

**ACTIVITÉ****Investigation de la vapeur d'eau**

Après avoir terminé cette activité, vous devriez pouvoir :

- expliquer, au moyen de tasses de différentes grandeurs comment la "capacité" de l'air de contenir de la vapeur d'eau varie en fonction de la température.
- utiliser les tasses et des billes de calage en styromousse comme modèle pour expliquer les relations entre la « capacité » de l'air de contenir de la vapeur d'eau et la quantité réelle de vapeur d'eau dans l'air.

**Matériel**

Pour chaque deux étudiants, quatre tasses de 375 ml (12 onces) en matériel clair ou translucide, suffisamment de particules d'emballage de styromousse (ou du maïs soufflé) pour remplir une tasse, des ciseaux, un crayon feutre indélébile.

**Marche à suivre pour préparer les tasses pour cette activité :**

- Remplissez d'eau une des tasses de 375 ml (12 onces) jusqu'au bord. Versez l'eau de cette tasse dans une autre tasse jusqu'à ce que le niveau d'eau soit le même dans les deux tasses. À l'aide du crayon feutre indélébile, indiquez la ligne d'eau sur l'extérieur des deux tasses.
- Videz l'eau de l'une de ces tasses et coupez-là le long de la ligne tracée à l'extérieur. Vous avez maintenant une tasse de 187,5 ml (6 onces). Maintenant, videz l'eau qui reste dans la tasse de 375 ml (12 onces) dans une troisième tasse, jusqu'à ce que le niveau d'eau soit le même dans les deux tasses. Indiquez leur niveau d'eau.
- Videz l'eau de la troisième tasse et coupez-là sur la ligne du niveau d'eau. Cette tasse contient maintenant 93,75 ml (3 onces).

- Vous devriez avoir trois tasses — une de 93,75 ml (3 onces), une de 187,5 ml (6 onces) qui a une ligne indiquant le niveau de 93,75 ml (3 onces) et une de 375 ml (12 onces) avec des lignes indiquant les niveaux de 187,5 et 93,75 ml (6 et 3 onces).
- Écrivez un grand 0 sur le côté de la plus petite tasse, 10 sur la tasse moyenne et 20 sur la plus grande tasse pour indiquer la température de 0, 10 et 20 degrés Celsius. Utilisez ces tasses pour préparer les autres ensembles.
- La quatrième tasse non marquée contiendra les billes de calage de styromousse (ou de maïs soufflé).

**Méthode**

Dans cet exercice, on utilise des tasses de différentes grandeurs pour représenter la « capacité » de l'air de contenir de la vapeur d'eau aux températures de 0, 10 et 20 degrés Celsius. Des billes de calage en styromousse (ou du maïs soufflé) sont versées dans les tasses et représentent la vapeur d'eau réellement présente dans l'air.

Pour commencer, remplissez de billes de styromousse la plus grande tasse non marquée. Tout en remplissant la tasse, frappez légèrement sur la tasse pour aider les billes à se tasser dans le récipient. Cette quantité de billes est celle que vous utiliserez pour cet exercice.

L'activité utilise quatre tasses. La tasse sans marque sert de contenant pour les billes de styromousse. La plus grande des tasses marquées contient le double de la tasse moyenne. La tasse moyenne contient le double de la petite tasse. Les tasses marquées représentent la capacité de l'air pour contenir de la vapeur d'eau aux températures de 0, 10 et 20 degrés Celsius. Sur chaque tasse, on indique la température en relation avec sa capacité.

1. Versez des billes de styromousse dans la petite tasse étiquetée à 0 degrés jusqu'à ras bord. Puis versez le contenu dans la tasse moyenne de 10 degrés. Répétez cette procédure jusqu'à ce que la tasse de 10 degrés soit pleine. Ensuite, versez la tasse de 10 degrés dans la tasse de 20 degrés jusqu'à ce qu'elle soit pleine à son tour. En supposant que les tasses représentent la capacité de l'air de contenir de la vapeur d'eau à 0, 10 et 20 degrés Celsius, compléter l'énoncé suivant :

**La capacité qu'a l'air de contenir de la vapeur d'eau (            ) lorsque la température s'élève de 10 degrés Celsius.**

2. Pour commencer, verser la tasse pleine de 20 degrés dans la tasse de 10 degrés jusqu'à ce qu'elle soit pleine, à niveau. Puis verser le contenu de la tasse de 10 degrés dans la tasse de 0 degré jusqu'à ce qu'elle soit pleine à ras bord. Compléter l'énoncé suivant :

**La capacité qu'a l'air de contenir de la vapeur d'eau (            ) lorsque la température s'abaisse de 10 degrés Celsius.**

3. Videz maintenant la tasse de 20 degrés et remplissez-la avec le contenu de la tasse de 0 degrés jusqu'à ce qu'elle soit pleine. Vous basant sur cette action, complétez l'énoncé suivant :

**La capacité qu'a l'air de contenir de la vapeur d'eau s'accroît d'environ (            ) fois lorsque la température augmente de 20 degrés Celsius.**

4. En vous fiant aux mêmes observations, qu'arrive-t-il à la capacité de l'air de contenir de la vapeur d'eau lorsque la température baisse de 20 degrés Celsius ?
5. Lorsque l'air se refroidit, sa capacité de contenir de la vapeur d'eau diminue et tout surplus de vapeur d'eau doit se condenser. On peut démontrer ceci en essayant de

verser toutes les particules d'emballage d'une pleine tasse de 20 degrés dans une tasse de 10 degrés. Nivelez le dessus de la tasse de 10 degrés. Le trop-plein représente la vapeur d'eau qui s'est condensée. Dans cet exemple de refroidissement de 10 degrés, combien de vapeur d'eau s'est condensée en liquide au moment où la température a baissé de 10 degrés ?

6. L'air qui est rempli à capacité de vapeur d'eau est appelé air saturé. Si l'air saturé à 20 degrés est refroidi de 20 degrés, combien de sa vapeur d'eau doit se condenser ?
7. L'air saturé a une humidité relative de 100 %. L'humidité relative mesure la quantité de vapeur d'eau effectivement dans l'air comparé à la quantité que l'air pourrait contenir s'il était saturé à la même température. Versez une pleine tasse de 0 degré dans une tasse de 10 degrés afin de déterminer quelle serait l'humidité relative si l'air saturé à 0 degrés était réchauffé à 10 degrés sans ajout de vapeur d'eau. Quelle est-elle ? Quelle serait l'humidité relative si ce même air était réchauffé d'un autre 10 degrés pour atteindre 20 degrés Celsius ?
8. En vos propres mots, expliquez pourquoi, lorsqu'il fait froid, l'humidité relative dans les édifices chauffés (sans humidificateurs) est assez basse.
9. Le point de rosée est une autre mesure fréquente d'humidité. C'est la température à laquelle l'air doit être refroidi (sans changer le montant vapeur d'eau dans l'air) pour devenir saturé. Lorsque l'air est saturé, sa température et son point de rosée sont les mêmes. Quel est le point de rosée approximatif de l'air à 20 degrés ayant une humidité relative de 50 %? Pour trouver la réponse, remplissez la tasse de 20 degrés jusqu'à moitié. Puis versez le contenu dans la tasse de 10 degrés.

10. Quel est le point de rosée d'air saturé à 0 degré lorsque la température de l'air est augmentée à 10 degrés sans ajout de vapeur d'eau ? Pour trouver la réponse, versez une pleine tasse de 0 degré dans la tasse de 10 degrés et demandez-vous si le point de rosée a changé ou non.
11. Si l'air saturé à 20 degrés est refroidi à 10 degrés, quel est son point de rosée final ? Pour vous aider à répondre, essayez de verser une pleine tasse de 20 degrés dans une tasse de 10 degrés tout en vous demandant combien de vapeur d'eau la tasse de 10 degrés contient en comparaison avec sa capacité.
12. Généralement, lorsque l'air saturé est refroidi, qu'arrive-t-il à sa capacité de contenir de la vapeur d'eau, à son point de rosée et à son humidité relative ? Référez-vous à vos observations précédentes.
13. Décrivez en vos propres mots la relation qui doit exister entre la vapeur d'eau et la température pour qu'il y ait formation de nuages, de rosée et de gel.
14. Recherchez et écrivez des définitions spécifiques pour les termes suivants :
  - **Humidité relative**
  - **Point de rosée**

**ACTIVITÉ****Le pipeline atmosphérique**

Après avoir terminé cette activité, vous devriez pouvoir :

- calculer le volume approximatif d'une précipitation de tempête ;
- évaluer la quantité d'évaporation d'eau de surface nécessaire pour alimenter la tempête ;
- évaluer la quantité de ruissellement de surface produit par la tempête ;
- expliquer comment la topographie affecte les quantités des précipitations.

**Introduction**

Les tempêtes issues de systèmes atmosphériques peuvent représenter un embêtement pour un pique-nique, un soulagement apprécié à l'occasion d'une sécheresse ou une inondation désastreuse — entraînant tout dans son sillon, de la joie aux inconvénients, jusqu'aux pénibles épreuves et à la destruction. Ces tempêtes sont une partie intégrante du système climatique et météorologique de la Terre et du cycle de l'eau.

Une forte tempête de printemps du 11 au 13 mars 1993 a déversé de la pluie continue et de la neige abondante sur une grande étendue du Golfe du Mexique et de l'est des États-Unis. Ce fut un fléau pour plusieurs états américains, dont les routes ont été rendues impraticables à cause d'une neige mouillée et abondante et de nombreuses crues éclair, dues à la fois aux pluies abondantes et à la fonte subséquente de la neige. Plus de 2 000 personnes ont péri à cause de cette tempête.

La prochaine activité se sert de cette tempête pour examiner la capacité de l'atmosphère de transporter la substance eau. (Nota : les données sur les précipitations proviennent du US National Weather Service ( NWS ) et seront présentées dans leur format d'origine, i.e. en pouces, milles, etc. ).

L'eau liquide s'évapore à partir de la surface. Les configurations de la circulation atmosphérique transportent cette vapeur d'eau vers d'autres endroits où les systèmes de tempêtes convertissent la vapeur dans ses états liquide et solide, formant des nuages et des précipitations. La précipitation est retournée à la surface, renouvelant ainsi nos ressources en eau douce et complétant le cycle. Cette activité vous permettra de calculer la quantité approximative d'eau issue d'un important système de tempête. La carte qui accompagne cette activité montre des quantités de précipitations totales choisies (en pouces) produites par la tempête. Les quantités de chutes de neige ont été converties en quantités comparables de pluie. Dans la plupart des endroits, le sol était déjà saturé ou encore gelé, faisant en sorte que les précipitations et l'eau de dégel s'écoulent en surface.

**Marche à suivre**

1. À partir des montants totaux de précipitation indiqués sur la carte — *Spring Storm March 11-13, 1993 Total Precipitation*, évaluez jusqu'au plus proche demi-pouce (0,5, 1,0, 1,5, etc.), la moyenne de précipitation pour la totalité de chaque état. Ne tenez pas compte des états pour lesquels il n'y a pas de données de précipitation. Complétez la colonne du tableau de la page 17 avec les valeurs moyennes pour chaque état.
2. Multipliez les chiffres de chaque rangée du tableau pour obtenir le produit. Les superficies approximatives sont fournies en milles carrés pour chaque état. En multipliant la superficie par la profondeur des précipitations on obtient le volume d'eau en unités de pouces par milles carrés. Puis faites le total des produits de chaque état mentionné au tableau pour obtenir un volume total.
3. Le Golfe du Mexique, dont la superficie est d'environ 600 000 milles carrés, sert de région-

source de vapeur pour plusieurs tempêtes de l'est des États-Unis. Si on suppose que toute l'eau de cette tempête a été évaporée du Golfe du Mexique, on peut calculer la profondeur de l'eau nécessaire en divisant le volume total précédent par 600 000 ( $6 \times 10^5$ ). Il s'agit, en pouces, de la quantité équivalente à l'eau évaporée de toute la région du Golfe.

**Profondeur équivalente d'eau évaporée,**  
( ) **pouces.**

4. Pour déterminer le poids de l'eau tombée en précipitations dans cette tempête, multipliez d'abord le volume total précédent par 2 323 200 ( $2,3232 \times 10^6$ ) pour convertir le total en pieds cubes. (Le multiplicateur est le nombre de pieds carrés dans un mille carré divisé par 12 pouces au pied). Puis multipliez ce total par 62,4 livres par pied cube (la densité de l'eau douce) pour obtenir le poids total de l'eau tombée en précipitation lors de la tempête.

**Poids total de l'eau de la tempête**  
( ) **livres.**

5. Pour déterminer le volume d'écoulement d'eau douce produit par cette tempête, divisez le total précédent de pieds cubes d'eau par  $1,47 \times 10^{11}$ , le nombre de pieds cubes dans un mille cube. Ce nombre de milles cubes d'eau peut ensuite être comparé au volume de 116 milles cubes d'eau douce du lac Érié en divisant par 116 le nombre de milles cubes d'eau de tempête. On obtient ainsi la fraction équivalente du lac Érié qui serait remplie par l'eau issue de cette seule importante tempête.

**Volume d'écoulement d'eau douce**  
( ) **milles cubes.**

**Fraction équivalente du volume du lac Érié**  
( ).

État	Superficie en milles carrés (mi <sup>2</sup> )	Précip. Moy. (po.)	Produit
Alabama	51 000		
Connecticut	5 000		
Delaware	2 000		
Floride	54 000		
Georgie	58 000		
Kentucky	40 000		
Louisiane	45 000		
Maine	31 000		
Maryland	10 000		
Massachusetts	8 000		
Mississippi	47 000		
New Hampshire	9 000		
New Jersey	7 000		
New York	47 000		
Caroline du Nord	49 000		
Ohio	41 000		
Pennsylvanie	45 000		
Rhode Island	1 000		
Tennessee	41 000		
Texas	262 000		
Vermont	9,000		
Virginie	40 000		
Virginie de l'Ouest	24 000		
Grand total:			

## Questions

1. Quelle est la plus grande quantité de précipitation (à une seule station) présentée sur la carte ?  
(                      ). Dans quel état cela s'est-il produit ? (                      ).

Les précipitations les plus abondantes sont-elles concentrées dans une seule région ou sont-elles réparties sur plusieurs régions non reliées ? (                      ).

2. À l'aide d'une carte topographique ou de relief, pouvez-vous identifier une relation générale entre l'altitude et les plus grandes quantités de précipitation ? (                      ). Quelle semble être cette relation ?

---



---

3. (a) Comment se compare la moyenne de profondeur d'eau évaporée du Golfe du Mexique (selon vos calculs) avec la profondeur moyenne des précipitations que vous avez évaluées pour les états ?

---

Comment, en gros, se comparent les régions du Golfe du Mexique et celle de l'est des États-Unis ?  
(                      ). Qu'est-ce que cela implique en ce qui concerne le transport de l'eau par les tempêtes depuis l'océan jusqu'à différents endroits sur terre ?

---



---

(b) Est-il raisonnable de penser que ce transport se produit à partir d'océans des régions tropicales chaudes vers des régions terrestres plus froides dans des latitudes plus élevées ? (                      ). Pourquoi ou pourquoi pas ?

---



---

4. Les tempêtes atmosphériques varient en intensité, en fréquence et lieux de manifestation autour du monde ; supposons que cette tempête soit en quelque sorte typique dans sa façon de transporter la substance eau et qu'elle soit la seule perturbation à se produire au cours de cette semaine. Quelle sera la profondeur totale d'eau évaporée/précipitée au cours d'une année ?

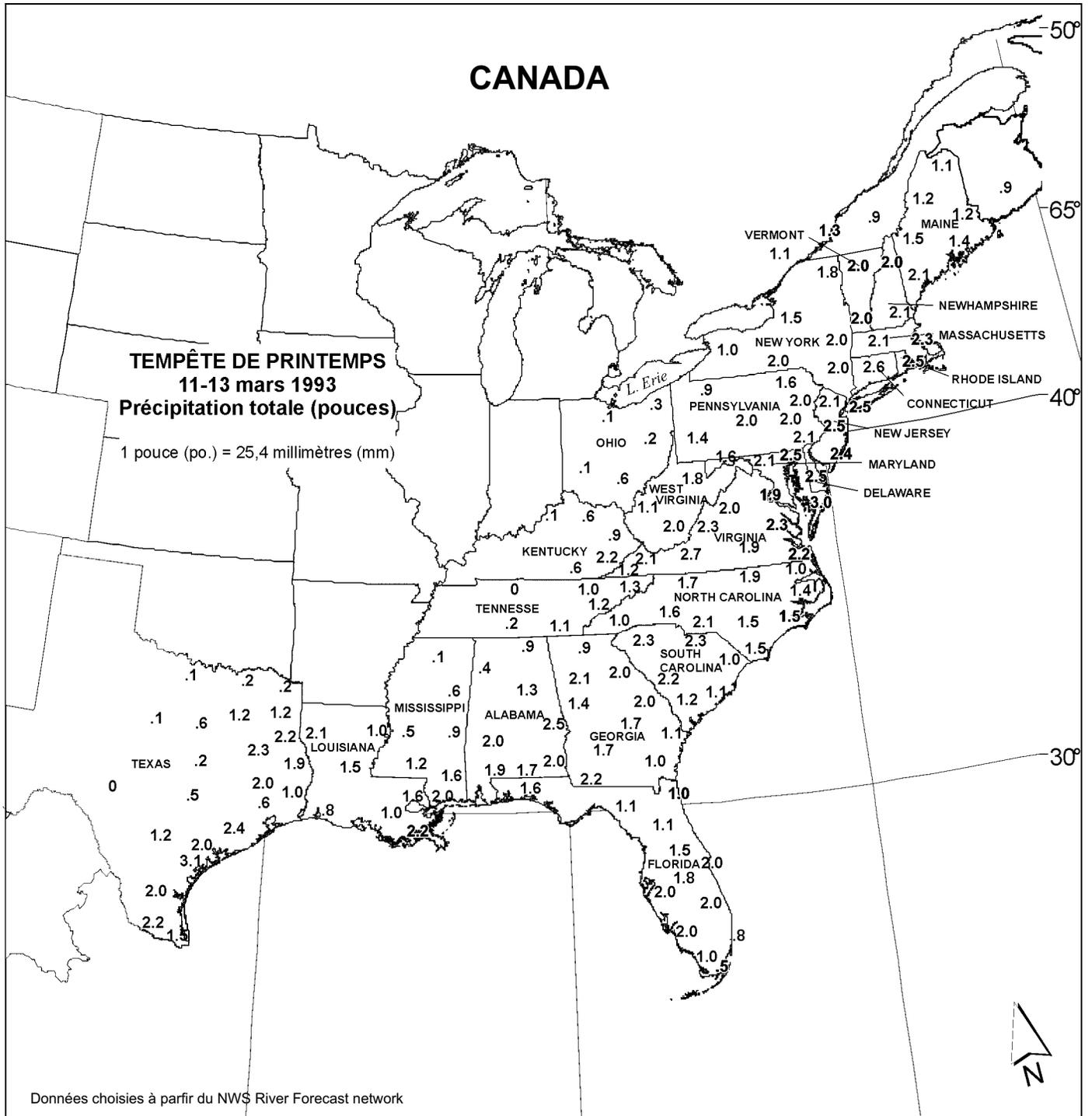
---

Comment ce total se compare-t-il avec la moyenne mondiale donnée ailleurs dans ce Guide du maître ?

---



---



## ACTIVITÉS SUPPLÉMENTAIRES

1. Prenez un contenant de métal tel une cannette de boisson (dont le dessus a été enlevé) et une bande-thermomètre de cristal liquide ou tout thermomètre qui adhère bien au côté de la cannette. Attachez le thermomètre au côté de la cannette. Remplissez-la d'eau jusqu'aux deux-tiers environ. Ajoutez de la glace concassée à l'eau et brassez. Continuez d'ajouter de la glace pour refroidir l'eau et le contenant. Observez attentivement l'extérieur de la cannette pour l'apparition de rosée — ou condensation — sur les côtés et notez la température au tout début de la formation. Vous obtenez la température du point de rosée, la température à laquelle le montant réel d'humidité dans l'air ambiant est le plus grand possible à cette température.
2. Créez votre propre cycle hydrologique en plaçant de la terre au bout d'un aquarium. Ajoutez de l'eau à l'autre bout de l'aquarium, formant ainsi une région « Terre » et une région « mer ». Couvrez l'aquarium d'une tôle à biscuit de métal au-dessus de la « Terre » et d'une feuille de plastique au-dessus de la mer, en scellant le dessus. Simulez le Soleil en éclairant le côté de l'aquarium au moyen d'une lampe. Puis placez de la glace sur la tôle à biscuit métallique. L'eau s'évaporera des surfaces de « Terre » et de mer et se condensera sur la plaque de métal refroidie pour devenir précipitation vers le bas.
3. Prenez une casserole transparente ou un vase à bec. Remplissez-le de glace concassée et d'eau. Laissez le mélange se reposer jusqu'à ce que le mélange d'eau et de glace atteigne le point d'équilibre ou de congélation (0 degré Celsius), ajoutant plus de glace au besoin pour obtenir un mélange avec suffisamment de glace. Placez la casserole ou le vase sur une plaque chauffante ou sur une source de chaleur et faites chauffer lentement. Remuez et continuez à mesurer la température du mélange jusqu'à ce que toute la glace ait fondue. La température reste-t-elle au (ou près du) point de congélation (0° C) pendant ce temps ? Où va la température que vous ajoutez si la température n'augmente pas ? (Il s'agit de chaleur latente qui transforme l'eau de l'état solide à l'état liquide).
4. Couper trois morceaux d'un mètre carré de feuille de plastique transparent. Placez-en un sur une surface de gazon, une sur le sol nu et une sur une surface asphaltée ou de ciment. Une demi-heure plus tard, observez les plaques de plastique pour voir laquelle a le plus d'évaporation. (La combinaison de l'évaporation du sol et de la transpiration de surfaces de végétation est appelée évapotranspiration). Faites cette expérience à divers moments de la journée ou sous des couverts de nuages variés pour examiner le changement de radiations solaires. Faites cette expérience aussi dans des conditions différentes d'humidité et de vent.