du front froid.
 - l'emplacement des masses d'air (et noter la température, l'humidité et la pression atmosphérique).
 - le déplacement de l'air, à l'aide de flèches.
 - là où une tempête pourrait se développer.



6. Comment le mouvement de l'air représenté dans votre modèle transversal peut-il contribuer à une tempête? Expliquez votre raisonnement.

Indicateur de rendement pour 5 et 6 : Développent et utilisent un modèle de front froid pour décrire comment l'air froid pousse l'air chaud plus haut dans l'atmosphère où il refroidit et comment la vapeur d'eau se condense pour former des nuages.

Indicateurs de progrès

- Les élèves placent avec précision un front froid entre une masse d'air chaud et une masse d'air froid.
- Les élèves indiquent que la masse d'air chaud est plus humide.
- Les élèves indiquent que la masse d'air froid est moins humide.

Les élèves indiquent le mouvement ascendant de l'air chaud lorsque l'air froid se glisse dessous, ce qui favorise la formation de nuages et des précipitations sur ou près du front.

Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves se concentrent uniquement sur les différences de température et ne tiennent pas compte de l'importance de l'humidité dans la caractérisation des masses d'air à l'avant et derrière le front.
- Les élèves se concentrent sur le vent et le déplacement horizontal de l'air, mais ne tiennent pas compte du déplacement vertical de l'air alors que l'air chaud est soulevé et que l'air froid pousse en dessous.
- Les élèves placent les tempêtes dans la masse d'air plus chaud et non le long du front.

Suggestions : Revoyez la démonstration Une masse d'air chaud rencontre une masse d'air froid (leçon 9) avec le réservoir de densité. Demandez à vos élèves ce qui se passe à l'endroit précis où les deux masses d'air du modèle se rencontrent.

7. Ajoutez un **A** à votre modèle transversal pour montrer où la pression atmosphérique serait la plus élevée et un **D** là où elle serait la plus basse. Comment ces différences dans la pression atmosphérique causent-elles le déplacement de l'air?

Indicateur de rendement : Développent et utilisent un modèle pour décrire comment la variation de la pression atmosphérique, en fonction de la température, amène l'air des zones de haute pression à se déplacer et à pousser l'air des zones de pression plus basse.

Indicateurs de progrès

- Les élèves indiquent qu'une zone de haute pression se trouve derrière le front avec la masse d'air plus froid.
- Les élèves indiquent qu'une zone de basse pression se trouve près du front où l'air chaud est soulevé et également près de la surface.
- Les élèves incluent dans leur modèle la manière dont l'air se déplace d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression. Les élèves peuvent l'indiquer à l'aide de flèches ou des mots.

Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves indiquent que la zone de basse pression se trouve devant le front et non pas le long du front, ce qui montre qu'ils associent une basse pression atmosphérique à la masse d'air.
- Les élèves n'incluent pas de description ou de symboles illustrant la manière dont la pression atmosphérique influence le déplacement de l'air. Les élèves peuvent ne pas comprendre le déplacement horizontal de l'air de la zone de haute pression vers la zone de basse pression.
- Les élèves ne font pas de lien entre la température plus froide et l'air descendant ou le flux d'air qui s'éloigne des zones de haute pression.

Suggestions : Relisez la leçon 10 qui porte sur la pression atmosphérique. Relisez également les données sur la pression atmosphérique de la Freedom High School (leçon 10) où les élèves ont relevé la pression la plus basse, juste sur le front, et la pression la plus haute, après le passage du front.

8. À l'aide de votre modèle et des données sur la température et l'humidité sur les cartes, expliquez pourquoi il pleuvra probablement dans le centre de la Pennsylvanie (★).

Indicateur de rendement : Analysent et interprètent les données sur la température et l'humidité pour étayer une affirmation selon laquelle un front froid s'accompagne de pluie.

Indicateurs de progrès

- Les élèves utilisent les données sur la température et l'humidité des cartes pour expliquer que l'air chaud et humide, sur un côté du front, est poussé par l'air plus froid qui se trouve derrière le front. Lorsque l'air chaud et ascendant refroidit dans la haute atmosphère, l'eau se condense pour former des nuages et des tempêtes.

Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves décrivent le front froid comme étant orageux sans expliquer la force d'ascension de l'air chaud et humide.
- Les élèves associent l'air derrière le front à des tempêtes, mais pas nécessairement comme contribuant à la montée de l'air chaud et humide.
- Les élèves ne mentionnent pas que l'air chaud et ascendant refroidit finalement et que l'eau se condense dans l'air à des températures plus froides, dans la haute atmosphère.

Suggestions : Revoyez le Suivi des idées modèles et le Modèle de consensus de la classe de la séquence d'apprentissage 2. Discutez de ce qui arrive à l'humidité à l'endroit où les deux masses d'air se rencontrent. Discutez de ce qui pourrait accroître le risque de pluie (humidité plus élevée dans la masse d'air chaud) et ce qui pourrait diminuer le risque de pluie (moins d'humidité dans la masse d'air chaud).

9. Dans le tableau ci-dessous, décrivez deux similitudes et deux différences dans la manière dont les tempêtes isolées et les tempêtes de front froid se développent.

	SIMILITUDES	DIFFÉRENCES
1		
2		

Indicateur de rendement : Avec ce qu'ils savent sur les tempêtes causées par des fronts froids et des tempêtes isolées, font des comparaisons sur leurs similitudes et leurs différences.

Indicateurs de progrès

- Les élèves indiquent les similitudes, notamment le rôle clé de l'air chaud ascendant et de l'humidité élevée dans la formation de tempête.
- Les élèves indiquent les différences, notamment la durée (calculée en heures pour les tempêtes isolées et en jours pour les tempêtes de front froid), l'échelle spatiale (endroit unique, pour les tempêtes isolées par rapport à front régional pour les tempêtes qui accompagnent un front froid), et le fait que des masses d'air interagissent entre elles dans les fronts froids, tandis que les tempêtes isolées se produisent à l'intérieur d'une masse d'air.

Idées incomplètes ou imprécises

- Toute idée incomplète ou inexacte mentionnée précédemment pourrait être incluse ici.
- Les élèves se concentrent uniquement sur les différences de température et ne tiennent pas compte du rôle clé de l'humidité dans la formation d'une tempête

Suggestions : Comparez les modèles de consensus de la classe préparés à partir des séquences d'apprentissage 1 et 2. Discutez des idées modèles du Suivi des idées modèles qui se rapportent aux deux types de tempêtes et qui sont exclusives à l'un ou l'autre type de tempête.

10. Quelles sont les raisons qui pourraient expliquer pourquoi une masse d'air aurait une température plus élevée qu'une autre masse d'air? Expliquez chaque raison.
11. Pensez à ce que vous savez sur la température de l'air autour de la Terre. Certaines zones sont généralement plus chaudes que d'autres. Qu'est-ce qui fait que certaines régions sont plus chaudes que d'autres?

Indicateur de rendement pour les questions 10 et 11 (progrès) : Utilisent leurs connaissances sur la relation entre la lumière du soleil et la température de l'air, sur le fait que différents endroits peuvent recevoir des quantités différentes de lumière solaire et que les masses d'air se déplacent d'un endroit à un autre, pour expliquer les différences de température entre deux masses d'air.

Recherchez les éléments suivants :

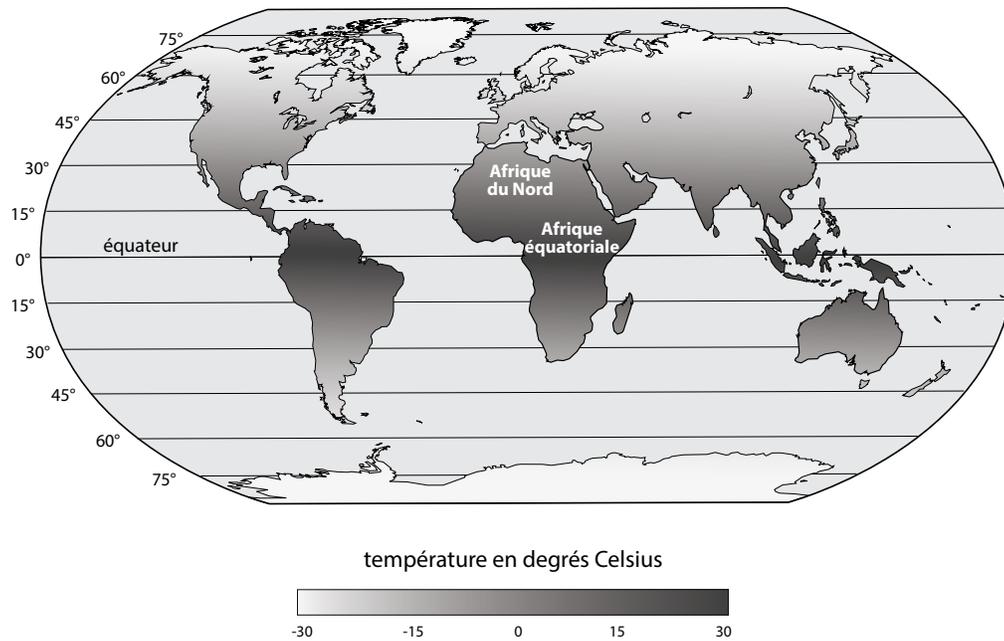
- Les élèves mentionnent que l'emplacement géographique des masses d'air est important.
- Les élèves mentionnent les liens entre la lumière du soleil et le réchauffement de la Terre.
- Les élèves mentionnent la latitude (endroits chauds près de l'équateur, endroits froids près des pôles).
- Les élèves mentionnent que la saison ou l'heure de l'année pourraient être liées.

Suggestions : Servez-vous des idées des élèves en réponse aux questions 7 et 8 pour façonner vos instructions pendant la séquence d'apprentissage 3.

Évaluation de la séquence d'apprentissage 3 : Systèmes météorologiques dans le monde

L'Afrique du Nord est très sèche et reçoit très peu de pluie tout au long de l'année. Cependant, l'Afrique équatoriale affronte de nombreuses tempêtes, ce qui signifie beaucoup de précipitations. Examinez la carte ci-dessous.

CARTE 1. TEMPÉRATURE ANNUELLE MOYENNE DANS LE MONDE.



1. Répondez aux questions pour expliquer ce qui cause les différents schémas de température sur la carte ci-dessus.
 - a. Comparez la température annuelle moyenne de l'Afrique équatoriale à la température annuelle moyenne de l'Afrique du Nord.
 - b. Expliquez pourquoi les températures annuelles moyennes sont différentes dans ces deux régions.

Indicateur de rendement : Expliquent comment le réchauffement irrégulier de la surface de la Terre cause des températures annuelles moyennes différentes dans différentes régions d'Afrique.

Indicateurs de progrès

- Question 1a : Les élèves indiquent que les températures annuelles proches de l'équateur sont plus chaudes en moyenne que près de 30° N.
- Question 1b : Les élèves doivent indiquer dans leur explication qu'en raison du réchauffement irrégulier de la surface de la Terre, les températures sont plus chaudes en moyenne près de l'équateur. C'est parce que la lumière du soleil frappe directement la Terre près de l'équateur et qu'elle est plus concentrée ou directe, ce qui élève les températures. À des latitudes plus élevées, la même quantité de lumière solaire est distribuée sur une zone plus grande en raison de la courbure de la Terre, de sorte que la lumière est plus étendue et les températures, plus froides.

Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves nomment cela « réchauffement irrégulier de la surface de la Terre » dans leur explication, sans décrire complètement le comment ou le pourquoi et la manière dont cela augmente ou diminue les températures.
- Les élèves expliquent que les températures sont plus chaudes près de l'équateur, car ces endroits sont « plus proches du soleil » et les températures sont plus froides à des latitudes plus élevées, car ces endroits sont « plus éloignés du soleil ».

Suggestions : Revoyez la leçon 13 : Étape 1, si les élèves ont de la difficulté à voir que les températures sont plus chaudes autour de l'équateur et plus froides au niveau des pôles. Leçon 13 : Les étapes 2 et 3 aideront les élèves à voir que le rayonnement solaire est plus concentré au niveau de l'équateur et plus répandu à des latitudes plus élevées, ce qui entraîne des différences de températures moyennes annuelles.

2. Servez-vous de la section transversale ci-dessous pour montrer ce qui se passe dans l'atmosphère au-dessus de l'Afrique. Concentrez-vous sur les tropiques, qui se situent entre les latitudes 30° N et 30° S.

- À l'aide de flèches, montrez comment l'air se déplace de l'équateur vers les latitudes moyennes (de 0° à 30° N et également de 0° à 30° S).
- Dessinez des nuages où, à votre avis, devrait se trouver la plus grande couverture nuageuse dans l'atmosphère au-dessus de l'Afrique.
- Ajoutez un **A** pour les zones de haute pression et un **D** pour les zones de basse pression.

Indicateur de rendement : Développent un modèle pour montrer le déplacement de l'air entre la surface de la Terre et l'atmosphère.

Indicateurs de progrès

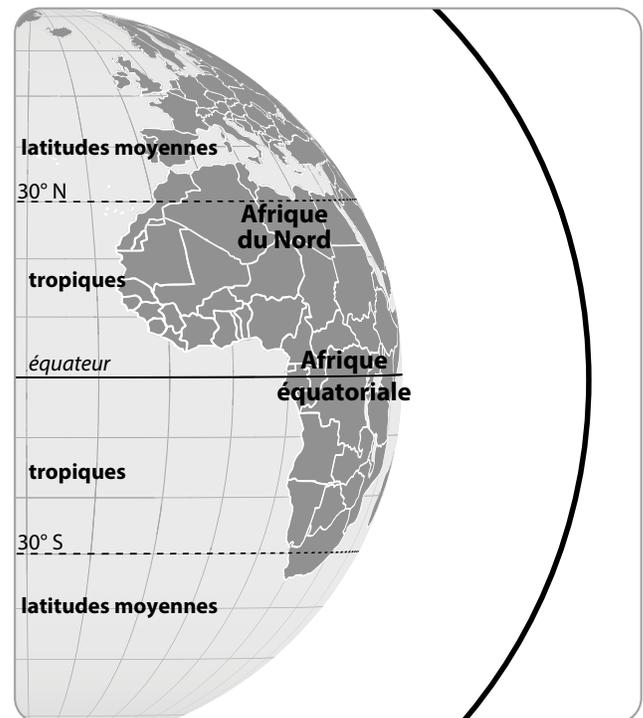
- Question 2a : Les élèves dessinent des flèches circulaires montrant l'air ascendant près de l'équateur, descendant près de la latitude 30° N et se déplaçant vers l'équateur à la surface de la Terre.
- Question 2b : Les élèves ajoutent des nuages à la zone dans l'atmosphère au-dessus de l'équateur. Cela indique qu'ils ont transféré le modèle de couverture nuageuse de la carte 1.
- Question 2c : Les élèves indiquent des zones de basse pression près de l'équateur et des zones de haute pression près de la latitude 30° N.
- Les élèves n'ont pas besoin de nommer cela « circulation mondiale de l'air » ou « cellules de convection globale ».

Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves dessinent certaines des idées suivantes, mais pas toutes : L'air monte près de l'équateur, l'air descend près de la latitude 30° N et l'air circule à la surface de la Terre vers l'équateur. Cela indique qu'ils ont développé certaines des idées concernant la température, la pression et le déplacement de l'air, mais qu'ils n'ont pas associé tous les éléments.

Suggestions : Revoyez la démonstration du réservoir de convection de la leçon 14 : Étapes 2 et 3 ou le diagramme de la leçon 14 : Étape 5, pour aider les élèves à visualiser comment l'air se déplace sous les tropiques.

**DÉPLACEMENT DE L'AIR DANS L'ATMOSPHÈRE
AU-DESSUS DE L'AFRIQUE**



3. Expliquez comment les différentes températures annuelles moyennes sous les tropiques et les latitudes moyennes contribuent aux différents schémas de circulation de l'air dans les deux régions que vous avez dessinées dans la section ci-dessus.

Indicateur de rendement : Se servent d'un modèle pour expliquer comment différentes températures annuelles moyennes entraînent des schémas de déplacement de l'air en Afrique centrale et du Nord.

Indicateurs de progrès

- Déplacement vertical de l'air : Les élèves expliquent comment l'air chaud près de l'équateur, en Afrique tropicale, signifie que les molécules d'air se déplacent plus vite, se propagent plus loin et ont une pression plus basse, ce qui les fait monter. L'air froid près de la latitude 30° N signifie que les molécules d'air se déplacent plus lentement, sont plus denses et ont une pression plus élevée, ce qui les fait descendre.
- Déplacement de l'air de la surface : Les élèves expliquent comment les différences dans les zones de haute et de basse pression favorisent le déplacement de l'air de zones de haute à basse pression sur la surface de la Terre vers l'équateur.

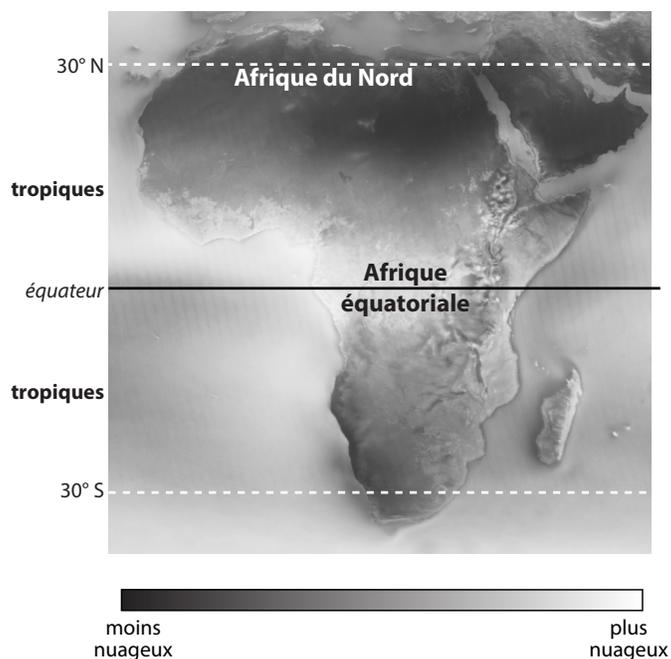
Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves parlent de convection sans décrire complètement comment ou pourquoi cela est causé par des différences de température et se traduit par un déplacement de l'air.

Suggestions :

- Relisez la démonstration avec le ballon en mylar dans la leçon 5 : Étape 1 et la lecture dans la leçon 5 : Étape 2, si les élèves ont du mal à intégrer les idées sur l'air ascendant ou descendant, la température et la pression. Puis aidez les élèves à relier ces idées à l'échelle mondiale à l'aide du diagramme de la leçon 13 : Étape 3 (température) et leçon 14 : Étape 5 (pression).
- Si les élèves ont du mal à comprendre pourquoi les vents sous les tropiques se déplacent vers l'équateur, revoyez la démonstration du réservoir de convection de la leçon 14 : Étapes 2 et 3.

CARTE 2. POURCENTAGE DE LA COUVERTURE NUAGEUSE ANNUELLE MOYENNE SUR L'AFRIQUE ENTRE 2002 ET 2015.



4. Examinez la carte 2 ci-dessus, qui montre la couverture nuageuse.

Avec ce que vous savez sur la façon dont les nuages se forment et sur les schémas de circulation de l'air sous les tropiques, expliquez pourquoi il y a moins de nuages en Afrique du Nord.

Indicateur de rendement : Utilisent les connaissances sur la convection causée par un réchauffement irrégulier pour expliquer pourquoi l'Afrique du Nord a peu de nuages.

Indicateurs de progrès

- Les élèves lient la formation des nuages à l'air chaud et humide ascendant dans la zone de basse pression à l'équateur et expliquent que ces conditions ne sont pas présentes en Afrique du Nord et/ou les élèves se concentrent sur l'air relativement plus froid et sec qui descend autour de la latitude 30° N, ce qui ne crée pas les conditions pour la formation de nuages.
- Les élèves expliquent que l'air au-dessus de l'Afrique tropicale refroidit à mesure qu'il monte, forme des nuages et libère de l'humidité. Au moment où l'air passe au-dessus de l'Afrique du Nord, l'humidité et les nuages ont disparu.

Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves se concentrent sur la formation de nuages en rapport avec une seule variable (par ex., il fait plus chaud, il y a donc plus de nuages; il y a plus d'eau à l'équateur, donc il y a plus de nuages). Cela montre qu'ils peuvent comprendre une partie du modèle de convection mais n'ont pas établi de lien pour développer un modèle complet.
- Les élèves ne peuvent pas établir de lien entre l'air descendant à la latitude 30° N et un air plus sec. Il s'agit d'une pièce importante du modèle.

Suggestions : Revoyez la leçon 5 : Étapes 2 et 3 pour discuter de la manière dont la convection mène à la formation de nuages. Reliez ces idées à la convection à l'échelle mondiale en revenant au diagramme de la leçon 14 : Étape 5.

5. Les tempêtes en Afrique tropicale ne se déplacent généralement pas directement au nord de l'équateur vers l'Afrique du Nord. Servez-vous de l'image ci-dessous pour expliquer le déplacement des tempêtes dans cette partie du monde.
- À 30° N, les vents se répandent à la surface de la Terre. Dessinez la direction vers laquelle les vents se déplaceraient au nord et au sud de la latitude 30° N si la Terre ne tournait pas.
 - À l'aide d'une couleur différente, indiquez la courbe que suivent les vents au nord et au sud de la latitude 30° N en raison de la force de Coriolis.
 - Avec ce que vous savez sur la direction des vents, expliquez pourquoi les tempêtes en Afrique tropicale ne se déplacent pas directement au nord de l'équateur vers l'Afrique du Nord.

Indicateur de rendement : Expliquent comment la circulation atmosphérique sous les tropiques et aux latitudes moyennes et la force de Coriolis causent les schémas de vents de surface à travers l'Afrique tropicale et du Nord.

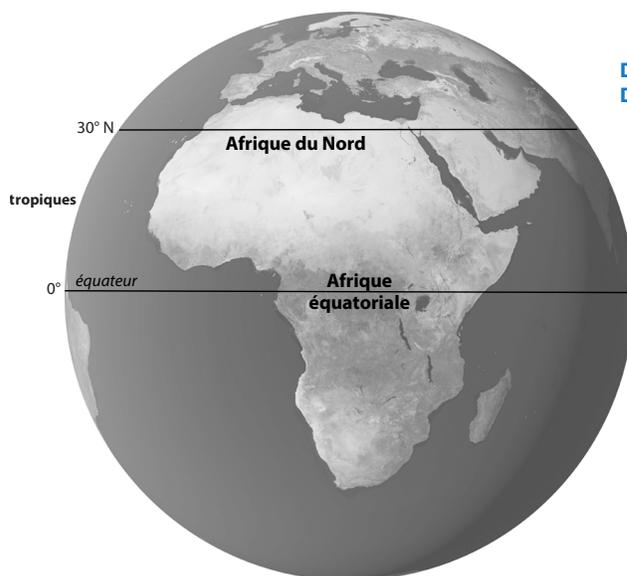
Indicateurs de progrès

- Question 5a : Les élèves ajoutent des flèches à l'image montrant des vents qui se déplacent vers le sud à partir de la latitude 30° N vers l'équateur, et vers le nord à partir de 30° N vers les pôles sans déflexion.
- Question 5b : Si les élèves dessinent des flèches incurvées, cela montre qu'ils comprennent que la force de Coriolis fait dévier les vents. Si les flèches sont incurvées vers la droite au-dessus de la latitude 30° N et vers la gauche en dessous de la latitude 30° N (vue du dessus), cela montre qu'ils comprennent la déviation des vents due à la force de Coriolis.
- Question 5c : Les élèves doivent indiquer dans leur explication que les tempêtes ne se déplacent pas de l'équateur vers la latitude 30° N parce que (1) la convection entraîne un déplacement de l'air de la latitude 30° N vers l'équateur et (2) la force de Coriolis résultant de la rotation de la Terre fait dévier ces vents de l'est vers l'ouest près de l'équateur. La combinaison des deux est un indicateur important de progression dans leur explication et leur dessin.

Idées incomplètes ou imprécises

- Les élèves dessinent ou expliquent l'air en mouvement uniquement sur l'axe nord-sud ou est-ouest. Cela indique qu'ils ne pensent pas à l'association de la convection et de la force de Coriolis.
- Si les élèves ne montrent pas les vents qui tournent vers la droite, cela indique qu'ils ne comprennent pas la direction vers laquelle les vents s'incurvent en raison de la force de Coriolis.
- Les élèves nomment la convection ou la force de Coriolis dans leur explication sans décrire comment ou pourquoi l'un ou l'autre contribue au déplacement de l'air. Pour la force de Coriolis, un lien avec la rotation de la Terre suffit. Pour la convection, les élèves doivent expliquer le réchauffement inégal de la surface de la Terre à différentes latitudes.

Suggestions : Revoyez la leçon 5 : Étapes 2 et 3 pour discuter de la manière dont la convection conduit à la formation de nuages. Reliez ces idées à la convection à l'échelle mondiale en retournant au diagramme de la leçon 14 : Étape 5.



**DIRECTION DU VENT EN AFRIQUE
DU NORD ET ÉQUATORIALE**

Grille de notation de la Question 1

Éléments mesurés : Les élèves expliquent ce qui cause les schémas de déplacement des systèmes météorologiques sous les tropiques et aux latitudes moyennes et étayent leurs explications sur des idées sur la force de Coriolis.

Rendement attendu	Adéquation aux dimensions des NGSS 	Indicateurs de rendement	Adéquation aux instructions/aux critères dans l'évaluation du rendement
<p>MS-ESS2-6. Concevoir et utiliser un modèle pour décrire comment le réchauffement inégal et la rotation de la Terre entraînent des schémas de circulation atmosphérique et océanique qui déterminent les climats régionaux.</p>	<p><i>SEP – Proposer des explications :</i> Appliquer des concepts scientifiques, des principes et/ou des preuves pour proposer, réviser et/ou utiliser une explication pour des phénomènes réels, des exemples ou des événements.</p> <p><i>DCI – ESS2.D :</i> La météo et le climat est influencée par les interactions entre la lumière du soleil, l'océan et l'atmosphère, la glace, les reliefs et les êtres vivants. Ces interactions varient en fonction de la latitude, de l'altitude et de la géographie locale et régionale, qui peuvent toutes influencer sur les schémas de débit océanique atmosphérique.</p> <p><i>CCC – Cause et effet :</i> Les phénomènes peuvent avoir plusieurs causes, et certaines relations de cause à effet dans les systèmes ne peuvent être décrites que par la probabilité.</p>	<p>Expliquent comment la force de Coriolis influe sur le mouvement des masses d'air sous les tropiques et aux latitudes moyennes.</p>	<p>Les météorologues savent que les systèmes météorologiques suivent généralement une direction donnée alors que les masses d'air se déplacent aux latitudes moyennes et sous les tropiques. Répondez aux deux questions suivantes pour expliquer pourquoi les météorologues prévoient souvent que ces systèmes se déplaceront dans la direction des flèches indiquées sur le globe terrestre ci-dessous.</p> <p>1. Pourquoi la flèche qui indique la direction du vent est-elle déviée vers l'est au point A? Pourquoi la flèche est-elle déviée vers l'ouest au point B?</p>

Bonne réponse

L'air qui se déplacerait en direction sud vers l'équateur est dévié vers l'ouest, et l'air qui se déplacerait en direction nord vers le pôle est dévié vers l'est, en raison de la force de Coriolis. Le vent est dévié en raison de la rotation de la Terre.

Grille de notation de la Question 1

Éléments mesurés : Les élèves expliquent ce qui cause les schémas de déplacement des systèmes météorologiques sous les tropiques et aux latitudes moyennes et étayent leurs explications sur des idées sur la force de Coriolis.

	Débutant ¹ -1	Acceptable-2	Compétent-3
RÉSULTATS	L'explication porte sur des concepts scientifiques non pertinents ou minimaux sur la force de Coriolis comme cause du déplacement de la masse d'air ET le raisonnement reliant la/les cause(s) au phénomène est non pertinent ou manquant .	L'explication porte sur des concepts scientifiques partiellement précis et pertinents sur la force de Coriolis comme cause du déplacement de la masse d'air MAIS le raisonnement reliant la/les cause(s) au phénomène est non pertinent ou manquant .	L'explication porte sur des concepts scientifiques précis et pertinents sur la force de Coriolis comme cause du déplacement de la masse d'air ET le raisonnement reliant la/les cause(s) au phénomène est présent .
RECHERCHEZ	<ul style="list-style-type: none"> Décrit certains aspects liés à la force de Coriolis. Aucun raisonnement ou raisonnement non pertinent. 	<ul style="list-style-type: none"> Mentionne la force de Coriolis mais pas ce que cela signifie. Aucun raisonnement ou le raisonnement n'établit pas de lien entre la cause et les schémas observés dans le déplacements d'une masse d'air. Mentionne les mots-clés (force de Coriolis) mais sans explication réelle. 	<ul style="list-style-type: none"> Décrit la force de Coriolis. Décrit la rotation de la Terre comme cause des schémas observés dans le déplacement d'une masse d'air. N'a pas nécessairement besoin d'utiliser les termes « force de Coriolis » si la description inclut une discussion sur la rotation de la Terre.
EXEMPLES DE RÉPONSES	<i>La terre se déplace de cette manière parce que les nuages se déplacent de cette manière.</i>	<i>Les systèmes météorologiques se déplacent de cette manière à cause de la force de Coriolis.</i>	<p><i>Les systèmes météorologiques se déplacent généralement d'ouest en est ou d'est en ouest en raison de la rotation de la Terre.</i></p> <p><i>Sous les tropiques, les systèmes météorologiques se déplacent vers l'ouest, et aux latitudes moyennes, ils se déplacent vers l'est. Cela se produit parce que la terre tourne, ce qui fait dévier l'air d'est en ouest ou d'ouest en est. (Remarque : les élèves peuvent mentionner que ce mouvement ouest-est se produit dans l'hémisphère nord.)</i></p>

¹ Si l'élève ne fournit aucune preuve évaluable (par ex. « Je ne sais pas » ou ne répond pas à la question), alors sa réponse ne peut pas être évaluée à l'aide de la grille.

² Limites d'évaluation de ce rendement attendu (RA) dans les NGSS : « L'évaluation n'inclut pas la dynamique de la force de Coriolis ». Pour une réponse de niveau 3, dans cette grille, on ne s'attend pas à ce que les élèves raisonnent plus en détail sur la force de Coriolis sauf pour mentionner l'effet de la rotation de la Terre.

Grille de notation de la Question 2

Éléments mesurés : Les élèves expliquent ce qui cause les schémas du déplacement des systèmes météorologiques sous les tropiques et aux latitudes moyennes et ils étayent leurs explications sur des idées sur la convection atmosphérique à l'échelle mondiale.

Rendement attendu	Adéquation aux dimensions des NGSS 	Indicateurs de rendement	Adéquation aux instructions/aux critères dans l'évaluation du rendement
<p>MS-ESS2-6. Concevoir et utiliser un modèle pour décrire comment le réchauffement inégal et la rotation de la Terre entraînent des schémas de circulation atmosphérique et océanique qui déterminent les climats régionaux.</p>	<p><i>SEP – Proposer des explications :</i> Appliquer des concepts scientifiques, des principes et/ou des preuves pour proposer, réviser et/ou utiliser une explication pour des phénomènes réels, des exemples ou des événements.</p> <p><i>DCI – ESS2.D :</i> La météo et le climat est influencée par des interactions entre la lumière du soleil, l'océan, l'atmosphère. la glace, les reliefs et les êtres vivants Ces interactions varient en fonction de la latitude, de l'altitude et de la géographie locale et régionale, qui peuvent toutes influencer sur les schémas de débit-océanique et atmosphérique.</p> <p><i>CCC :</i> On peut utiliser les relations de cause à effet pour prévoir les phénomènes dans les systèmes naturels ou conçus.</p>	<p>Expliquent comment la convection à l'échelle mondiale entraîne le mouvement des masses d'air sous les tropiques et aux latitudes moyennes.</p>	<p>2. Si la Terre ne tournait pas, dans quelle direction l'air dans la zone du point A se déplacerait-il? Dans quelle direction l'air dans la zone du point B se déplacerait-il?</p>

Bonne réponse

Si la Terre ne tournait pas, la force de Coriolis ne ferait pas dévier les vents mondiaux. L'air au point A se déplacerait vers le nord et l'air au point B se déplacerait vers le sud en raison de la convection globale. La convection mondiale se produit parce que la planète est réchauffée à l'équateur bien plus que nulle part ailleurs, alors l'air chaud monte à cet endroit.

Grille de notation de la Question 2

Éléments mesurés : Les élèves expliquent ce qui cause les schémas du déplacement des systèmes météorologiques sous les tropiques et aux latitudes moyennes et ils étayent leurs explications sur des idées sur la convection atmosphérique à l'échelle mondiale.

	Débutant ³ -1	Acceptable-2	Bientôt compétent-3	Excellent-4
RÉSULTATS	L'explication porte sur des concepts scientifiques non pertinents ou minimaux sur la convection à l'échelle mondiale comme cause du déplacement de la masse d'air ET le raisonnement reliant la/les cause(s) au phénomène est non pertinent ou manquant .	L'explication porte sur des concepts scientifiques partiellement précis et pertinents sur la convection mondiale comme cause du déplacement de la masse d'air MAIS le raisonnement reliant la/les cause(s) au phénomène est non pertinent ou manquant .	L'explication porte sur des concepts scientifiques précis et pertinents sur la convection à l'échelle mondiale, comme cause du mouvement des masses d'air, MAIS le raisonnement reliant la/les cause(s) au phénomène est vague ou général et ne décrit pas comment la cause explique les schémas du mouvement d'une masse d'air.	L'explication porte sur des concepts scientifiques précis et pertinents sur la convection à l'échelle mondiale comme cause du mouvement des masses d'air ET le raisonnement reliant la cause au phénomène décrit comment la cause explique les schémas du mouvement d'une masse d'air.
RECHERCHEZ	<ul style="list-style-type: none"> Décrit certains aspects liés à la convection. Aucun raisonnement ou raisonnement non pertinent. 	<ul style="list-style-type: none"> Décrit les aspects de la convection (circulation de l'air, zones de haute et de basse pression, température chaude à l'équateur et froide à la latitude 30° N). Aucun raisonnement ou le raisonnement n'établit pas de lien entre la façon dont la cause mène aux schémas nord-sud observés dans le déplacement d'une masse d'air (c'est-à-dire, mentionne des mots clés comme convection, haute/basse pression, réchauffement inégal, mais n'offre aucune explication). 	<ul style="list-style-type: none"> Décrit les aspects de la convection (circulation de l'air, zones de haute et de basse pression, température chaude à l'équateur et froide à la latitude 30° N). Un raisonnement vague, mais présent, qui permet de relier la manière dont la convection entraîne des schémas nord-sud observés dans le déplacement d'une masse d'air. 	<ul style="list-style-type: none"> Décrit la convection (circulation de l'air, zones de haute et de basse pression, température chaude à l'équateur et froide à la latitude 30° N). Dans son raisonnement, l'élève explique comment ou pourquoi la convection entraîne des schémas nord-sud observés dans le déplacement d'une masse d'air.
EXEMPLES DE RÉPONSES	<i>Si la Terre ne tournait pas, alors les nuages ne se déplaceraient pas de la façon dont ils le font.</i>	<p><i>Si la Terre ne tournait pas, les systèmes météorologiques se déplaceraient à cause des différences en termes de haute et de basse pression.</i></p> <p><i>En raison de la lumière du soleil qui frappe directement à l'équateur et indirectement aux latitudes moyennes.</i></p>	<i>Si la Terre ne tournait pas, l'air chaud s'élèverait de l'équateur, l'air froid du pôle descendrait pour prendre la place de l'air chaud.</i>	<i>Si la Terre ne tournait pas, la force de Coriolis ne ferait pas dévier les vents mondiaux. L'air au point A se déplacerait vers le nord et l'air au point B se déplacerait vers le sud en raison de la convection globale. La convection mondiale se produit parce que la planète est réchauffée à l'équateur plus que nulle part ailleurs.</i>

³ Si l'élève ne fournit aucune preuve évaluable (par ex. « Je ne sais pas » ou ne répond pas à la question), alors sa réponse ne peut pas être évaluée à l'aide de la grille.

Grille de notation de la Question 3

Éléments mesurés : Les élèves analysent et interprètent le schéma des données sur la pression atmosphérique pour les masses d'air à un front afin d'en déterminer le mouvement ascendant et descendant.

Rendement attendu	Adéquation aux dimensions des NGSS 	Indicateurs de rendement	Adéquation aux instructions/aux critères dans l'évaluation du rendement
<p>MS-ESS2-5 : Recueillir des données pour prouver comment les mouvements et les interactions complexes des masses d'air entraînent des changements dans les conditions météorologiques.</p>	<p>SEP : Utiliser des affichages graphiques (par ex., des cartes, des diagrammes, des graphiques et/ou des tableaux) de grands ensembles de données pour préciser des relations temporelles et spatiales.</p> <p>DCI : Les masses d'air circulent des zones de haute pression à des zones de basse pression, entraînant des changements de météo (définis par la température, la pression, l'humidité, les précipitations et le vent) à un endroit, au fil du temps. Des changements soudains de météo peuvent survenir lorsque différentes masses d'air se rencontrent.</p> <p>CCC : Les élèves utilisent des graphiques et des diagrammes pour identifier les schémas dans les données.</p>	<p>Analysent et interprètent les schémas des données sur la pression atmosphérique pour expliquer pourquoi l'air se déplace verticalement dans les zones de haute et de basse pression.</p>	<p>Une école au Nebraska planifie une fête de remise des diplômes en mai. La veille de la fête, les météorologues ont émis l'avis suivant :</p> <p><i>Même s'il fait chaud et ensoleillé maintenant, un front froid se déplacera bientôt vers le Nebraska. Demain, le temps sera frais et pluvieux.</i></p> <p>Les météorologues se sont servi des données sur la pression atmosphérique (mesurée en millibars; indiquée sur la carte ci-dessous) pour prévoir plus précisément la manière dont le front se déplacera.</p> <p>3. À l'aide des données sur la pression atmosphérique et sur le front froid figurant sur la carte, décrivez comment l'air se déplace au point A. Expliquez pourquoi il se déplace de cette manière. Décrivez maintenant comment l'air se déplace au point B. Expliquez pourquoi il se déplace de cette manière.</p>

Bonne réponse

La pression atmosphérique de l'emplacement A, situé sur le front froid, est inférieure à celle des autres zones de la carte, de sorte que l'air montera. L'air de basse pression monte parce qu'il est plus chaud et moins dense que l'air autour de lui. L'emplacement B sur la carte, où la pression atmosphérique est plus élevée, se situe entre la zone où la pression est la plus élevée (à l'ouest) et le front froid où la pression est plus basse (à l'est), ainsi l'air se déplacera d'ouest en est. De plus, parce que la pression est plus élevée, l'air descendra parce qu'il est plus froid et plus dense que l'air autour de lui.

Grille de notation de la Question 3

Éléments mesurés : Les élèves analysent et interprètent le schéma des données sur la pression atmosphérique pour les masses d'air à un front afin d'en déterminer le mouvement ascendant et descendant.

	Débutant -1	Acceptable-2	Bientôt compétent-3	Excellent-4
RÉSULTATS	Ne devine pas l'importance du schéma, ou fait des déductions imprécises à propos de l'air ascendant et descendant dans les zones de haute et de basse pression ET ne justifie pas ses déductions .	Dans son interprétation, l'élève fait quelques déductions précises et imprécises sur l'air qui monte et qui descend dans des zones de haute et de basse pression MAIS les étaye sur des informations imprécises ou non pertinentes ou ne justifie pas ses déductions.	Dans son interprétation, l'élève fait des déductions précises sur l'air qui monte et qui descend dans des zones de haute et de basse pression ET les étaye vaguement sur des raisons pour lesquelles l'air se déplace de cette manière à ces endroits.	Dans son interprétation, l'élève fait des déductions précises sur l'air qui monte et qui descend dans des zones de haute et de basse pression ET les étaye explicitement sur les raisons pour lesquelles l'air se déplace de cette manière à ces endroits.
RECHERCHEZ	<ul style="list-style-type: none"> L'air descend à l'emplacement A. L'air monte à l'emplacement B. N'explique pas le mouvement vers le haut ou vers le bas. Aucun raisonnement ou raisonnement non pertinent. 	<ul style="list-style-type: none"> Indique correctement que l'air monte et descend en raison de la pression, mais n'établit pas clairement de lien avec une pression haute ou basse. Indique correctement que l'air monte au point A et qu'il descend au point B, mais ne fait aucun raisonnement ou donne des informations inexacts. 	<ul style="list-style-type: none"> Indique que l'air de haute pression (emplacement B) est associé à l'air descendant, et que l'air de basse pression (emplacement A) est associé à l'air ascendant. Fournit très peu d'explications sur la manière dont il le sait. 	<ul style="list-style-type: none"> Indique que la zone de haute pression (emplacement B) est associée à l'air descendant et que la zone de basse pression (emplacement A) est associée à l'air ascendant. Explique quelque chose sur l'espace entre les molécules d'air, la densité de l'air ou le déplacement des molécules (par ex. les molécules à haute pression sont plus proches, se déplacent moins et descendent; les molécules d'air à basse pression sont séparées, se déplacent plus et montent). Remarque : Le raisonnement n'a pas besoin d'inclure de références aux molécules d'air pour être excellent.
EXEMPLES DE RÉPONSES	<i>Il venterait fort à l'emplacement A. Le vent pousserait vers le bas à l'emplacement A.</i>	<i>L'air monte dans les zones de basse pression, voilà pourquoi il y a beaucoup de vent.</i>	<i>Dans les zones de haute pression, l'air circule de l'atmosphère vers la surface (vers le bas) et, dans les zones de basse pression, l'air est ascendant.</i>	<i>Les zones de haute pression sont généralement plus froides et les particules se rapprochent et descendent. Les zones de basse pression ont généralement plus d'air ascendant et les particules sont éparpillées.</i>

Grille de notation de la Question 4

Éléments mesurés : L'élève utilise l'analyse des données sur la pression pour expliquer la direction du déplacement des masses d'air (sur la surface).

Rendement attendu	Adéquation aux dimensions des NGSS 	Indicateurs de rendement	Adéquation aux instructions/aux critères dans l'évaluation du rendement
<p>MS-ESS2-5 : Recueillir des données pour prouver comment les mouvements et les interactions complexes des masses d'air entraînent des changements dans les conditions météorologiques.</p>	<p>SEP : Utiliser des affichages graphiques (par ex., des cartes, des diagrammes, des graphiques et/ou des tableaux) de grands ensembles de données pour préciser des relations temporelles et spatiales.</p> <p>DCI : Les masses d'air circulent des zones de haute pression à des zones de basse pression, entraînant des changements de météo (définis par la température, la pression, l'humidité, les précipitations et le vent) à un endroit, au fil du temps. Des changements soudains de météo peuvent survenir lorsque différentes masses d'air se rencontrent.</p> <p>CCC : On peut utiliser les relations de cause à effet pour prévoir les phénomènes dans les systèmes naturels ou conçus.</p>	<p>Se servent des données sur la pression atmosphérique pour expliquer pourquoi les masses d'air se déplacent sur l'ensemble de la surface, d'une zone de haute pression à une zone de basse pression.</p>	<p>4. À l'aide des données sur la pression atmosphérique et de vos connaissances sur la manière dont l'air se déplace aux points A et B, expliquez pourquoi les météorologues prévoient que le front se déplacera probablement vers le Nebraska.</p>

Bonne réponse

Les élèves indiquent que les masses d'air se déplacent des zones de haute pression à des zones de basse pression. L'air s'éloigne des zones de haute pression à la surface du sol et se déplace vers les zones de pression plus basse. C'est pourquoi le front froid se déplace de la zone de haute pression à la zone de basse pression (d'ouest en est). Les élèves doivent se référer au mouvement vertical de l'air (question 3) pour expliquer le mouvement d'ouest en est (mouvement horizontal) sur la surface. Les élèves n'ont pas besoin d'expliquer la rotation dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (force de Coriolis) ou les vents dominants dans le cadre de leur explication.

Grille de notation de la Question 4

Éléments mesurés : L'élève utilise l'analyse des données sur la pression pour expliquer la direction du déplacement des masses d'air (sur la surface).

	Débutant ⁴ -1	Acceptable-2	Bientôt compétent-3	Excellent-4
RÉSULTATS	Utilise des informations non pertinentes ou imprécises pour prévoir la direction du mouvement et étaye l'explication sur des informations imprécises ou non pertinentes ou n'étaye pas l'explication.	L'explication de l'élève est partiellement étayée sur une interprétation précise des données, mais elle est soit imprécise soit non pertinente sur la manière dont les masses d'air de différentes pressions interagissent, ou il n'y a aucune explication.	L'explication est étayée sur une interprétation précise des données, MAIS elle est incomplète ou vague sur la manière dont les masses de différentes pressions interagissent.	L'explication est entièrement étayée sur une interprétation précise des données et elle est complète sur la manière dont les masses de différentes pressions interagissent.
RECHERCHEZ	<ul style="list-style-type: none"> Ne relève pas que l'air de haute pression descend et que l'air de basse pression monte. Ne relève pas la poussée de l'air de haute pression et la traction ou montée de l'air de basse pression. 	<ul style="list-style-type: none"> Décrit que la masse de pression plus élevée pousse la masse de pression plus basse vers l'est (vers le Nebraska) sans donner d'explication. Décrit que les vents dominants, et non les différences de pression, constituent le mécanisme du mouvement. Décrit le mouvement ascendant et descendant de l'air, mais ne le relie pas au mouvement est-ouest. 	<ul style="list-style-type: none"> Décrit qu'une masse d'air de pression plus élevée se déplace vers l'est en direction d'une masse d'air de pression plus basse et fait une référence vague à une masse de haute pression poussant vers le bas ou vers l'extérieur et à une masse de basse pression s'élevant ou s'éloignant. 	<ul style="list-style-type: none"> Décrit qu'une masse d'air de pression plus élevée se déplace vers l'est en direction d'une masse d'air de pression plus basse. L'explication comprend un mécanisme de mouvement, comme lorsque deux masses d'air interagissent : l'air de pression plus élevée se déplace sous la masse d'air de pression plus basse, ce qui fait que l'air de pression plus faible se déplace vers le haut et que l'air de pression plus élevée se déplace dans la direction de la masse d'air de pression plus basse.
EXEMPLES DE RÉPONSES	<i>Le front va probablement se déplacer vers le Nebraska car le vent souffle d'ouest en est.</i>	<i>Une masse d'air de pression plus élevée se déplacera vers une masse de pression plus basse, ce qui la fera se déplacer vers le Nebraska.</i>	<i>L'air de haute pression pousse vers le bas et se propage vers l'extérieur, et l'air de basse pression s'élève, de sorte que l'air plus frais qui se trouve à proximité s'engouffre dans l'espace laissé vacant.</i>	<i>La masse d'air de haute pression s'enfonce dans la masse d'air de basse pression, ce qui pousse l'air de basse pression vers le haut. La masse d'air de haute pression se répand et pousse la masse d'air de basse pression. C'est pourquoi les masses d'air se déplacent vers les zones de basse pression.</i>

⁴ Si l'élève ne fournit aucune preuve évaluable (par ex. « Je ne sais pas » ou ne répond pas à la question), alors sa réponse ne peut pas être évaluée à l'aide de la grille.

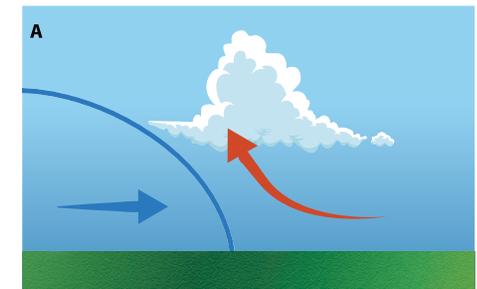
Grille de notation de la Question 5

Éléments mesurés : Les élèves développent un modèle pour montrer comment l'air froid provoque le déplacement de l'air plus chaud vers le haut lorsque deux masses d'air interagissent à un front froid.

Rendement attendu	Adéquation aux dimensions des NGSS 	Indicateurs de rendement	Adéquation aux instructions/aux critères dans l'évaluation du rendement
<p>MS-ESS2-5 : Recueillir des données pour prouver comment les mouvements et les interactions complexes des masses d'air entraînent des changements dans les conditions météorologiques.</p>	<p><i>SEP :</i> Concevoir et/ou utiliser des modèles pour décrire et/ou prévoir des phénomènes.</p> <p><i>DCI :</i> Les masses d'air circulent des zones de haute pression à des zones de basse pression, entraînant des changements de météo (définis par la température, la pression, l'humidité, les précipitations et le vent) à un endroit, au fil du temps. Des changements soudains de météo peuvent survenir lorsque différentes masses d'air se rencontrent.</p>	<p>Conçoivent un modèle pour montrer comment les masses d'air chaud et froid interagissent le long d'un front froid.</p>	<p>5. Pensez à la température des masses d'air qui constituent un front froid et aux données sur la pression atmosphérique de la carte à la page précédente. Lorsque le front froid atteindra le Nebraska, qu'arrivera-t-il à l'air chaud qui s'y trouve présentement? Dessinez et étiquetez un modèle transversal dans la case ci-dessous pour montrer comment les masses d'air interagiront.</p> <p>Votre modèle doit montrer :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la masse d'air chaud • la masse d'air froid • l'emplacement du front froid • la direction de déplacement du front froid • ce qui amène le front froid à se déplacer de cette façon

Bonne réponse

- Les élèves placent avec précision un front froid entre une masse d'air chaud et une masse d'air froid.
- Les élèves indiquent (avec une flèche ou un autre symbole) que l'air froid se glisse sous l'air chaud.
- Les élèves indiquent (avec une flèche ou un autre symbole) une remontée de la masse d'air chaud lorsque l'air froid pousse sous l'air plus chaud.
- Les élèves indiquent que le front est en train de se déplacer d'ouest en est, vers le Nebraska.
- Les élèves peuvent étiqueter la « cause » ou le mécanisme pour expliquer pourquoi les masses d'air se déplacent de cette manière (par ex., différences de densité, différences de pression).



Grille de notation de la Question 5

Éléments mesurés : Les élèves développent un modèle pour montrer comment l'air froid provoque le déplacement de l'air plus chaud vers le haut lorsque deux masses d'air interagissent à un front froid.

	Débutant ⁵ -1	Acceptable-2	Bientôt compétent-3	Excellent-4
RÉSULTATS	Le modèle montre une prévision imprécise ou non pertinente de la position de la masse d'air chaud ET de la manière dont les masses d'air interagissent OU une prévision précise de la direction sans aucune explication ni interaction.	Le modèle montre une prévision partiellement précise de l'endroit où la masse d'air chaud se déplacera ET de la façon dont les masses d'air interagissent.	Le modèle montre une prévision précise de l'endroit où la masse d'air chaud se déplacera et décrit généralement comment les masses d'air interagissent.	Le modèle montre une prévision précise et claire de l'endroit où la masse d'air chaud se déplacera ET la façon dont elle interagit avec la masse d'air froid.
RECHERCHEZ	<ul style="list-style-type: none"> • Décrit incorrectement la direction du mouvement des deux masses d'air ou ne décrit le mouvement d'aucune des deux. • Donne la direction correcte, mais n'inclut pas de mécanisme précis pour décrire le mouvement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Décrit incorrectement la direction du mouvement d'une masse d'air ou ne décrit pas le mouvement des deux masses d'air. • N'inclut pas un mécanisme précis pour le mouvement de l'air chaud ou le mécanisme est vraiment vague. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le modèle montre les deux masses d'air et le mouvement vers le haut de l'air chaud. • Le modèle ou la description n'inclut pas clairement un mécanisme (par ex., idées très limitées sur le fait que l'air froid pousse l'air chaud vers le haut). 	<ul style="list-style-type: none"> • Montre que l'air froid se glisse sous la masse d'air chaud tout en se déplaçant vers l'est. • Inclut un mécanisme (par ex., l'air chaud se déplace vers le haut au-dessus de l'air froid).
EXEMPLES DE RÉPONSES	<i>Mon modèle montre le front froid entrant en collision avec la masse d'air chaud et les directions qu'ils prennent. (Il n'existe aucune cohérence dans le modèle sur le débit de l'air ou la montée de l'air froid.)</i>	<i>Mon modèle montre que lorsque les masses d'air chaud et froid se rencontrent à un front froid, le front froid repousse l'air chaud. (Le modèle ne montre pas l'air chaud passant au-dessus de l'air froid.)</i>	<i>Mon modèle montre que lorsque les masses d'air chaud et froid se rencontrent à un front froid, la masse d'air froid se glisse sous la masse d'air chaud et la pousse vers le haut.</i>	<i>Mon modèle montre deux masses d'air; l'une est froide et l'autre est chaude. L'air chaud montera parce qu'il est de basse pression, et l'air froid descendra parce qu'il est de haute pression.</i>

⁵ Si l'élève ne fournit aucune preuve évaluable (par ex. « Je ne sais pas » ou ne répond pas à la question), alors sa réponse ne peut pas être évaluée à l'aide de la grille.

Grille de notation de la Question 6

Éléments mesurés : Les élèves expliquent la remontée de l'air chaud par rapport aux différences de pression ou de densité entre les masses d'air en interaction.

Rendement attendu	Adéquation aux dimensions des NGSS 	Indicateurs de rendement	Adéquation aux instructions/aux critères dans l'évaluation du rendement
<p>MS-ESS2-5 : Recueillir des données pour prouver comment les mouvements et les interactions complexes des masses d'air entraînent des changements dans les conditions météorologiques.</p>	<p><i>SEP</i> : Concevoir et/ou utiliser des modèles pour décrire et/ou prévoir des phénomènes.</p> <p><i>DCI</i> : Les masses d'air circulent des zones de haute pression à des zones de basse pression, entraînant ainsi des changements de météo (définis par la température, la pression, l'humidité, les précipitations et le vent) à un endroit, au fil du temps. Des changements soudains de météo peuvent survenir lorsque différentes masses d'air se rencontrent.</p> <p><i>CCC</i> : On peut utiliser les relations de cause à effet pour prévoir les phénomènes dans les systèmes naturels ou conçus.</p>	<p>Se servent d'un modèle pour expliquer pourquoi l'air chaud monte au-dessus de l'air froid le long d'un front froid.</p>	<p>6. Expliquez pourquoi l'air chaud et l'air froid se déplaceront de la façon montrée sur votre modèle.</p>

Bonne réponse

- Les élèves expliquent la force d'ascension comme étant l'air froid qui s'enfonce sous l'air plus chaud. Les élèves peuvent l'expliquer en termes de pression atmosphérique ou de densité de l'air selon ce que vous avez valorisé dans votre cours.
- Les élèves doivent indiquer que l'air froid a une pression plus élevée ou qu'il est plus dense que l'air chaud et qu'il pousse dans la masse d'air chaud ayant une pression plus basse. Ils doivent également dire que l'air chaud est moins dense, que sa pression est plus basse, et qu'il s'éloigne de la surface.

Grille de notation de la Question 6

Éléments mesurés : Les élèves expliquent la remontée de l'air chaud par rapport aux différences de pression ou de densité entre les masses d'air en interaction.

	Débutant ⁶ -1	Acceptable-2	Bientôt compétent-3	Excellent-4
RÉSULTATS	L'explication porte sur des concepts scientifiques non pertinents, minimaux ou imprécis sur l'ascension de l'air chaud ET le raisonnement reliant la/les cause(s) au phénomène est non pertinent ou manquant .	L'explication porte sur des concepts scientifiques partiellement précis et pertinents sur l'ascension de l'air chaud OU sur les différences de pression entre deux masses d'air MAIS le raisonnement reliant la/les cause(s) au phénomène est non pertinent ou manquant .	L'explication porte sur des concepts scientifiques précis et pertinents sur l'ascension de l'air chaud OU sur les différences de pression entre deux masses d'air. Le raisonnement reliant la/les cause(s) au phénomène est vague ou général pour expliquer la manière dont l'air chaud et l'air froid se déplacent lorsqu'ils interagissent en raison des différences de température ou de pression.	L'explication porte sur des concepts scientifiques précis et pertinents sur la force d'ascension de l'air chaud OU sur les différences de pression entre deux masses d'air ET le raisonnement relie la/les cause(s) au phénomène de manière claire et explicite .
RECHERCHEZ	<ul style="list-style-type: none"> Air froid ascendant, air chaud descendant OU mouvement de la zone de basse pression à la zone de haute pression. L'élève se concentre sur les précipitations ou sur le lieu, par exemple le Nebraska. 	<ul style="list-style-type: none"> Référence générale à l'air chaud qui monte et l'air froid qui descend sans explication sur la raison pour laquelle ce schéma se produit. 	<ul style="list-style-type: none"> L'explication est présente, mais elle n'est pas claire. Peut faire référence à la pression, à la densité ou au mouvement moléculaire dans l'explication, mais la description du mécanisme est limitée. 	<ul style="list-style-type: none"> L'explication est présente, claire et précise. Fait référence à la pression ou à la densité pour décrire le mouvement. Remarque : Peut faire référence à des mouvements moléculaires dans l'explication.
EXEMPLES DE RÉPONSES	<p><i>En raison de l'humidité et de la façon dont le vent se déplace à cause des précipitations.</i></p> <p><i>Il va dans cette direction parce que l'air chaud pousse l'air froid.</i></p> <p><i>L'air se mélangera pour former une tornade.</i></p>	<p><i>Parce que l'air chaud monte et l'air froid descend.</i></p> <p><i>Parce que l'air chaud monte et l'air froid pousse l'air chaud vers le haut.</i></p>	<p><i>L'air chaud va au-dessus parce que la pression le pousse.</i></p>	<p><i>L'air chaud est moins dense et il montera au-dessus de l'air froid.</i></p> <p><i>L'air se déplacera de cette manière parce que l'air froid a une pression plus élevée et qu'il descend, tandis que l'air chaud se déplace vers le haut à cause de la basse pression.</i></p>

⁶ Si l'élève ne fournit aucune preuve évaluable (par ex. « Je ne sais pas » ou ne répond pas à la question), alors sa réponse ne peut pas être évaluée à l'aide de la grille.

Grille de notation de la Question 7

Éléments mesurés : Les élèves expliquent l'ascension de l'air relativement plus humide en haute altitude où il fait plus froid, ce qui forme des nuages et des tempêtes.

Rendement attendu	Adéquation aux dimensions des NGSS 	Indicateurs de rendement	Adéquation aux instructions/aux critères dans l'évaluation de performance
<p>MS-ESS2-5 : Recueillir des données pour prouver comment les mouvements et les interactions complexes des masses d'air entraînent des changements dans les conditions météorologiques.</p>	<p><i>SEP</i> : Concevoir et/ou utiliser des modèles pour décrire et/ou prévoir des phénomènes.</p> <p><i>DCI</i> : Les masses d'air circulent des zones de haute pression à des zones de basse pression, entraînant ainsi des changements de météo (définis par la température, la pression, l'humidité, les précipitations et le vent) dans un endroit, au fil du temps. Des changements soudains de météo peuvent survenir lorsque différentes masses d'air se rencontrent.</p> <p><i>CCC</i> : On peut utiliser les relations de cause à effet pour prévoir les phénomènes dans les systèmes naturels ou conçus.</p>	<p>Se servent d'un modèle pour expliquer pourquoi un front froid (où les masses d'air chaud et froid interagissent) s'accompagne souvent de pluie.</p>	<p>7. Avant que le front froid se déplace au Nebraska, les élèves ont remarqué que le temps était moite et humide. À l'aide de votre modèle, expliquez pourquoi il pleuvra probablement au Nebraska pendant la cérémonie de remise des diplômes.</p>

Bonne réponse

Les élèves décrivent avec précision l'air chaud comme plus humide et son ascension à plus haute altitude où les températures sont plus froides, ce qui a entraîné de la condensation, puis des précipitations, qui se forment près/au niveau du front, où l'air chaud et humide remonte.

Grille de notation de la Question 7

Éléments mesurés : Les élèves expliquent l'ascension de l'air relativement plus humide en haute altitude où il fait plus froid, ce qui forme des nuages et des tempêtes.

	Débutant ⁷ -1	Acceptable-2	Bientôt compétent-3	Excellent-4
RÉSULTATS	L'explication porte sur des concepts scientifiques non pertinents, minimaux ou inexacts sur la remontée de l'air chaud, humide ET le raisonnement reliant la/les cause(s) au phénomène (pluie) est non pertinent ou manquant .	L'explication porte sur des concepts scientifiques partiellement précis et pertinents sur la remontée de l'air chaud et humide MAIS le raisonnement reliant la/les cause(s) au phénomène est non pertinent ou manquant .	L'explication porte sur des concepts scientifiques précis et pertinents sur l'ascension de l'air chaud et humide. Le raisonnement reliant la/les cause(s) au phénomène est vague ou général (par ex., description générale du cycle de l'eau).	L'explication porte sur des concepts scientifiques précis et pertinents sur l'ascension de l'air chaud et humide ET le raisonnement relie la/les cause(s) au phénomène, en expliquant que la température froide à des altitudes plus élevées entraîne la condensation de l'eau.
RECHERCHEZ	<ul style="list-style-type: none"> • Applique des concepts scientifiques incorrects comme l'air froid qui se déplace vers le haut, l'air chaud qui reste bas. • Mouvement est-ouest et non pas l'ascension verticale de l'air chaud. • L'air froid qui s'accompagne d'humidité. • La collision de l'air, des tornades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lien général entre l'air chaud ascendant et les nuages ou les tempêtes. • Mélange d'idées correctes et incorrectes (par ex., l'air chaud ascendant provoque une évaporation). 	<ul style="list-style-type: none"> • Décrit une histoire précise du cycle de l'eau, mais ce n'est pas nécessairement lié au phénomène du front. • Établit peu ou pas de lien avec des températures plus froides plus haut dans l'atmosphère. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relie clairement le mouvement d'ascension de l'humidité qui se condense à des températures plus froides plus haut dans l'atmosphère. • Le raisonnement est clair et détaillé et relie le mouvement ascendant de l'air chaud et humide au phénomène de pluie à la limite d'un front.
EXEMPLES DE RÉPONSES	<p><i>Puisque le front passe au-dessus du Nebraska, il pleuvra probablement. Il fera également froid parce que l'air chaud apportera tout l'air chaud avec lui pour alimenter la tempête.</i></p> <p><i>Lorsqu'un front froid arrive, il apporte généralement de la pluie.</i></p>	<p><i>S'il fait chaud là-bas, avant que le front froid arrive, le soleil fera évaporer l'eau. Lorsque le front froid arrivera, il fera tomber toute l'eau.</i></p> <p><i>Il pleuvra probablement car l'air froid poussera l'air chaud vers le haut, ce qui provoquera l'évaporation et la condensation. Puis, il pleuvra.</i></p>	<p><i>Les gouttelettes d'eau s'évaporent et montent dans l'air puis se mélangent avec l'air chaud pour former des nuages (condensation). Les gouttelettes se mêlent ensuite à des particules de poussière et deviennent plus lourdes, de sorte que les nuages les libèrent sous forme de pluie (ou de neige, de giboulée ou de grêle).</i></p>	<p><i>Dans mon modèle, l'air chaud est poussé vers le haut. Comme l'air est plus froid à plus haute altitude, la vapeur d'eau dans la masse d'air chaud se condenserait et formerait un nuage. S'il y a trop d'humidité, il y aura des précipitations.</i></p>

⁷ Si l'élève ne fournit aucune preuve évaluable (par ex. « Je ne sais pas » ou ne répond pas à la question), alors sa réponse ne peut pas être évaluée à l'aide de la grille.

Grille de notation de la Question 8

Éléments mesurés : Les élèves indiquent que les températures de la surface sont plus chaudes que les températures de l'air au-dessus de la surface, et ils expliquent ce concept à l'aide d'idées sur le réchauffement de la surface par le soleil, suivi du réchauffement de l'air au-dessus de la surface.

Rendement attendu	Adéquation aux dimensions des NGSS 	Indicateurs de rendement	Adéquation aux instructions/aux critères dans l'évaluation du rendement
<p>ESS2-4 : Concevoir un modèle pour décrire le cycle de l'eau dans les systèmes de la Terre en fonction de l'énergie du soleil et de la force de gravité.</p>	<p>SEP : Réaliser, analyser et/ou interpréter les affichages graphiques des données et/ou de grands ensembles de données pour dégager des relations linéaires et non linéaires.</p> <p>DCI : Le mouvement mondial de l'eau et ses changements de forme ont pour source la lumière du soleil et la gravité.</p> <p>CCC : Les schémas dans le taux de changement et d'autres relations numériques peuvent fournir des informations sur les systèmes naturels et conçus par l'homme.</p>	<p>À l'aide de connaissances sur les schémas quotidiens de température de surface et leur relation avec la température de l'air, dessinent un graphique des changements de température de surface sur une journée.</p>	<p>8. Une école à Des Moines, dans l'Iowa, est confrontée à un problème similaire. Le jour de la remise des diplômes, vers 16 h, il y a eu un orage qui s'est dissipé environ une heure plus tard. À l'aide des données sur la température et l'humidité de l'air dans les graphiques ci-dessous, analysez la tempête.</p> <p>8a. Pensez à la manière dont la température de l'air et la température de la surface sont différentes. Les scientifiques ont signalé que la température à la surface du sol à 7 h était de 23 °C. Tracez une nouvelle ligne sur la courbe de température de l'air ci-dessus pour montrer comment la température de la surface change pendant la journée.</p> <p>8b. Expliquez pourquoi la température à la surface du sol suivrait la ligne que vous avez tracée.</p>

Bonne réponse

- Les élèves dessinent correctement les données sur la température de surface en reflétant (au moins la plupart du temps) les données sur la température de l'air, avec une température de la surface plus chaude que la température de l'air. Remarque : Cela pourrait varier à différents moments de l'année, à différents endroits. Les élèves pourraient présenter une explication raisonnable au sujet de la surface qui est plus froide que l'air au-dessus d'elle tôt le matin.
- Les élèves expliquent que le sol est réchauffé par le soleil, ce qui réchauffe ensuite l'air au-dessus.

Grille de notation de la Question 8

Éléments mesurés : Les élèves indiquent que les températures de la surface sont plus chaudes que les températures de l'air au-dessus de la surface, et ils expliquent ce concept à l'aide d'idées sur le réchauffement de la surface par le soleil, suivi du réchauffement de l'air au-dessus de la surface.

	Débutant ⁸ -1	Acceptable-2	Bientôt compétent-3	Excellent-4
RÉSULTATS	Le graphique affiche une prévision inexacte ou non pertinente pour la température de surface et le raisonnement s'appuie sur des concepts scientifiques inexacts, non pertinents ou ambigus pour l'étayer.	Le graphique affiche une prévision partiellement précise pour la température de la surface et le raisonnement s'appuie sur des concepts scientifiques partiellement précis ou des concepts scientifiques incomplets.	Le graphique affiche une prévision précise pour la température de la surface et décrit généralement les mécanismes qui donnent lieu à ce schéma.	Le graphique affiche une prévision précise et claire de la température de surface et un raisonnement précis et clair sur les mécanismes qui donnent lieu à ce schéma.
RECHERCHEZ	<ul style="list-style-type: none"> • Une ligne sous la température de l'air ou pas de ligne du tout. • Un raisonnement selon lequel l'air est plus chaud que la surface. • Se concentre sur les moments de la journée, mais n'explique pas le réchauffement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Une ligne qui commence en-dessous, puis passe au-dessus de la courbe de température de l'air. • Un mélange d'idées précises et incorrectes ou une référence vague au soleil. 	<ul style="list-style-type: none"> • Une ligne tracée au-dessus du graphique de la température de l'air. • Ébauche un raisonnement juste mais vague à propos du soleil qui chauffe la surface et confond lumière et chaleur, mais l'idée est essentiellement précise. 	<ul style="list-style-type: none"> • Une ligne tracée au-dessus du graphique de la température de l'air. • Une déclaration claire sur le soleil qui provoque d'abord le réchauffement de la surface, ce qui réchauffe l'air au-dessus.
EXEMPLES DE RÉPONSES	<p><i>[L'élève dessine une ligne qui ne suit pas le schéma de la température de l'air.]</i></p> <p><i>Je m'attends à ce que cela se réchauffe parce que, vers 19 h, l'humidité est de 90 % mais, de 11 h 30 à 16 h 30, je m'attends à ce qu'il fasse plus froid.</i></p>	<p><i>[L'élève dessine une ligne de température du sol qui suit celle de la température de l'air et est plus chaude que l'air.]</i></p> <p><i>Le sol chauffe et refroidit tout au long de la journée. La surface serait plus chaude parce que c'est un solide.</i></p> <p><i>Le soleil va se lever et le sol deviendra plus chaud.</i></p>	<p><i>Les graphiques et les réponses sont corrects.</i></p> <p><i>Le sol est toujours plus chaud que l'air, OU le sol réchauffe l'air au-dessus de lui.</i></p> <p><i>La surface <u>absorbe la chaleur</u>, donc il fait toujours plus chaud à la surface que dans l'air.</i></p> <p><i>Puisque les objets solides refroidissent et se réchauffent plus rapidement que l'air environnant, ils <u>absorbent plus de chaleur que l'air</u>, donc la surface est plus chaude que l'air.</i></p>	<p><i>Les graphiques et les réponses sont corrects.</i></p> <p><i>La surface du sol reçoit toujours plus directement la lumière du soleil et elle chauffe généralement plus vite (que l'air environnant).</i></p> <p><i>J'ai dessiné la ligne de température de la surface plus haut que celle de la température de l'air, car la surface absorbe plus de lumière directe du soleil qu'elle n'en réfléchit dans l'atmosphère.</i></p>

⁸ Si l'élève ne fournit aucune preuve évaluable (par ex. « Je ne sais pas » ou ne répond pas à la question), alors sa réponse ne peut pas être évaluée à l'aide de la grille.

Grille de notation de la Question 9

Éléments mesurés : Les élèves définissent une chute de température et une augmentation de l'humidité soudaines comme conditions à des précipitations.

Rendement attendu	Adéquation aux dimensions des NGSS 	Indicateurs de rendement	Adéquation aux instructions/ critères dans l'évaluation de performance
ESS2-4 : Concevoir un modèle pour décrire le cycle de l'eau dans les systèmes de la Terre en fonction de l'énergie du soleil et de la force de gravité.	<p>SEP : Analyser et interpréter les données pour prouver un phénomène.</p> <p><i>DCI :</i> L'eau circule continuellement entre la terre, l'océan et l'atmosphère par la transpiration, l'évaporation, la condensation et la cristallisation et les précipitations, ainsi que le ruissellement.</p> <p>Le mouvement mondial de l'eau et ses changements de forme ont pour source la lumière du soleil et la gravité.</p> <p>CCC : Les schémas de taux de changement et d'autres relations numériques peuvent fournir des informations sur les systèmes naturels et conçus par l'homme.</p>	Analysent et interprètent les schémas dans les données sur les températures et l'humidité pour expliquer pourquoi une tempête s'est produite.	9. À l'aide des données sur la température et l'humidité dans les graphiques ci-dessus, expliquez pourquoi il a plu l'après-midi.

Bonne réponse

- Les élèves décrivent comment la lumière du soleil réchauffe la surface de la Terre, causant le réchauffement de l'air au-dessus d'elle et l'évaporation de l'eau. Il en découle un air humide et ascendant.
- Les élèves expliquent qu'il y a eu une baisse de la température et une hausse de l'humidité, qui sont des éléments essentiels à une tempête.
- Les élèves expliquent qu'en raison de la baisse de température, la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère se condense et tombe sous forme de précipitations.
- Les élèves expliquent que, pour qu'il y ait une tempête, l'humidité doit être élevée, donc qu'une hausse rapide de l'humidité indique la formation de nuages ou de tempêtes.

Grille de notation de la Question 9

Éléments mesurés : Les élèves définissent une chute de température et une augmentation de l'humidité soudaines comme conditions à des précipitations.

	Débutant ⁹ -1	Acceptable-2	Bientôt compétent-3	Excellent-4
RÉSULTATS	L'explication porte sur des concepts scientifiques non pertinents, minimaux ou inexacts sur les changements de température et d'humidité associés à la tempête de l'après-midi et le raisonnement reliant la/les cause(s) au phénomène est non pertinent, manquant ou ambigu .	L'explication porte sur des concepts scientifiques partiellement précis et pertinents sur la température et l'humidité ou les deux comme facteurs associés à la formation d'une tempête. Le raisonnement reliant la/les cause(s) au phénomène est non pertinent, manquant ou ambigu .	A. L'explication porte sur des concepts scientifiques précis et pertinents sur la température et l'humidité ou les deux comme facteurs associés à la formation de tempêtes. Le raisonnement reliant la/les cause(s) au phénomène est vague ou général et n'explique pas comment les deux se conjuguent pour expliquer la formation de tempêtes. OU B. L'explication porte sur des concepts scientifiques précis et pertinents sur la température ou l'humidité comme facteur associé à la formation d'une tempête et entièrement lié à la cause de la tempête de l'après-midi, mais le deuxième facteur n'est <i>pas</i> lié à la tempête de l'après-midi.	L'explication porte sur des concepts scientifiques précis et pertinents sur à la fois la température et l'humidité ET le raisonnement relie la/les cause(s) à la tempête de l'après-midi et explique comment les deux se conjuguent pour entraîner la formation de la tempête.
RECHERCHEZ	Schéma incorrect : <ul style="list-style-type: none"> La température de l'air diminue (en fait elle augmente puis diminue uniquement au début de la tempête). L'humidité diminue (cela se produit au début, mais l'humidité doit être élevée pour que la tempête se développe). Mentionnent un front froid dans leur explication. 	Schéma généralement correct pour une partie de la journée : <ul style="list-style-type: none"> Des températures en hausse ou chaudes sont nécessaires. Une humidité croissante est nécessaire. 	Schéma correct tout au long de la journée : <ul style="list-style-type: none"> La température de l'air augmente et ne descend qu'au moment de la tempête. L'humidité diminue initialement, puis augmente juste avant la tempête. 	Schéma correct tout au long de la journée : <ul style="list-style-type: none"> La température de l'air augmente et ne descend qu'au moment de la tempête. L'humidité diminue initialement, puis augmente juste avant la tempête. Le raisonnement repose sur ce qui suit : La façon dont le temps et la température chaude entraînent un air humide ascendant. La façon dont une chute de température entraîne la condensation. La façon dont une humidité élevée est nécessaire pour la formation d'une tempête.
EXEMPLES DE RÉPONSES	<i>Alors que la zone était plus froide, la température était parfaite pour former une tempête.</i> <i>Parce qu'il y avait moins d'humidité et que la température de l'air était en hausse.</i> <i>Parce que l'air ne peut pas retenir l'eau alors il pleut.</i>	<i>La température diminue rapidement et entraîne l'augmentation de l'humidité et des nuages.</i> <i>Les variations météorologiques ont causé les orages car, en fonction de la température, il y a différentes réactions suscitées par la chaleur ou le froid et par une hausse ou une baisse de la pression atmosphérique.</i> <i>L'humidité est montée et la température de l'air est descendue.</i>	<i>Lorsque la température chute soudainement, les courants ascendants ne peuvent pas maintenir les nuages en altitude, donc les nuages doivent précipiter la pluie, ce qui cause l'orage.</i> <i>Étant donné que la température de l'air se refroidissait à ce moment précis et que l'humidité augmentait, les conditions étaient idéales pour la formation d'une tempête. Comme base, une tempête nécessite des températures de la surface/de l'air plus froides et une humidité élevée.</i>	<i>La lumière du soleil réchauffe le sol, provoquant le réchauffement de l'air au-dessus de lui et l'évaporation de l'eau. Cela entraîne un air humide et ascendant.</i> <i>Il y a eu une diminution de la température et une augmentation de l'humidité, qui sont nécessaires pour une tempête. La température plus froide provoque la condensation de la vapeur d'eau dans le ciel, ce qui entraîne des nuages et des précipitations. L'humidité doit être élevée pour qu'une tempête se développe, donc une augmentation rapide de l'humidité indique la formation de nuages ou de tempêtes.</i>

⁹ Si l'élève ne fournit aucune preuve évaluable (par ex. « Je ne sais pas » ou ne répond pas à la question), alors sa réponse ne peut pas être évaluée à l'aide de la grille.