

ACTIVITÉ 1

Un casse-tête satellitaire

Après avoir complété cette activité, vous devriez être en mesure de :

- Décrire comment l'information est obtenue par les satellites, transmise à la Terre et interprétée pour bâtir des images.
- Expliquer comment la taille des pixels influence le niveau de détail (définition) des images satellitaires météorologiques.

Introduction

Les satellites fournissent des vues uniques de la Terre. L'imagerie obtenue par ces plates-formes spatiales révèle des systèmes et des configurations de circulation à grande échelle qui peuvent être visionnés dans leur intégralité. Des détecteurs à bord des satellites balayent la terre ligne par ligne en bandes étroites et mesurent l'intensité des signaux produits par la réflexion de lumière solaire ou par la radiation (chaleur) infrarouge pour de petits blocs à l'intérieur de chaque bande. Chaque segment de bloc, appelé pixel, est le plus petit élément de l'image. Une série de nombres indiquant les intensités des signaux est transmise à des stations réceptrices sur Terre où les ordinateurs rassemblent les valeurs en lignes de blocs ombrés ou de couleurs. Les lignes sont rajoutées les unes aux autres en séquence pour compléter l'image. Les vues des satellites météorologiques présentées dans les bulletins de prévisions météorologiques sont des exemples de telles images.

Méthode

Cette activité explore le processus de la production de l'imagerie satellitaire. Imaginez que deux détecteurs balayent la même scène et que les deux détecteurs mesurent la lumière solaire réfléchi. Le balayage de la scène a produit les deux séries de données présentées dans la figure

s'y rattachant. Des grilles à la droite de chaque série de données indiquent la taille des pixels captés par les deux détecteurs du satellite. Un détecteur est capable de voir des pixels dont la longueur de côté est la moitié de celle des pixels détectables par l'autre détecteur.

On utilise une échelle de 0 à 3 pour indiquer l'intensité du signal de la lumière reçue par les détecteurs des satellites. La valeur 0 indique aucune détection de lumière alors que la valeur 3 indique la réception la plus intense de lumière.

Reconstruisez la scène en vous basant sur les valeurs de pixels apparaissant à la gauche de chaque grille. Les valeurs sont les mêmes positions relatives que les pixels qu'elles représentent. Une valeur de "0" indique qu'aucune lumière n'a été détectée, alors qu'un "3" signifie la réception la plus intense de lumière solaire réfléchi de la Terre.

Utilisez un crayon pour remplir la légende ci-dessous comme suit :

Légende du tramage

0 - noir				
1 - gris moyen				
2 - gris pâle				
3 - aucun ombrage				
	0	1	2	3

En vous référant à la légende ombrez la grille ci-dessous en fonction des données fournies. Puis utilisez la même procédure pour remplir la grille ayant des pixels plus petits sur la page suivante.

DONNÉES		1	2	3		
2	0	2	A			
0	2	2	B			
0	1	0	C			
2	0	2	D			

DONNÉES						
	1	2	3	4	5	6
A						
B						
C						
D						
E						
F						
G						
H						

Questions

1. D'après-vous, quel était l'original ? (Indice : la scène balayée dans cette activité était une lettre ou un chiffre spécifique.) Laquelle des deux vues montre le plus de détail ? Pourquoi ?

2. Supposez que les deux détecteurs de satellites météorologiques utilisés dans cet exercice produisent des pixels qui représentent des surfaces terrestres de 2 et de 1 kilomètre de côté, respectivement. En supposant que le Canada a une largeur d'environ 5 000 km de l'ouest à l'est, et une hauteur de 5 000 km du nord au sud, combien de pixels devraient être balayés pour obtenir des images du Canada par chacun des deux détecteurs ?

3. Quels sont certains des problèmes éventuels concernant la production des images de satellites météorologiques ayant beaucoup plus de détail que ce qui est présentement disponible ? Prenez en considération des aspects tels que l'ingénierie, le design, le coût, le temps et tout autre facteur.

ACTIVITÉ 2**Que pouvez-vous voir ?**

Après avoir terminé cette activité, vous devriez être en mesure de :

- Expliquer comment les images satellitaires peuvent être réalisées avec de la lumière solaire réfléchi (radiation visible) et avec de la chaleur (radiation infrarouge) émises par la Terre.
- Décrire les avantages et les inconvénients des images à lumière visible provenant de satellites météorologiques.
- Décrire les avantages et les inconvénients des images à radiation infrarouge .

Introduction

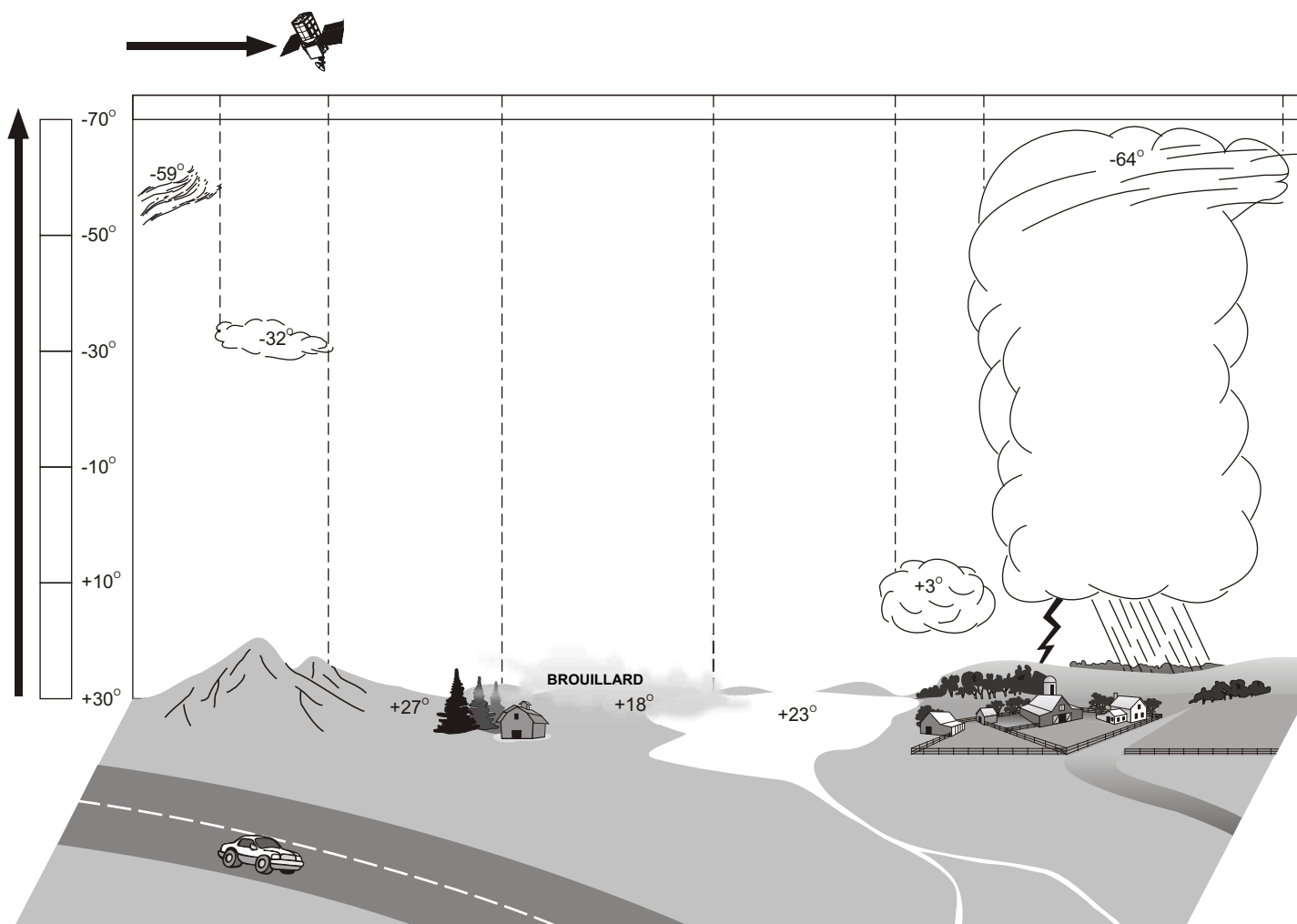
Les satellites météorologiques disposent de détecteurs qui détectent à la fois de la lumière visible et de la radiation ou radiation thermique. Les détecteurs qui fournissent des vues de lumière solaire réfléchi sont conçus pour être plus détaillés que l'infrarouge, pour que des objets plus petits puissent être vus. Cependant, des images visibles sont uniquement disponibles le jour, limitant ainsi le suivi continu des conditions météorologiques. Bien que moins détaillées, les images infrarouges sont des cartes de température des surfaces visionnées à partir de la position avantageuse du satellite, qu'il s'agisse de terre, d'eau ou de nuages. On peut faire ressortir les variations de température entre les surfaces pour mettre en valeur certaines caractéristiques intéressantes pour les météorologues.

Méthode

Le dessin ci-joint montre une surface terrestre et une coupe verticale de l'atmosphère. À gauche, une échelle de température illustre la diminution de la température en lien avec l'augmentation d'altitude dans l'atmosphère. Ombrez les blocs de l'échelle de température avec votre crayon. Commencez en noircissant le plus possible le bloc du bas, celui d'au-dessus un peu moins, le prochain un peu plus pâle, et ainsi de suite. Laissez le bloc supérieur blanc.

Les chiffres dans le dessin indiquent la température de diverses surfaces. Par exemple, la surface du lac est de $+23^{\circ}\text{C}$, la surface supérieure du banc de brouillard est de $+18^{\circ}\text{C}$ et le sommet de l'orage se situe à la très froide température de -64°C .

Les taux de radiation infrarouge (chaleur) provenant des objets se rapportent à leurs températures de surface. Plus la température de surface est élevée, plus il y a de radiation. Plus la température est basse, moins il y a de la radiation. C'est pourquoi les sommets froids des nuages élevés paraissent blancs alors que les dessous des nuages plus chauds paraissent gris dans les images infrarouges (à moins que les images n'aient été améliorées.)



Questions

1. Que "voit" un satellite quand il explore la Terre à la lumière réfléchiée (radiation visible) ? Imaginez-vous regardant tout droit vers le bas à partir d'un satellite se déplaçant sur le dessus du dessin. La flèche indique la direction dans laquelle vous vous déplacez. Énumérez la séquence des choses que vous verriez en vous déplaçant à travers votre champ de vision. Pourriez-vous voir la même scène la nuit ?

2. Que "voit" un satellite quand il explore la Terre par radiation infrarouge ? Imaginez que vous procédez au même balayage mais que cette fois vous détectez la chaleur ou la radiation émise par les surface supérieures des objets.

a) Choisissez votre propre légende pour les températures à la gauche de la section verticale. Maintenant, en utilisant l'échelle d'ombrage (ou d'enrichissement de la couleur) que vous avez choisie comme guide pour la température, ombrez (ou coloriez) la bande au-dessus de l'image en vous basant sur les températures des surfaces directement en dessous.

b) Énumérez la listes des "choses" que vous verriez en balayant le champ de vision. Pourriez-vous voir autant de choses que vous avez vues avec la lumière visible ? Pouvez-vous distinguer entre la terre, le brouillard et l'eau ? Y a-t-il des choses que vous pouviez "voir" mieux grâce au balayage infrarouge que lors de la prise de vue à lumière visible ? Lesquelles sont les plus blancs, les surfaces des nuages bas ou celles des nuages élevés ? Pouvez-vous voir cette image de température le jour ou la nuit ?

3. Dans la liste ci-dessous, placez un « » dans la colonne appropriée pour indiquer quelle type de vue de satellite (visible ou infrarouge) est mieux adaptée pour fournir les renseignements demandés :

	Visible	Infrarouge
a) une couverture 24 heures de l'atmosphère		
b) les détails les plus fins des surfaces de nuages		
c) les températures des sommets de nuages (et indirectement, leurs altitudes)		
d) distinguer le brouillard des surfaces terrestres environnantes		
e) déterminer le niveau d'enneigement au sol		
f) déceler de petits nuages de beau temps		
g) le codage couleur des dessus de nuages		

ACTIVITÉ 3

Comparaisons d'imagerie satellitaire pour l'analyse des orages

Après avoir terminé cette activité, vous devriez être en mesure de :

- Expliquer comment des approches différentes d'imagerie satellitaire peuvent aider à l'analyse météo.
- Décrire les avantages et les inconvénients des diverses approches d'imagerie satellitaire.

Introduction

Cette activité comprend des exemples d'images visuelles, infrarouges et de vapeur d'eau (GOES) prises environ au même moment le 6 novembre 2000. Une carte météo de surface présentant l'emplacement des systèmes météos à ce moment est également incluse. Tel que discuté, chacune de ces images voit les choses différemment et l'analyse correcte de ce qui se passe requiert un examen et une assimilation de données réalisés avec soin.

Analyse de données et assimilation

1. Révisez les analyses suivantes des images satellitaires visibles et à l'infrarouge pour le 28 mars 1998 :

L'image visible GOES pour 00Z 28 mars 1998 (figure 1) révèle un vaste tourbillon de nuages associé à un système de tempête dont le centre se situe au-dessus du nord du Michigan. La masse nuageuse en forme de virgule est typique d'un cyclone à maturité. Les nuages sont d'un blanc uniforme mais les formes évoquent le type de nuages. Des bandes de nuages cumulus de basse

altitude se sont formées au-dessus de la portion sud du Michigan et du nord de l'Indiana dans l'air froid qui suit le front froid qui est passé à l'est dans l'Ohio.

L'apparence inégale des nuages du centre de l'Ohio jusqu'au sud de l'Ontario indique la convection dans le système de tempête.

L'image infrarouge améliorée GOES pour 13Z 28 mars 1998 (figure 2) révèle, par sa couleur blanche et brillante, les sommets froids des nuages de la tempête qui va de près de Toronto jusqu'à Sault Ste-Marie. Les ombrages incrustés ont été choisis (accentués) pour attirer l'attention visuelle sur les emplacements. On commence l'enrichissement en appliquant l'ombrage le plus foncé aux températures les plus chaudes. Les surfaces plus froides apparaissent en tons de gris successivement plus pâles. La séquence d'ombrage de plus foncé à plus pâle est répétée pour les températures les plus froides, tel que montré par les taches les plus foncées formant une zone généralement à l'est des états du sud-est. Des sommets de nuages d'orages froids et élevés existent dans une ligne qui traverse le centre de l'Ohio (ligne blanche brillante entourée d'ombrage plus foncé). Une bonne partie du restant de l'Ontario se situe sous un ombrage gris de nuages plus bas et plus chauds. Une large partie du Wisconsin et du nord-ouest ontarien (à l'ouest de Thunder Bay) est gris foncé à cause des surfaces terrestres plus froides. C'est dans l'extrême est ontarien, l'est des états de New York et de la Pennsylvanie, représentés par des tons foncés dans cette région libre de tout nuage, que les températures les plus chaudes se produisent.

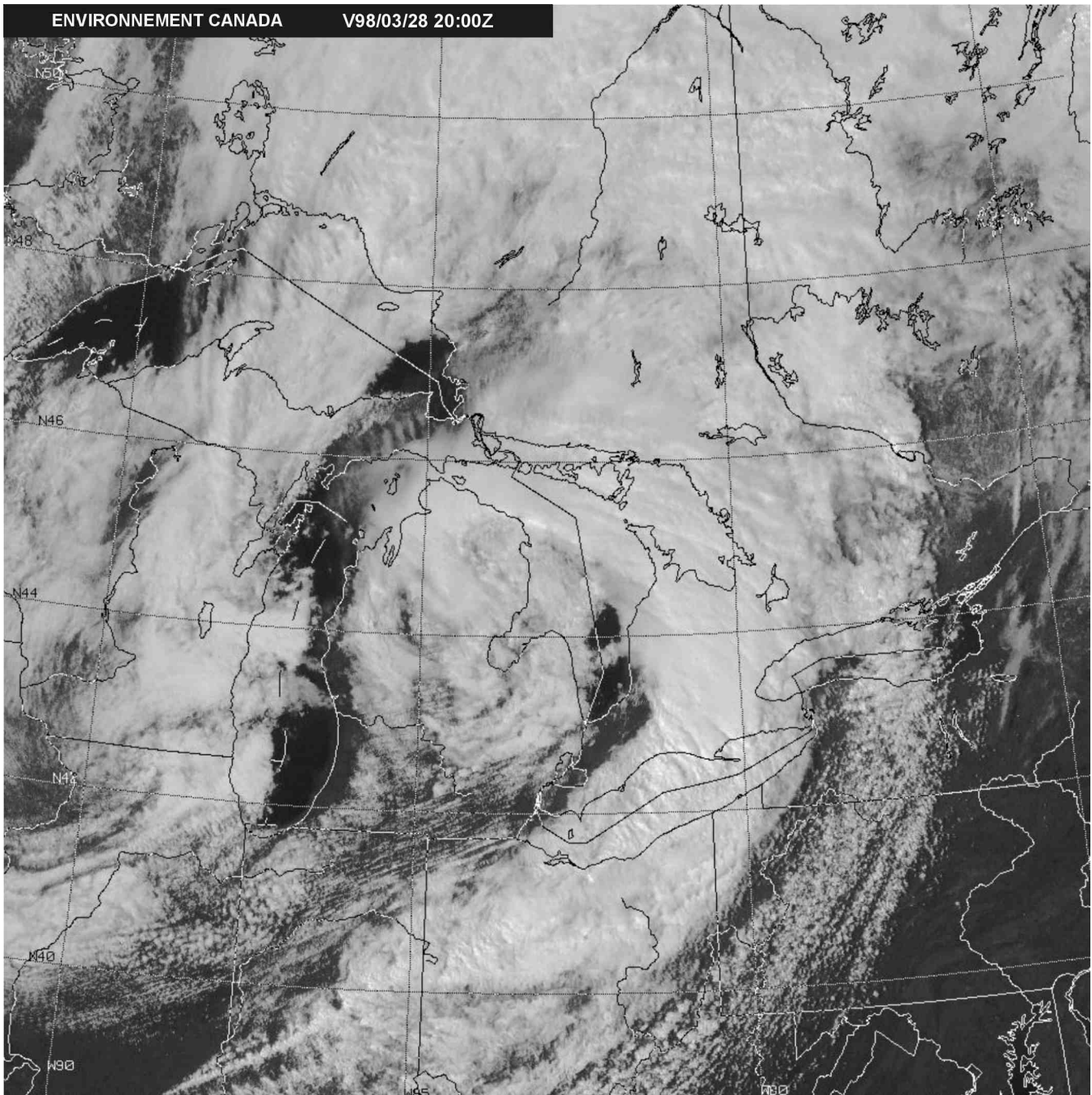


Figure 1 - US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) GOES image satellitaire visible pour 00Z le 28 mars 1998

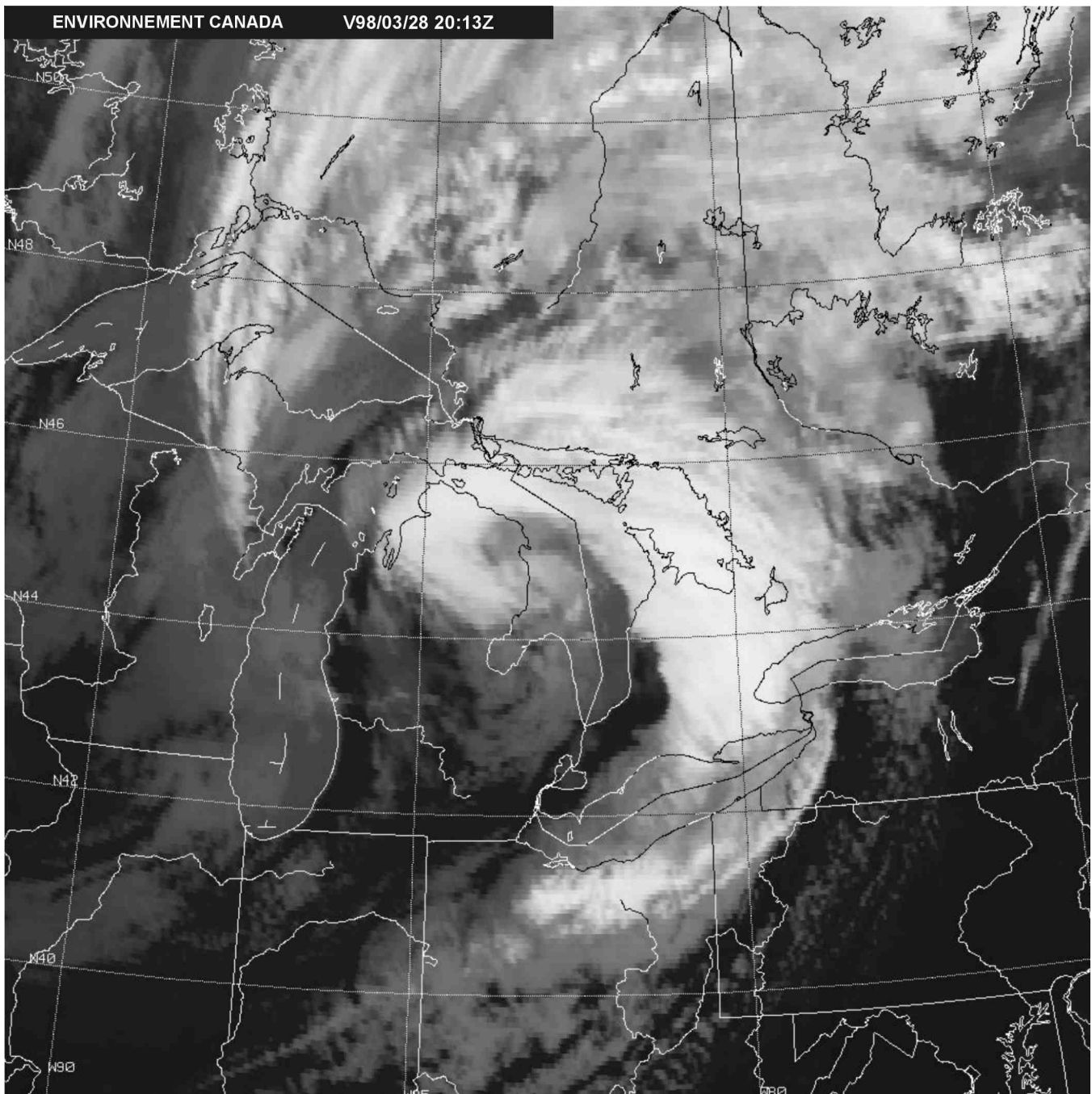


Figure 2 - US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) image satellitaire infrarouge GOES pour 13Z le 28 mars 1998

2. Tout en reconnaissant les différences d'heure entre les images, identifiez les points communs remarquables dans chacune d'elles puis commentez sur les aspects uniques de chaque image qui pourraient amener quelqu'un à modifier son interprétation des divers éléments identifiés au cours du processus d'analyse.

3. Révisez la prochaine série d'images-satellitaires du 6 novembre 2000 et les analyses des images infrarouges et de vapeur d'eau.

L'image infrarouge GOES (figure 3) présente un système de basse pression nettement défini centré au-dessus de l'Iowa. Une spirale de nuages s'étendant en configuration de virgule depuis le nord de l'Ontario (image IR) au sud des USA est associée à cette dépression. Comme dans l'image infrarouge précédente (figure 2), les sommets froids et élevés ont une couleur plus claire.

L'image de vapeur d'eau GOES (figure 4) indique la couverture nuageuse épaisse du système de tempête par un ombrage très léger dans un arc du nord-ouest de l'Ontario jusqu'au Golfe du Mexique. Il est intéressant de constater l'ombrage plus foncé immédiatement à l'ouest des couleurs plus vives faisant état de peu d'eau. Il y a certains nuages bas dans cette zone qui sont apparents dans l'ombrage gris-blanc sur l'image infrarouge. Le détecteur de vapeur d'eau du satellite

décèle de l'eau surtout aux niveaux moyens et supérieurs de la troposphère, au-dessus des nuages bas.

4. En utilisant les analyses de la carte de surface CMC Environnement Canada (figure 5), représentant le système de tempête à 18Z le 6 novembre 2000, juste avant les images satellitaires, identifiez les relations qu'un météorologue pourrait établir entre les images satellitaires et les systèmes météorologiques individuels ainsi que les approches complémentaires d'utilisation des images pour déceler les conditions atmosphériques.

5. En se basant sur la compréhension des conditions présentées et les animations d'images satellitaires, les météorologues peuvent produire des prévisions générales plus précises et au besoin des alertes météorologiques. En utilisant les données fournies pour le 6 novembre 2000, c.-à-d. les images satellitaires et l'analyse de surface, que retrouverait-on dans vos prévisions pour Winnipeg, Toronto et Indianapolis, Indiana pour les 24 prochaines heures?

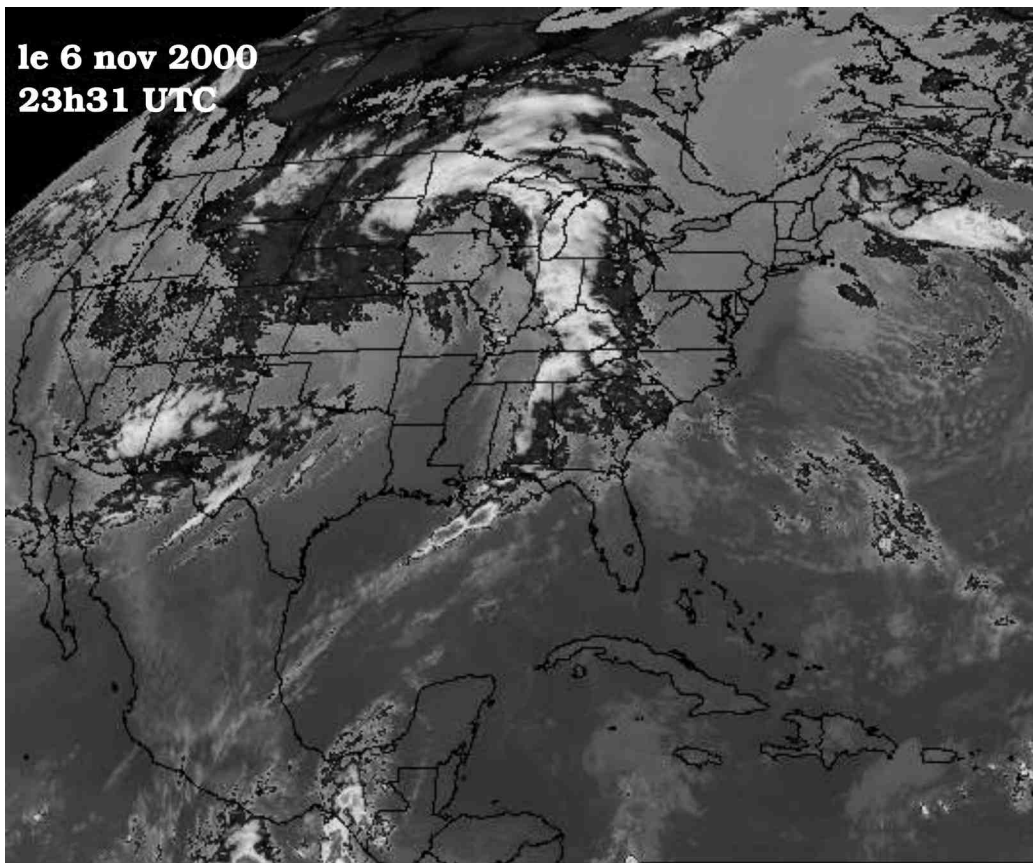


Figure 3 - image infrarouge GOES pour 2331Z le 6 novembre 2000

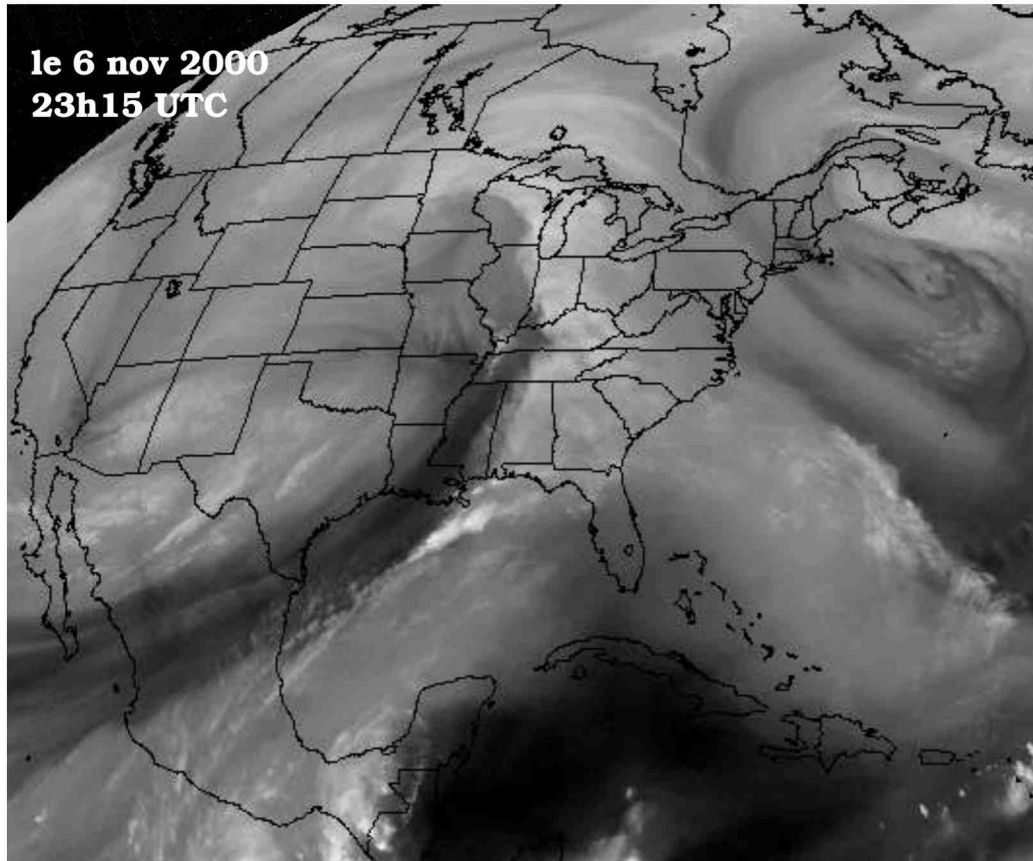


Figure 4 - image de vapeur d'eau GOES pour 2315Z le 6 novembre 2000

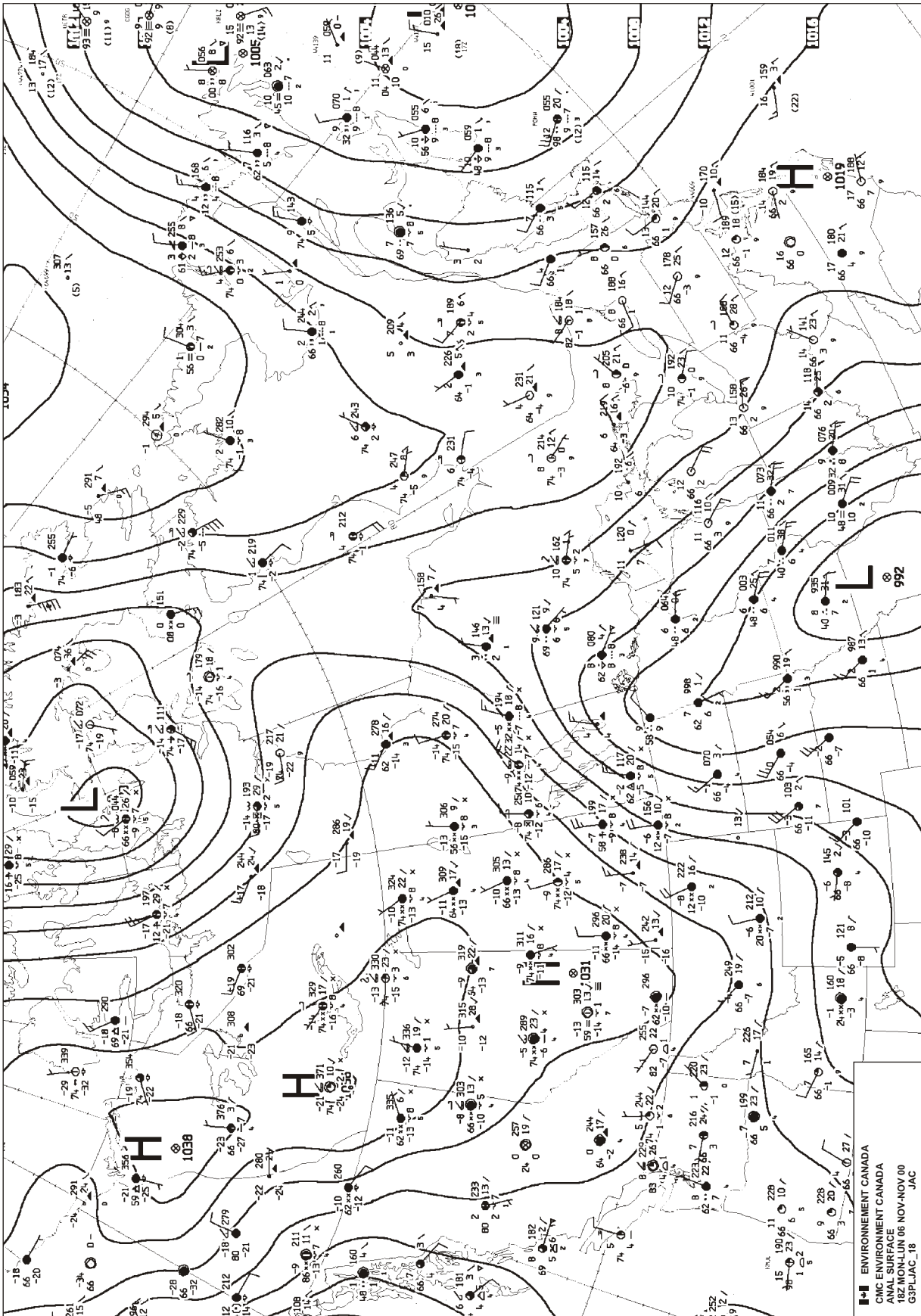


Figure 5 - Analyses de carte de surface CMC Environment Canada pour 1800Z le 6 novembre 2000