

Les précipitations

- ❑ Types de précipitations
- ❑ Mesures de précipitation

Table de matières

- Classification de la précipitation :
 - Pluie,
 - neige,
 - grésil
 - verglas

- Mesures de précipitation
 - In situ : les pluviomètres
 - Télédétection : radars

Précipitation liquide

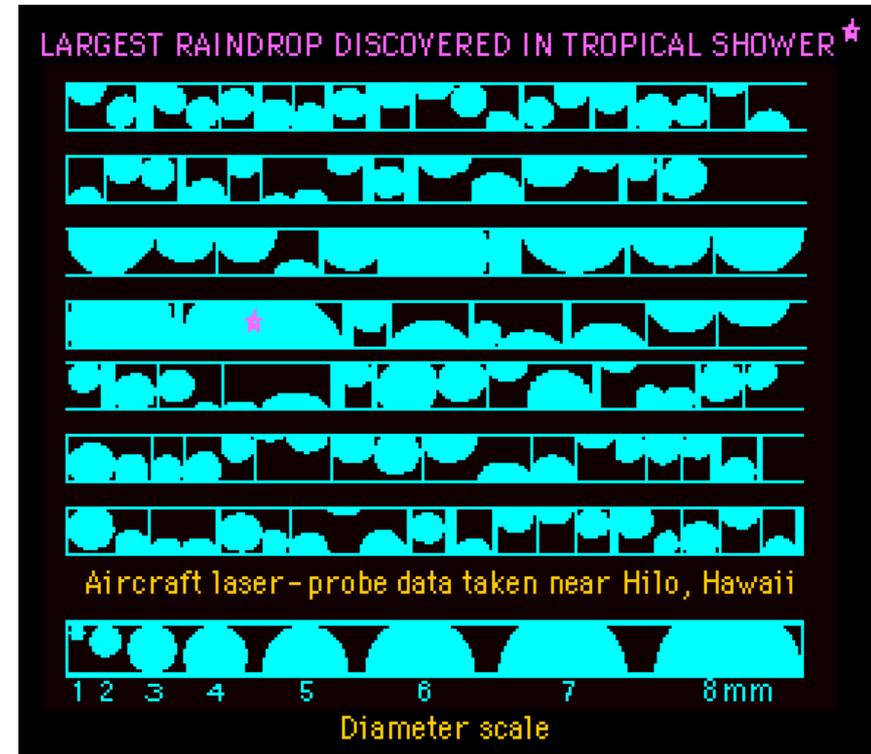
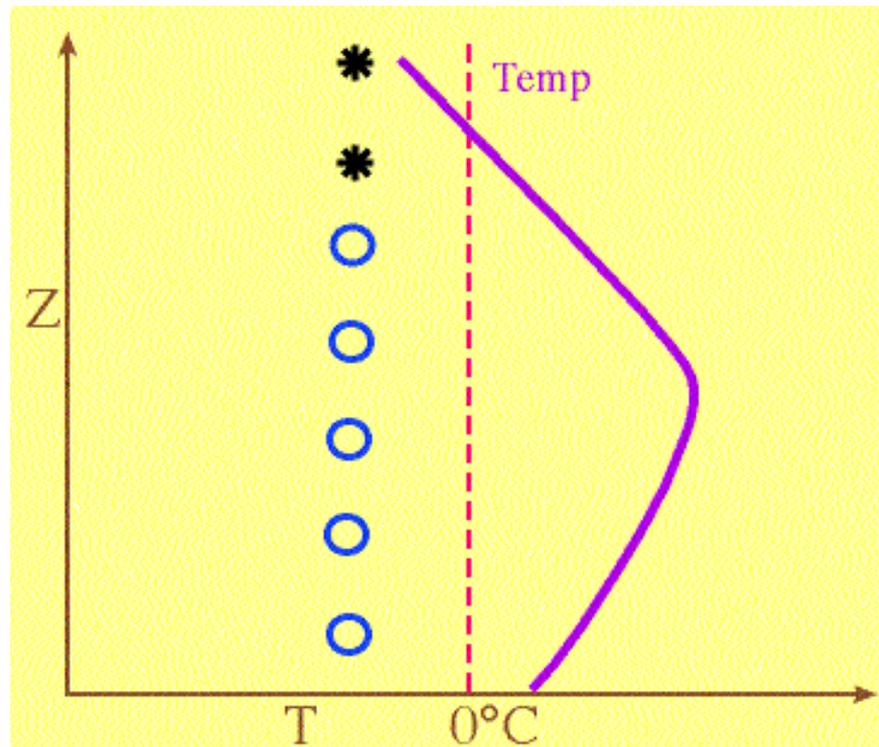
Type de précipitation

- **Pluie** : gouttes de diamètre $> 0,5$ mm
- **Bruine** : gouttes de diamètre $< 0,5$ mm (provenant la plupart du temps de nuages de type stratus)
- **Pluie verglaçante** : De la pluie qui gèle en contact avec le sol
- **Bruine verglaçante** : de la bruine qui gèle en contact avec la surface
- **Virga** : pluie qui évapore avant d'atteindre la surface

Événement

- **Averses** : L'averse se définit par une chute de précipitations peu durable (moins d'une heure) mais parfois intense. Les nuages porteurs d'averses sont généralement les Cumulonimbus et les Cumulus congestus.
- **Pluie continue** : Une pluie continue caractérisée par le type de nuages, de la forme (nuages stratiformes épais comme le nimbostratus) et d'une durée de plus de trois ou quatre heures.

Pluie et bruine



D= 4.000 mm



3.675 mm



2.900 mm



2.650 mm



1.725 mm



1.350 mm

Figure 2.2. Typical shapes of rain drops falling at terminal velocity. From Pruppacher and Beard (1970).

Pluie versus bruine

- La **bruine** est une précipitation liquide d'intensité faible (moins de 0,5 mm/h) dont les gouttes d'eau, en grande concentration pour réduire la visibilité, ont une taille inférieure à 0,5 mm de diamètre.
 - Faible : la visibilité est de plus de 800 m;
 - Modérée : la visibilité est de 400 à 800 m;
 - Forte : la visibilité est moins de 400 m.

- La **pluie** est une précipitation liquide de gouttes d'eau assez espacées et dont la taille dépasse les 0,5 mm de diamètre.
 - Faible : 0,5 mm/h à 2,5 mm/h
 - Modérée : 2,5 mm/h à 8 mm/h
 - Forte : plus de 8 mm/h.

Verglas





Virga



Virga

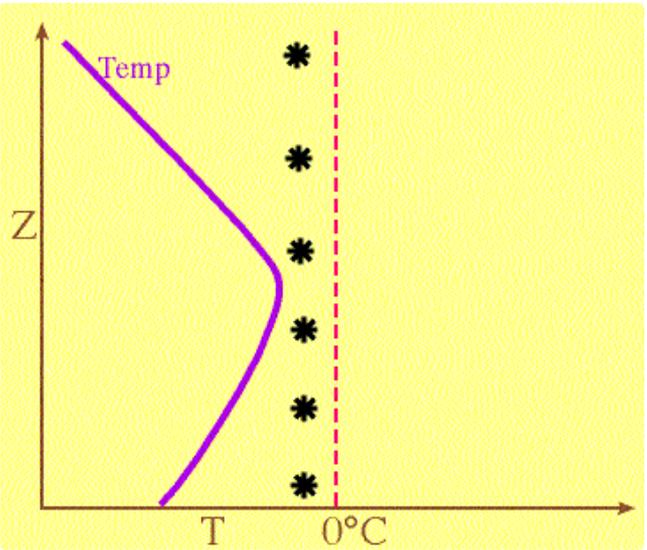
Précipitation solide

Type de précipitation

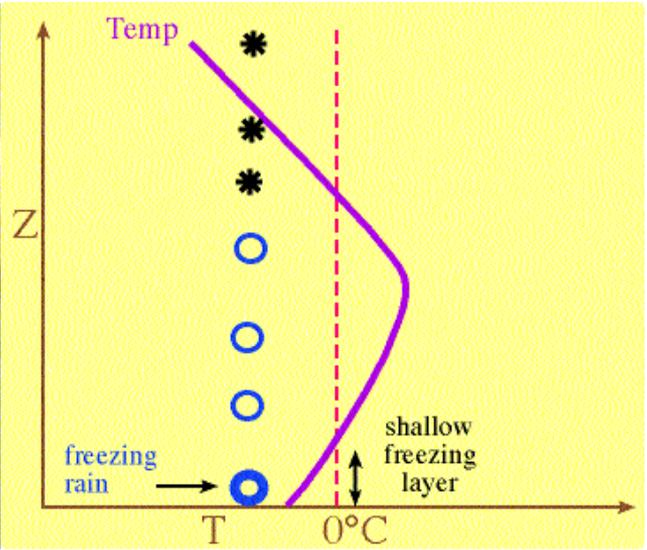
- **Neige**: constitue de glace cristallisée et agglomérée en flocons pouvant être ramifiés d'une infinité de façons.
- **Neige roulée** : sous forme de particules de glace blanches et opaques, de surface généralement arrondie ou conique, et dont la dimension peut aller jusqu'à 5 mm.
- **Grésil** : forme de pluie totalement gelée après être passée dans une couche épaisse d'air sous zéro.



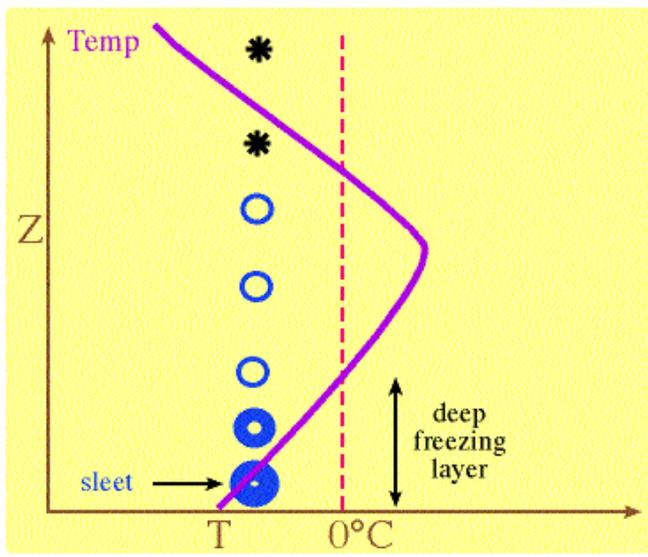
Neige



Verglas



Grésil



Précipitation solide

Type de précipitation

- **Grêle** : se forme dans des orages particulièrement forts lorsque l'air est très humide et que les courants ascendants sont puissants. Elle prend la forme de billes de glace (grêlons) dont le diamètre peut varier de quelques millimètres à une dizaine de centimètres. Associée aux cumulonimbus.



<https://www.lenouvelliste.ch>



<http://www.antri-grele.fr/anatomie/>

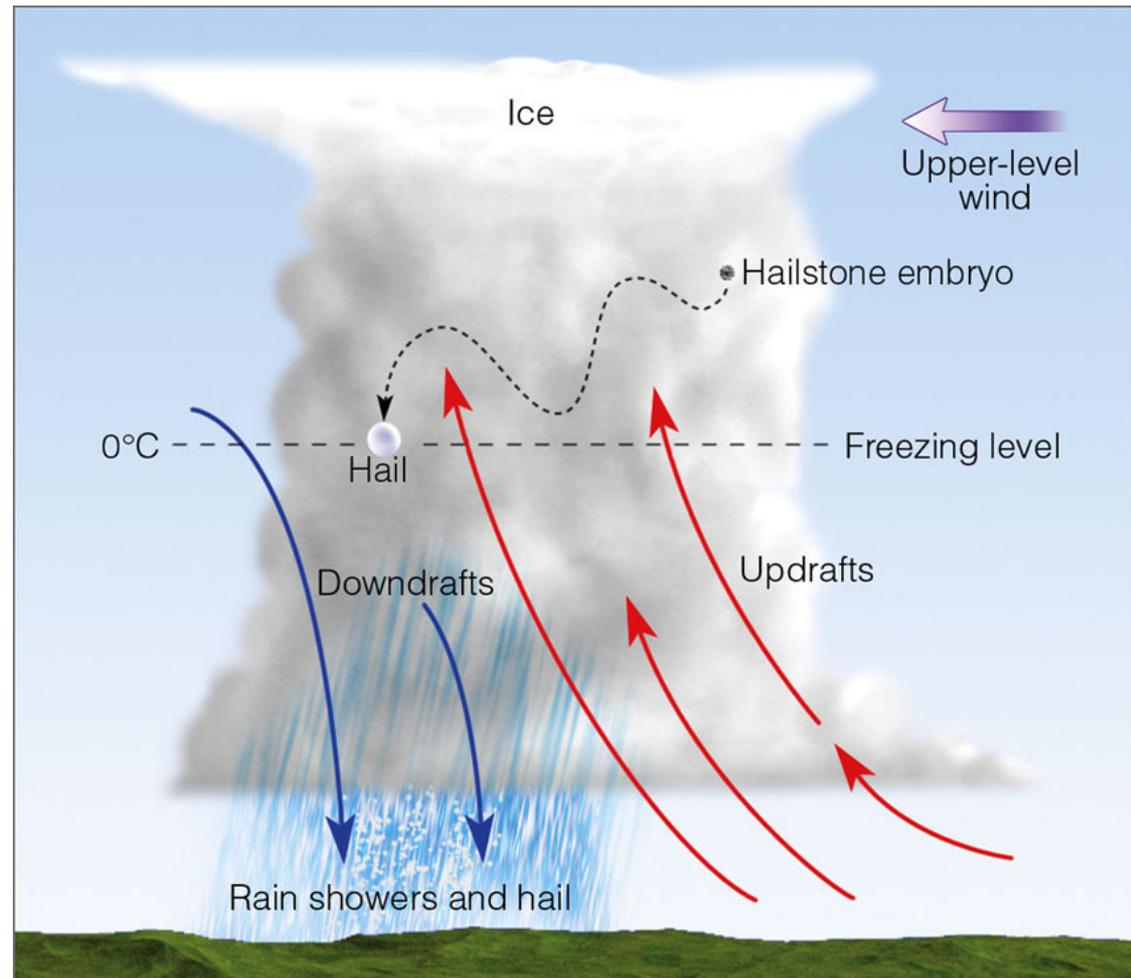
La grêle

La grêle est formée en général dans des cumulonimbus par accrétion (givrage) collection des gouttelettes d'eau surfondue. Par des particules de glace qui sont transportées par les courants ascendants du nuage.

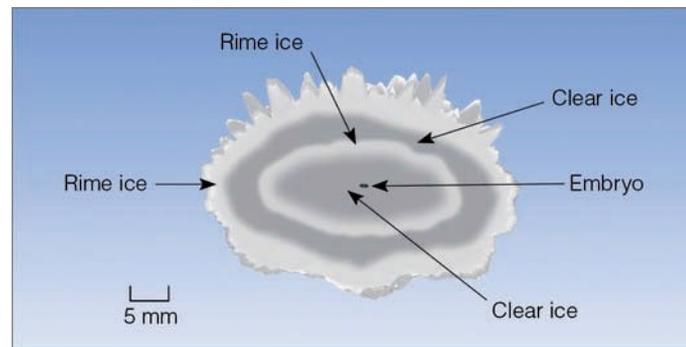
Comment se forme la grêle?



<https://weather.com>

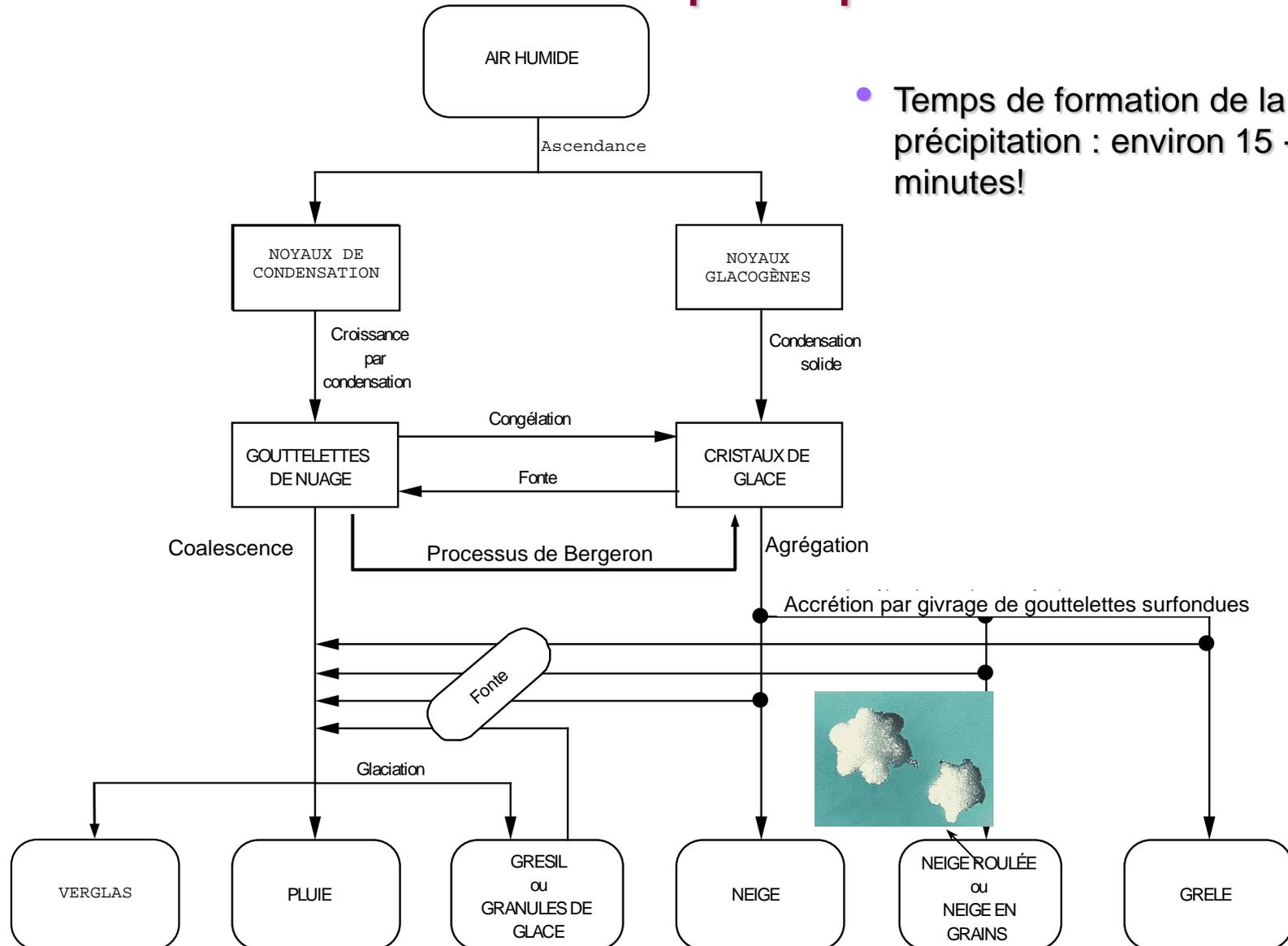


© Brooks/Cole, Cengage Learning



Résumé : formation des précipitations

- Temps de formation de la précipitation : environ 15 - 30 minutes!



Témoignage d'un hydrométéore solide ...

- Il faisait froid, très froid, quand je suis né;
- Dès que j'ai pu me déplacer, j'ai voyagé vers le chaud, j'ai perdu un bras ...
- Un peu plus loin j'ai rencontré des toutes petites gouttelettes avec des problèmes identitaires. Elles devraient être de la glace mais manquaient de modèles!
- En me voyant, elles se sont accrochées à moi et accompli leur rêve. Enfin glacées!
- Me voilà givré!
- Au but du voyage, j'ai atterri dans les cheveux d'un humain que m'a immortalisé à tout jamais! Je l'espère!



Photo de George Huard : Montréal
Montage et texte : E. Monteiro

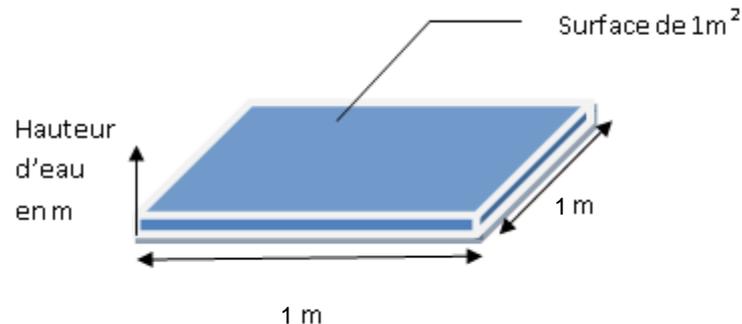
In situ : pluviomètres

Téledétection : radar

MESURE DES PRÉCIPITATIONS

Que signifie mm ou mm/h en termes de précipitation?

La mesure de l'accumulation de **pluie**, appelée pluviométrie, se fait avec un simple appareil nommé le pluviomètre. Cette mesure **correspond** à la hauteur d'eau recueillie sur une surface plane. Elle s'exprime en millimètres, et parfois en litres par mètre carré (**1 litre/m² = 1 mm**).

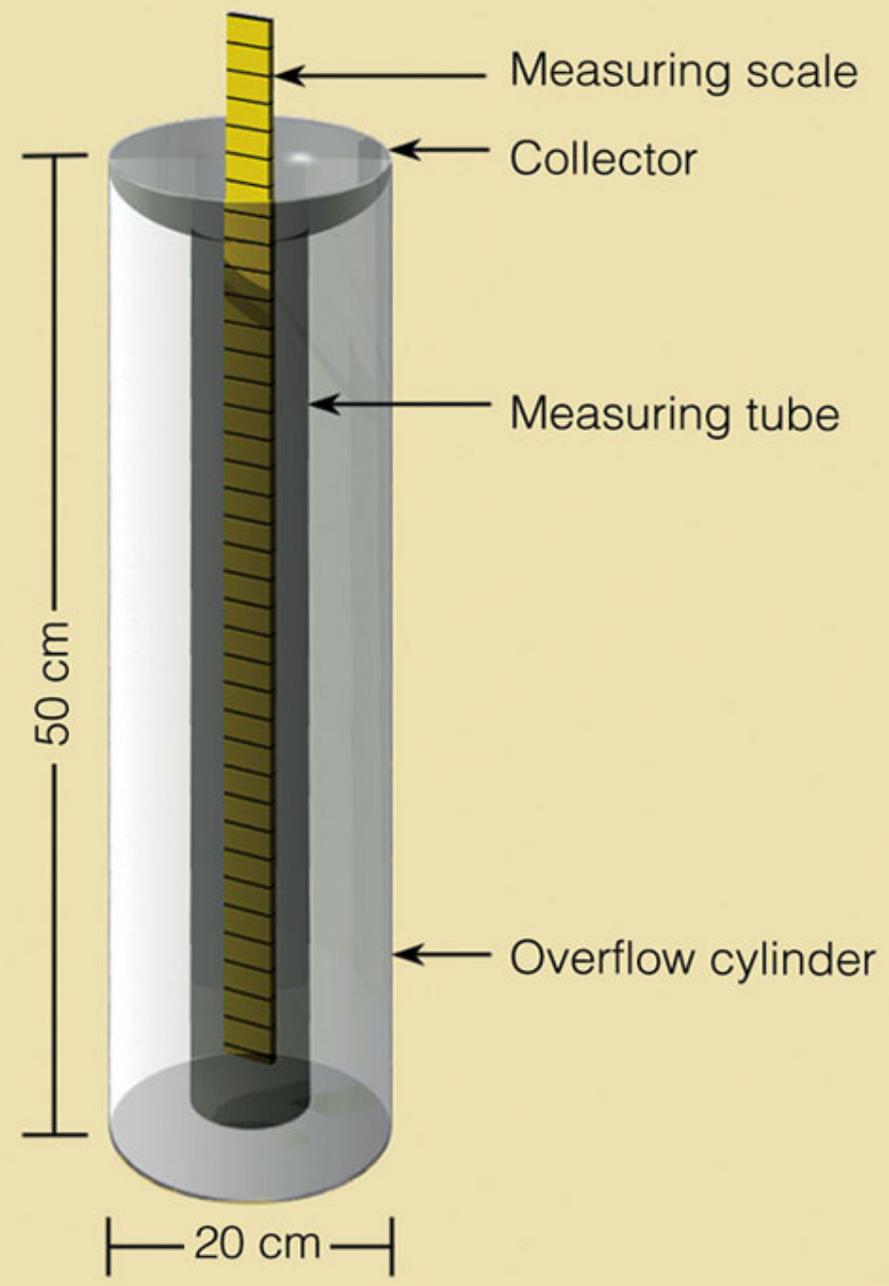


Le taux de précipitation mesure l'intensité de la pluie. Elle s'exprime en millimètres par heure, **1 mm/h**.

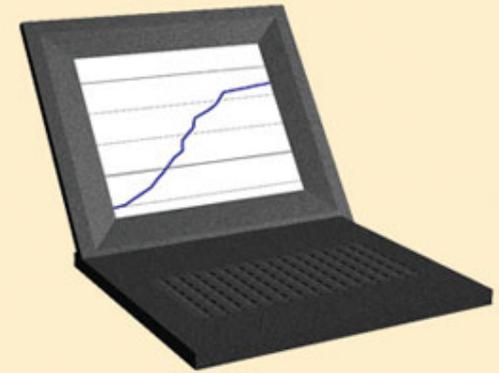
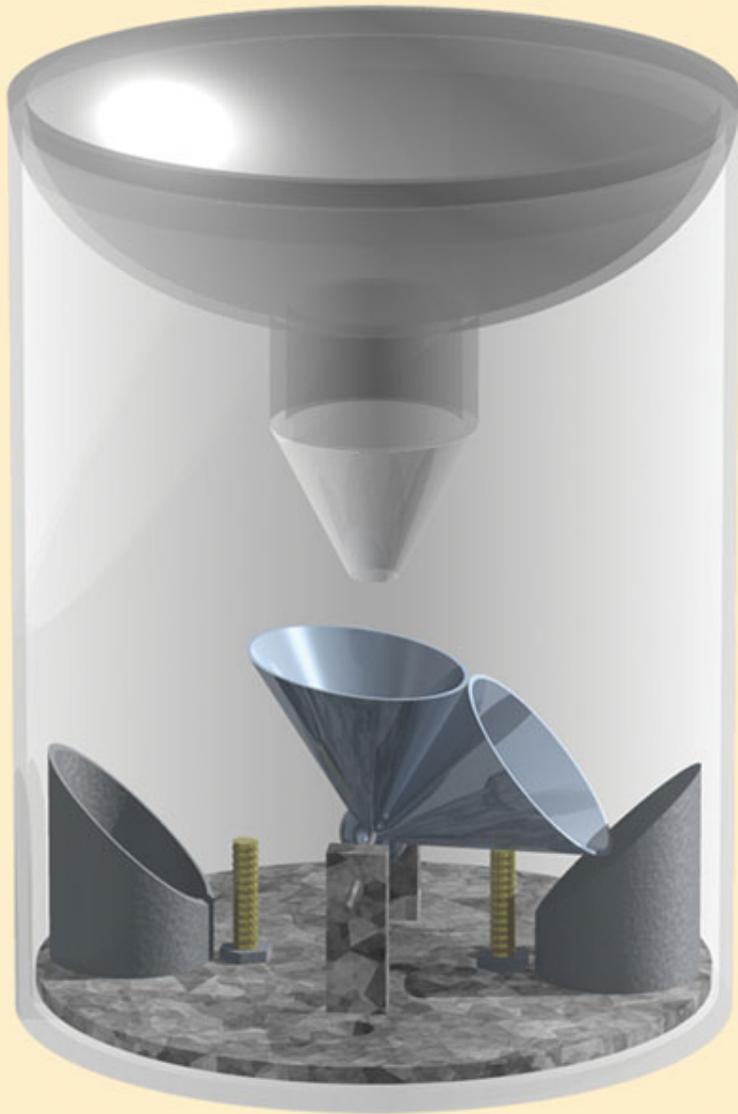
Mesures de la précipitation

- Pluviomètre à gauge
 - Neige : accumulation moyenne en trois places. Chaque cm de nuage, une fois fondu, correspond à 1 mm d'eau liquide.
- Radar météorologique
 - Une partie de l'énergie électromagnétique envoyé vers les cibles (particules de la précipitation) est réfléchié vers le radar par celles-ci. L'intensité de l'écho est proportionnelle à l'intensité de la précipitation.
 - Radar météorologique Doppler : en plus de l'intensité de la précipitation, mesure la vitesse horizontale des particules de la précipitation.
- Par satellite : radar installé dans des satellites
 - TRMM : Tropical Rainfall Measuring Mission
 - CloudSat

Mesures in situ

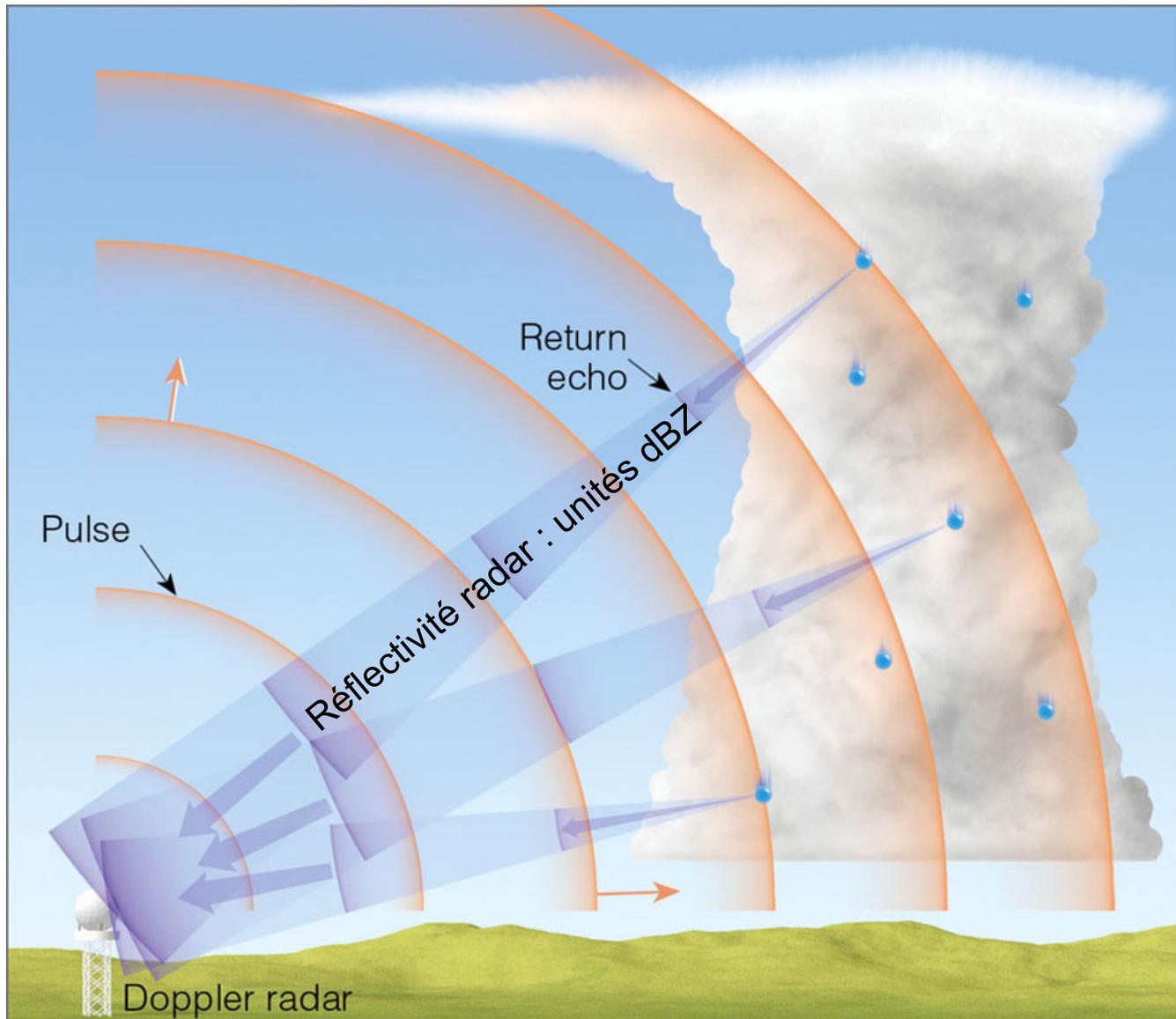


Mesures in situ



Remote recorder

Mesures par télédétection : le radar



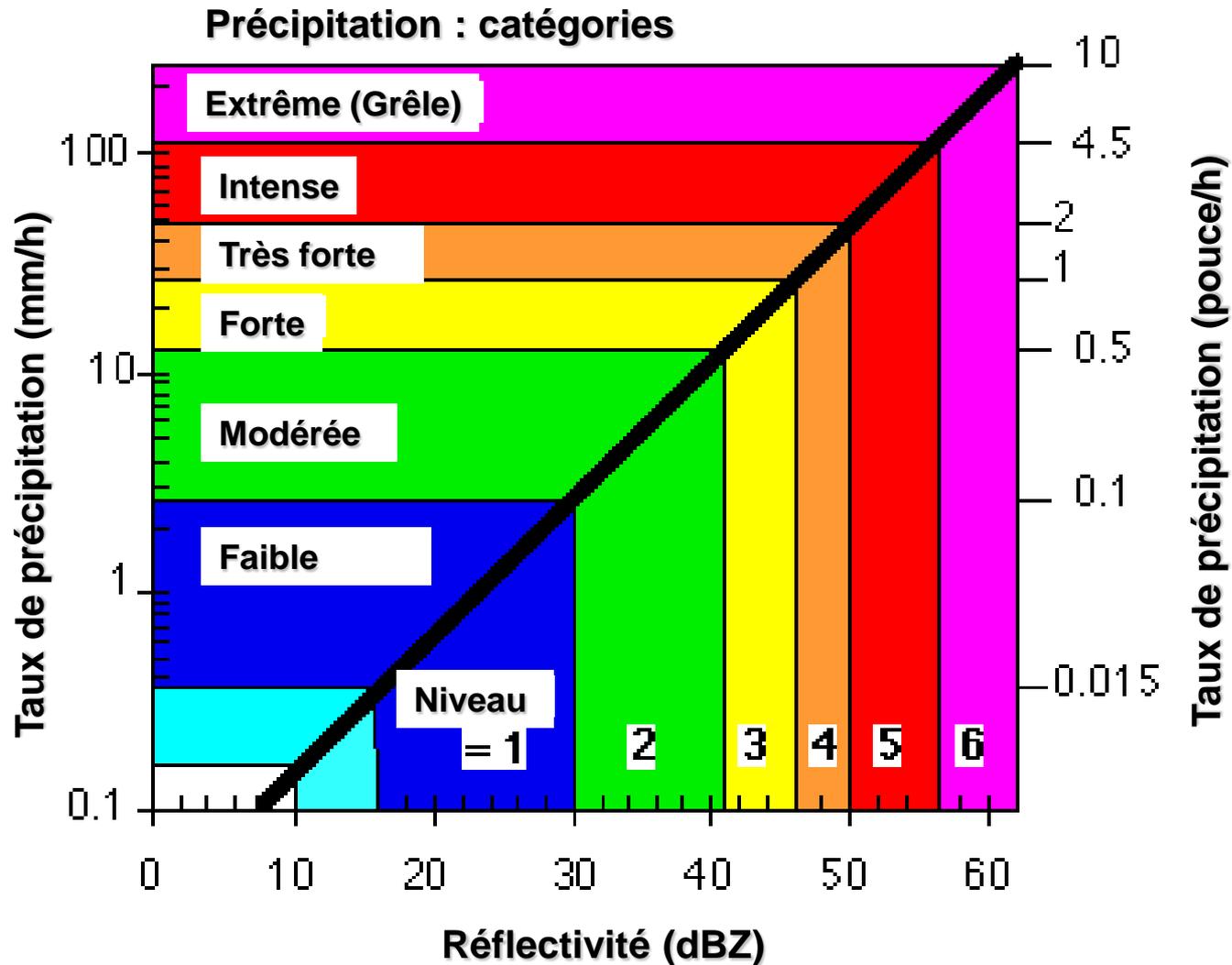
Échelle de réflectivité radar (dBZ)

Le radar ne prend des mesures que lorsqu'il y a un nombre suffisant de cibles (par exemple: pluie, neige, etc.). Bien que les sommets des montagnes soient souvent mesurés, ceux-ci se distinguent des échos météorologiques par leur vitesse radiale de zéro (radar Doppler).

Interprétation de l'échelle de réflectivité radar

Type et intensité	Cibles	Réflectivité
Bruine ou échos en air clair	De très petites gouttes de pluie, insectes,...	0 dBZ
Pluie ou neige très légère	Quelques gouttes ou flocons	10 dBZ
Pluie ou neige légère	Typique du printemps/automne: 1-2 mm/h	25 dBZ
Précipitation modérée	Forte pour le printemps/automne: 5 mm/h	35 dBZ
Pluie intense	Averses d'été : 20 mm/h	45 dBZ
Pluie très intense ou grêle	Maximum des orages: 100 mm/h	55 dBZ

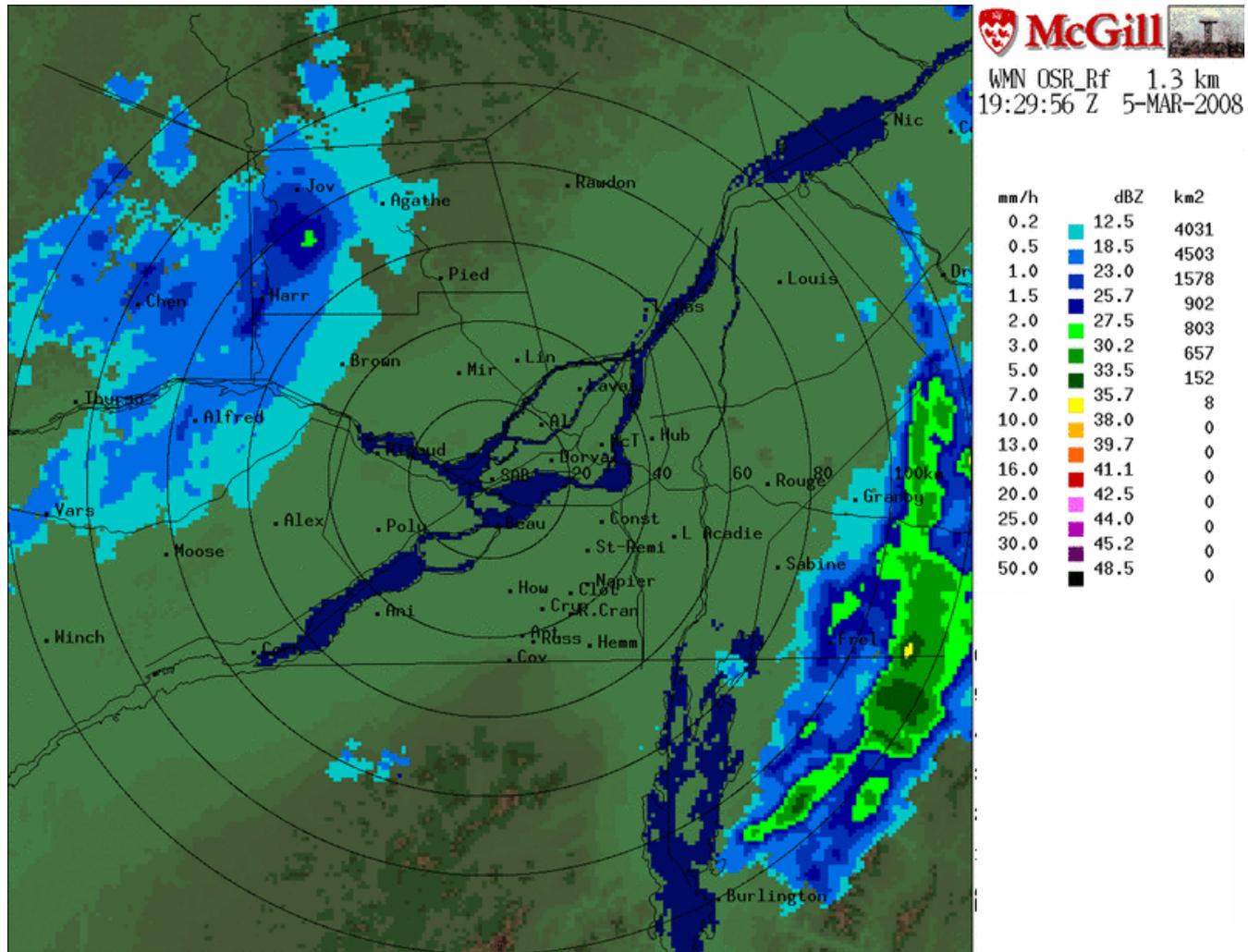
Interprétation des images radar



Réflexivité versus Taux de précipitation

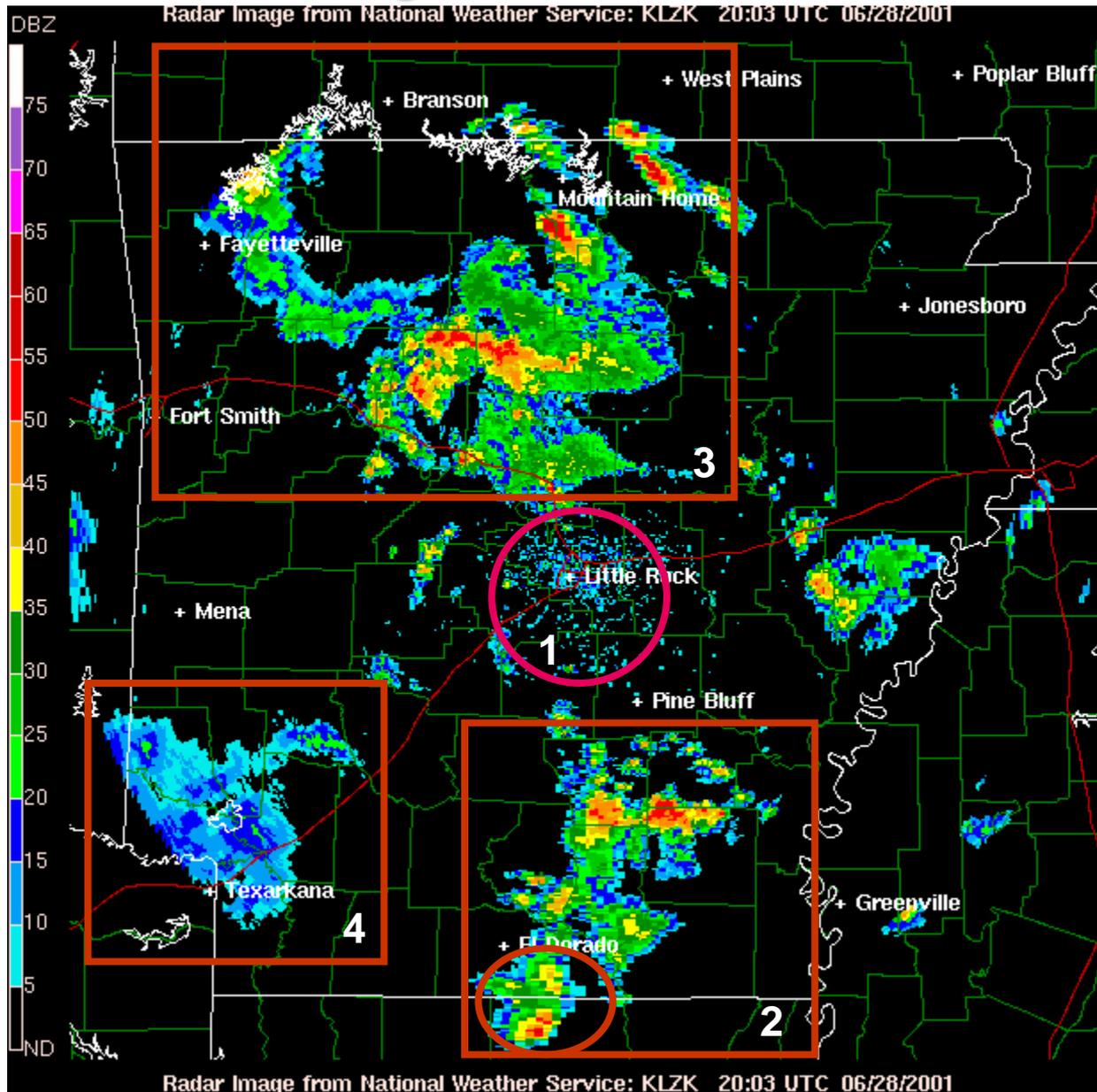
Stull, 2000: "Meteorology for Scientists and Engineers, 2nd Ed.)

Image radar : réflectivité



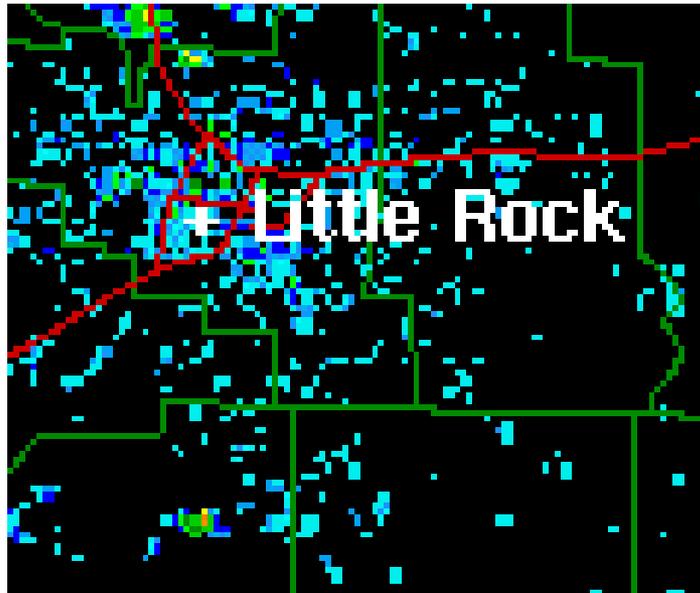
Interprétation des images radar

KLZK
Arkansas

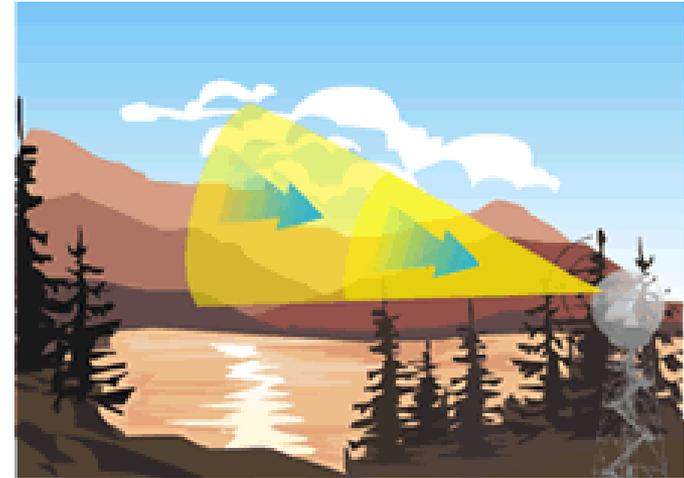


Interprétation des images radar

1 - Échos de terrain



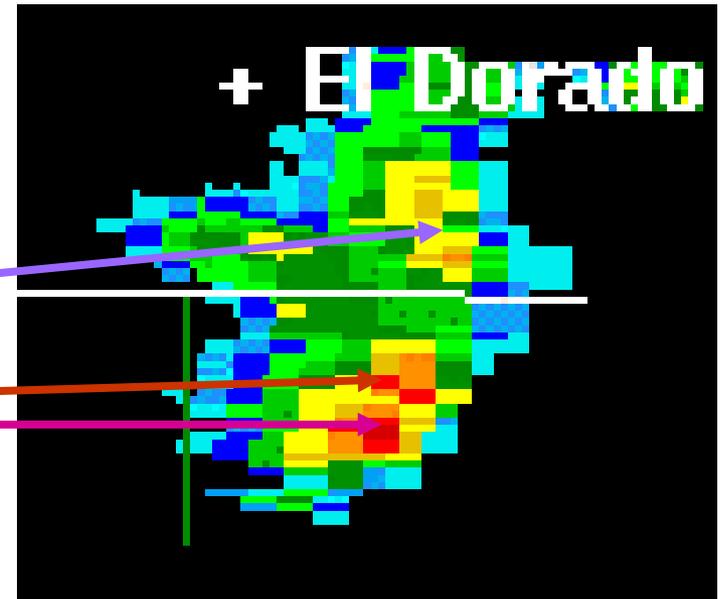
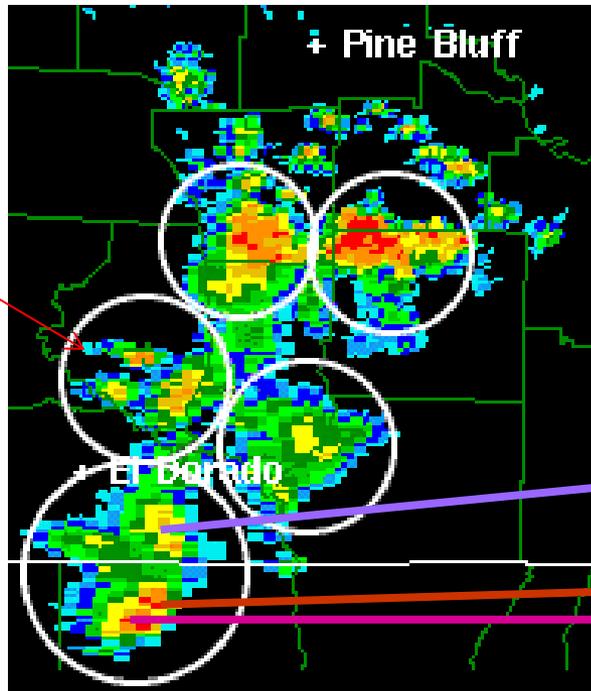
Près du centre de l'image, des échos de terrain sont représentés par les petits points bleus.



Interprétation des images radar

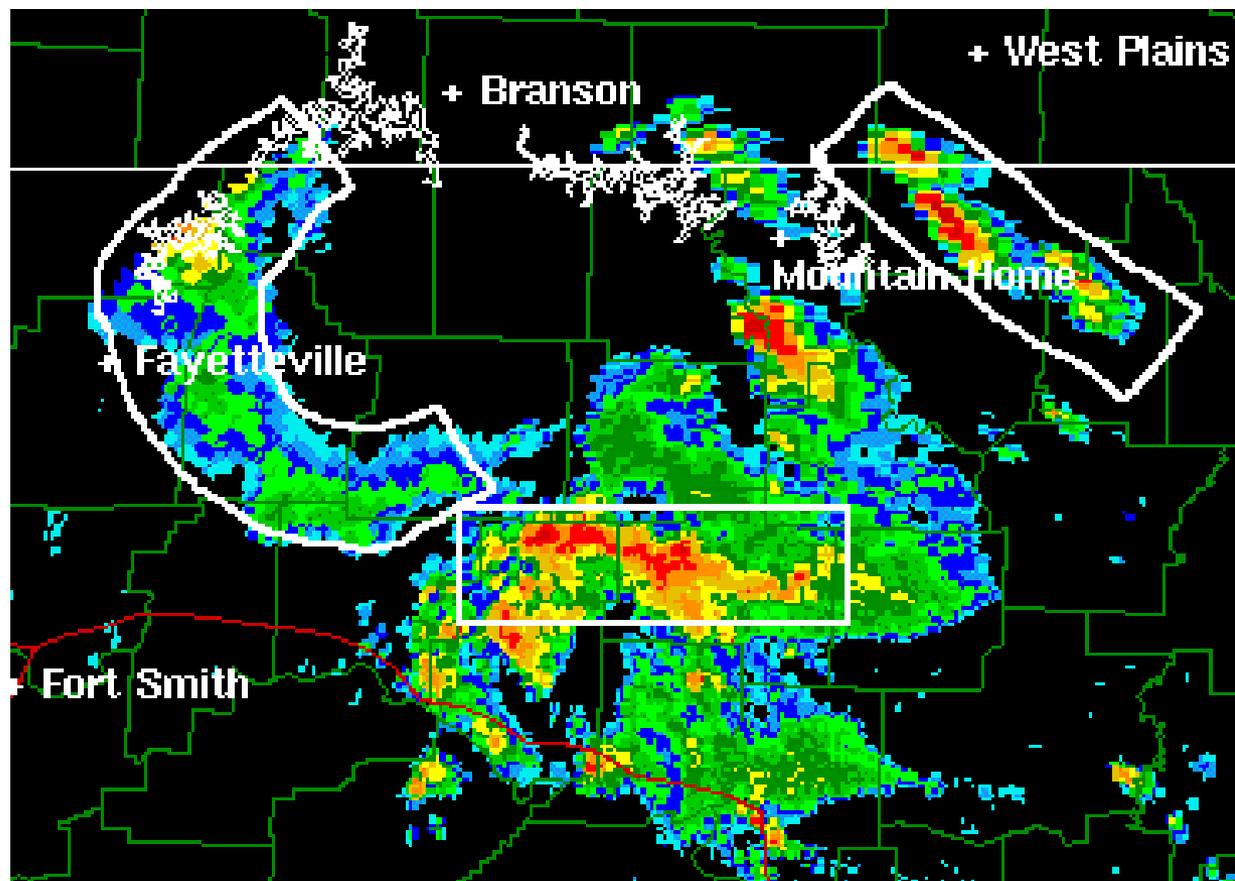
2 - Système multicellulaire

Parfois, un nuage orageux qui est gros (à vue d'œil) contiendra plusieurs cellules de pluie orageuse (d'après le radar). En fait, on voit que la cellule au sud d'El Dorado fait partie d'une cellule orageuse multiple qui contient environ 5 cellules d'intensités différentes (représentés dans la fig. par les 5 régions encadrées, de réflectivité relativement haute). Parfois, les cellules elles mêmes sont formées de cellules plus petites.



Interprétation des images radar

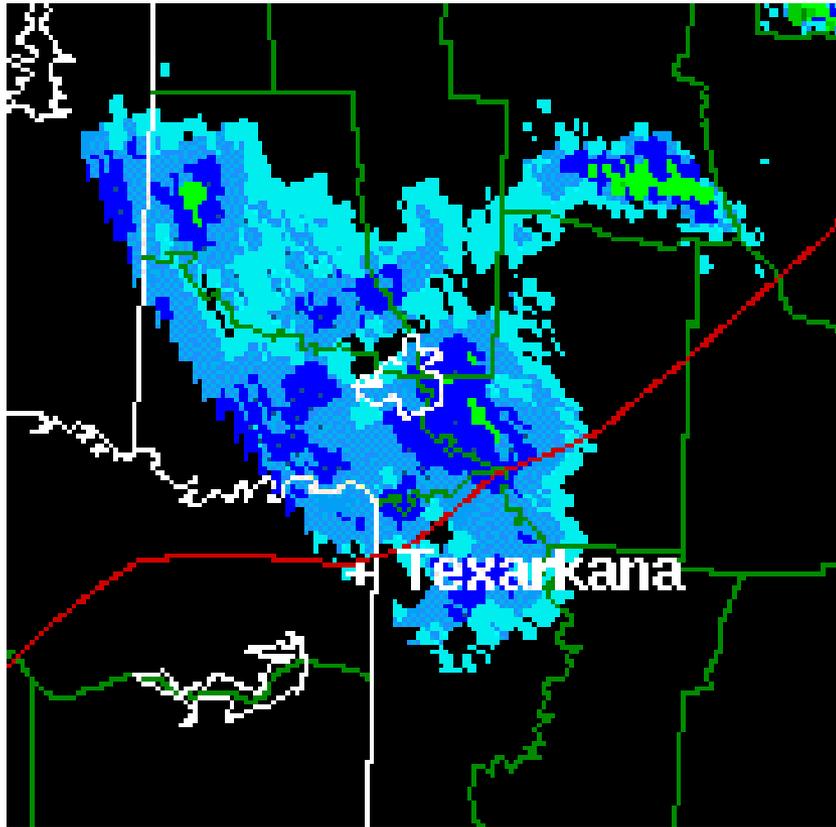
3 - Lignes de grain



Parfois, les cellules orageuses prennent la forme d'une ligne, appelée ligne de grain. Au nord de Little Rock se trouve un certain nombre de lignes de grain intégrées dans une vaste région orageuse. Trois de ces lignes de grain sont encadrées dans l'image, celle du bas étant la plus intense. Les lignes de grain peuvent s'orienter vers n'importe quelle direction et être droites ou courbes.

Interprétation des images radar

Pluie légère (stratiforme)

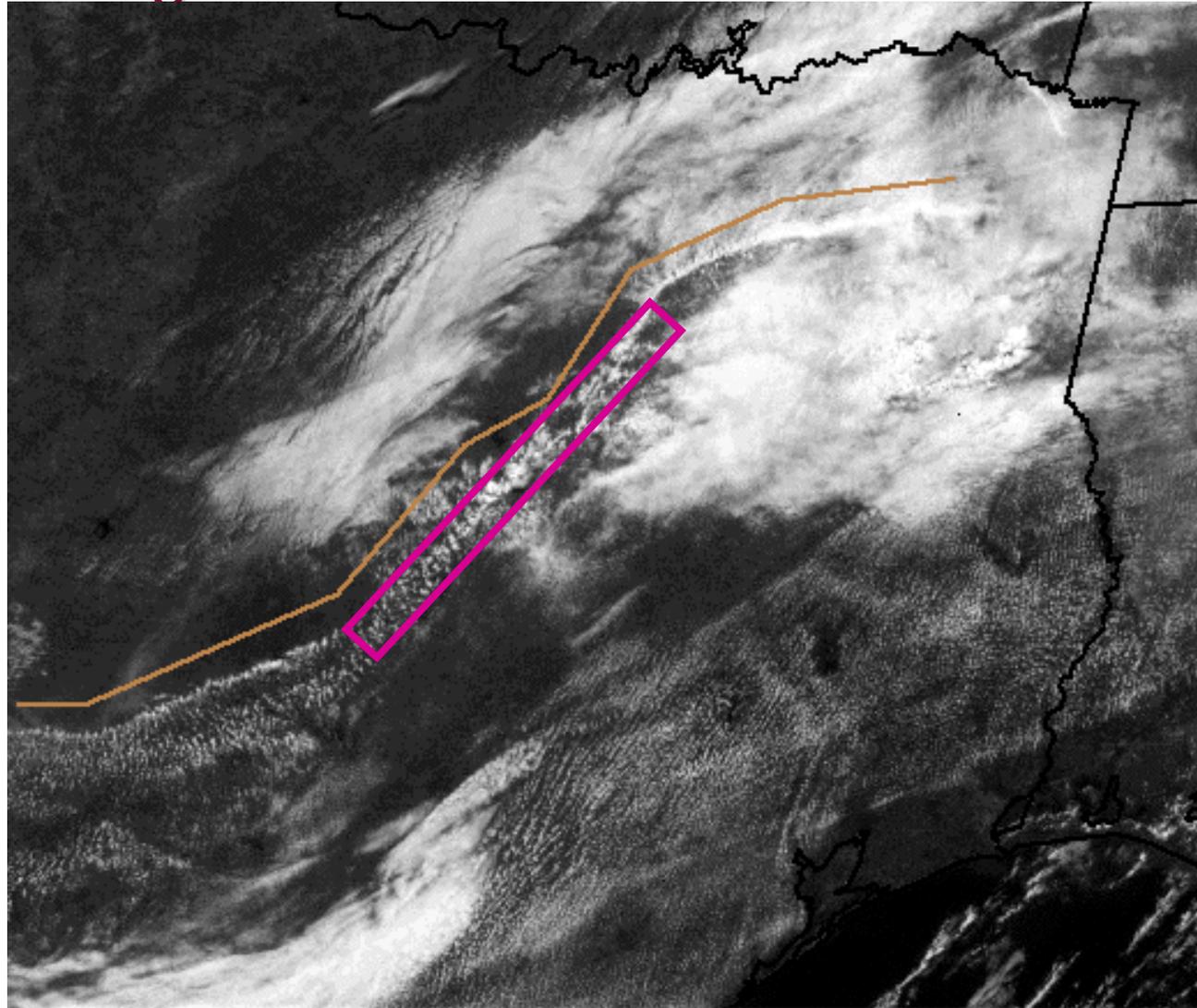


Une basse réflectivité radar sur de vastes régions indique une bruine étendue provenant de nuages stratiformes. Celles-ci se forment souvent devant des fronts chauds et au nord de centres dépressionnaires, ce qui contraste avec les orages, qui se forment souvent près des fronts froids. Un exemple de région recevant de la pluie légère provenant vraisemblablement de nuages stratiformes est montré dans la figure, près de Texarkana dans la portion sud-ouest de l'Arkansas. Remarquez la limite inférieure gauche de cette région de réflectivité, légèrement courbée. Ceci n'est pas la limite réelle du nuage, juste la limite de la région visible à partir du radar de Little Rock. Donc, la région de bruine s'étend probablement plus au sud-ouest, même si on ne peut la voir de ce radar. Les régions étendues de nuages stratiformes et de bruine ou neige sont plus fréquentes en hiver au-dessus de l'Amérique du Nord.

Interprétation des images satellitaires

Déclenchement des orages : front froid

La figure montre un exemple d'un front froid faible au Texas, qui est visible à cause des nuages cumulus qui couvrent la ligne de front. Une ligne brune est tracée juste au nord du front froid, pour vous aider à le trouver. Cette image satellite visible a été prise au milieu de l'après-midi. À ce point-ci, les météorologues ne savent pas nécessairement où exactement sur le front se formeront les orages, alors le service météo émettra une "veille d'orage" pour une grande région encadrée par un rectangle long et mince situé près du front froid et devant celui-ci..



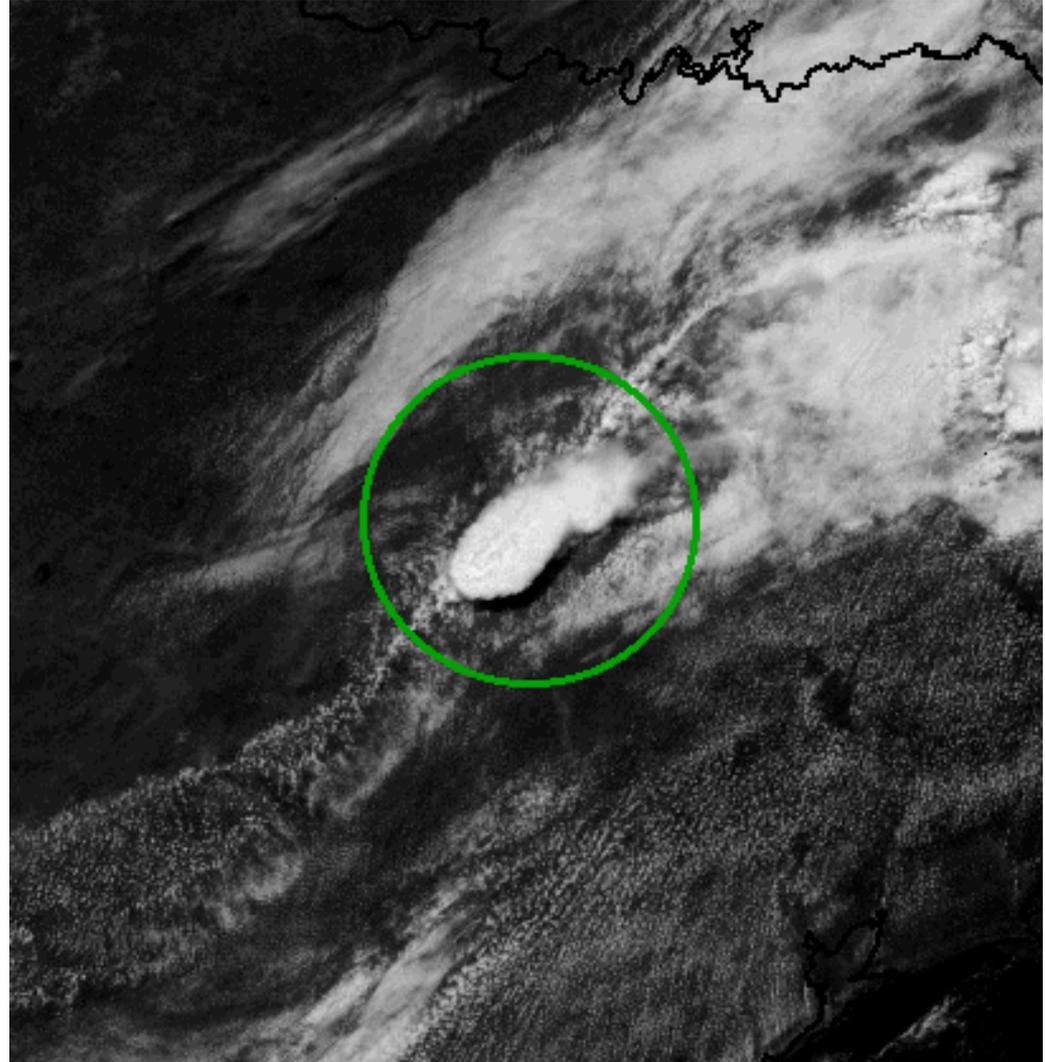
Front froid aux Texas qui a été à l'origine d'orages.
Copyright © 2001 by Roland Stull.

Interprétation des images satellitaires

Durant l'après-midi, un réchauffement supplémentaire de la couche limite ajoute de l'énergie (chaleur **sensible** et **latente**) à l'air, et affaiblit (c.-à-d., dissipe partiellement) la couche stable juste au-dessus de la couche limite. Ceci rend les orages plus faciles à déclencher.

Effectivement, une heure et 15 minutes après cette première image, la formation d'un orage est observée près du centre du front (encerclé en vert sur la figure).

L'enclume est cette masse de nuages blanche, de forme ovale, au sommet de l'orage, et l'ombre est visible en bas à droite de celui-ci. Cette ombre longue est un indice que les nuages sont très profondes, tel qu'on s'attendrait lors d'un orage. Les nuages fins au bout nord-est de l'enclume sont constitués de petits cristaux de glace qui sont soufflés par le vent.



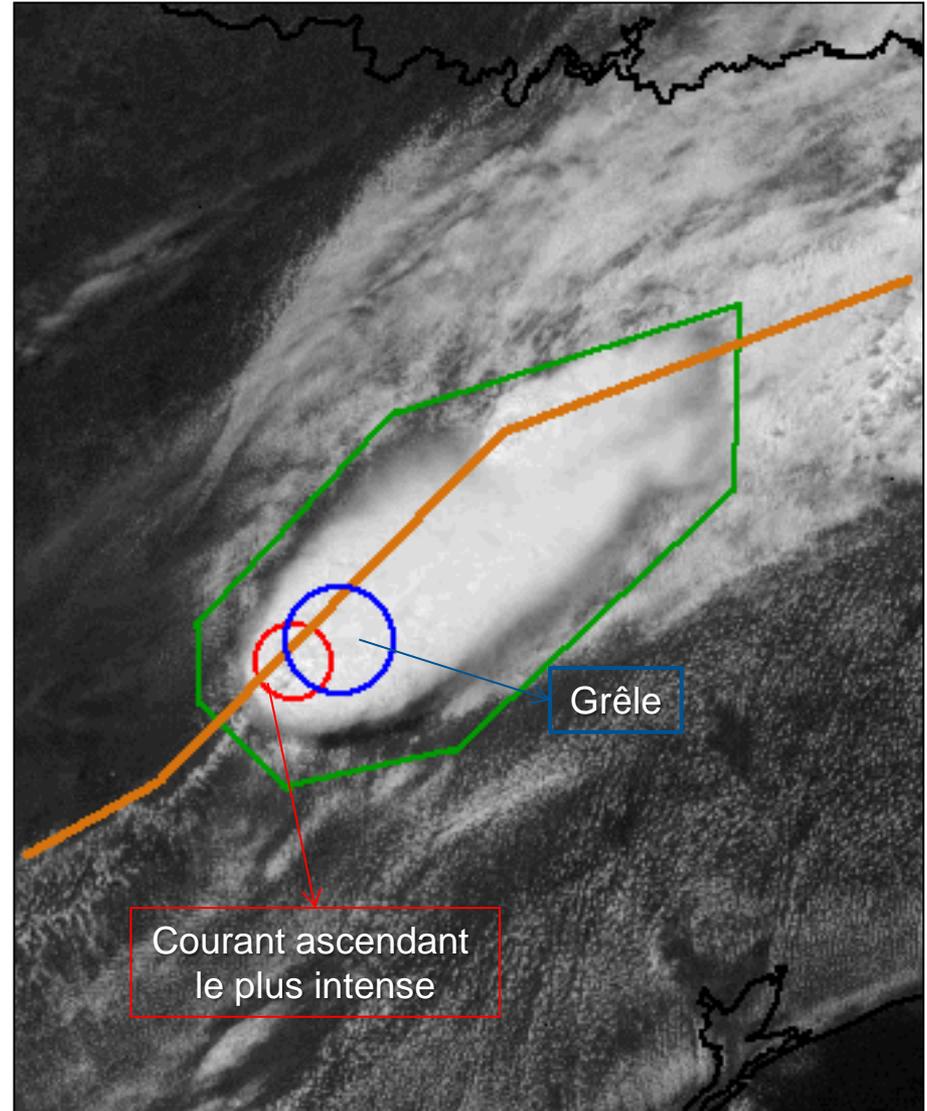
Orage isolé se formant le long du front froid.
Copyright © 2001 by Roland Stull.

Interprétation des images satellitaires

À ce point-ci, le service météo émettrait un "**avertissement d'orage fort**" pour une très petite région située en aval de l'orage.

Aussi, pour cet orage particulier, il y avait des indices provenant du radar et des sondages en hauteur indiquant que la vitesse et le cisaillement du vent étaient suffisants pour rendre probable la formation de tornades. Alors, une "**veille de tornade**" a été émise par le service météo, signifiant qu'il est possible qu'une tornade soit engendrée par cet orage, même si une tornade n'a pas encore été vue.

Une heure après, une tornade très intense s'est effectivement formée dans cet orage (quoiqu'invisible par satellite) près du village de Jarrell, Texas, ce qui a fait que le service météo a émis un "**avertissement de tornade**".



L'orage une heure avant la formation d'une tornade
Copyright © 2001 by Roland Stull.

Interprétation des images satellitaires et radar

Tempêtes de ligne de grain

Parfois, l'air est conditionnellement instable, et le front déclencheur suffisamment fort, pour déclencher une ligne d'orages le long du front. C'est ce qu'on appelle une ligne de grain. Sur cette ligne, des nouveaux orages se forment fréquemment à l'extrême sud de la ligne, tandis qu'au nord les orages plus vieux progressent dans leur cycle.

La figure montre un exemple de ligne de grain longue et intense qui s'étend du Texas au sud-ouest, à travers l'Oklahoma et le Kansas, jusqu'au Missouri au nord-est.

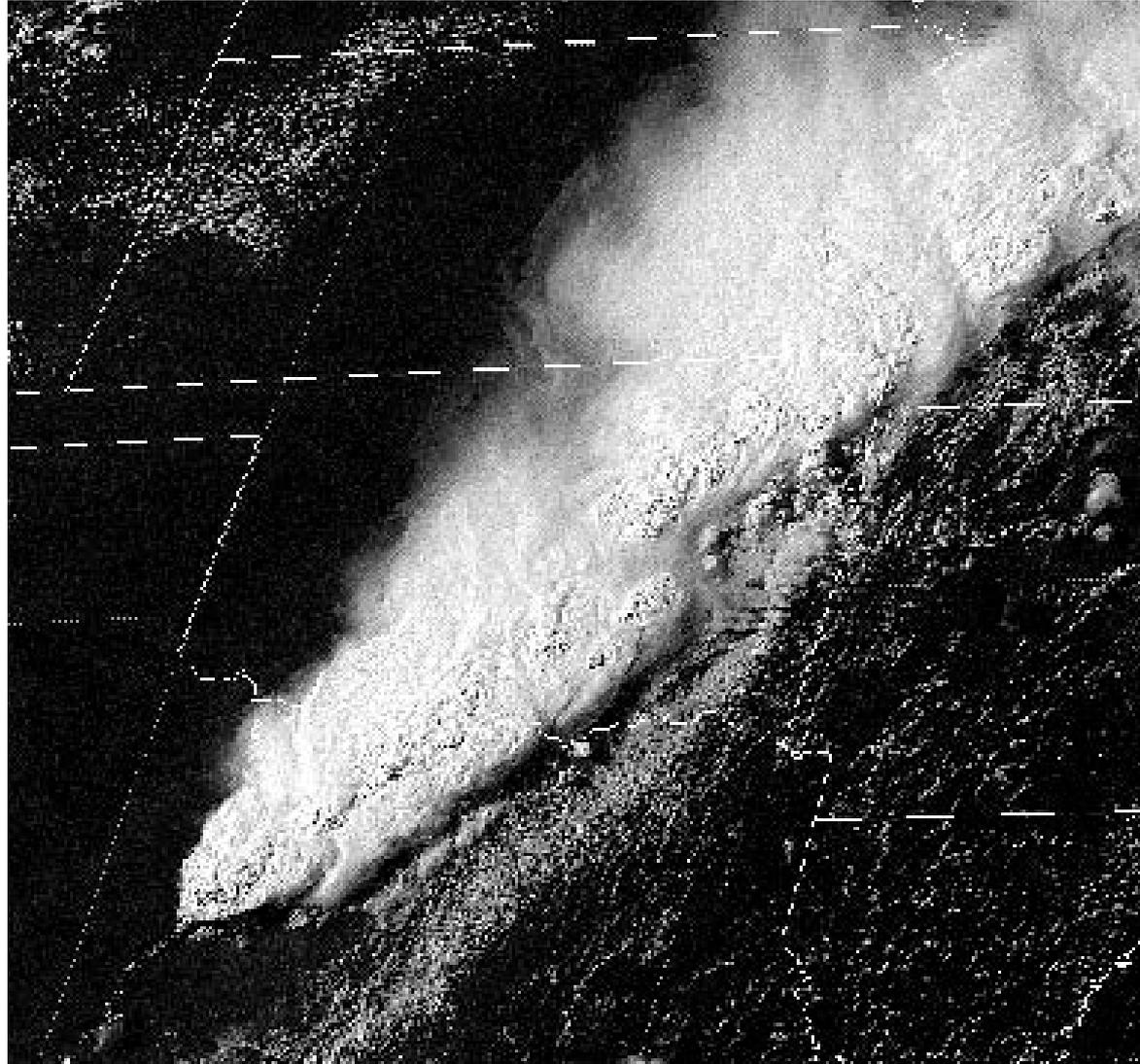
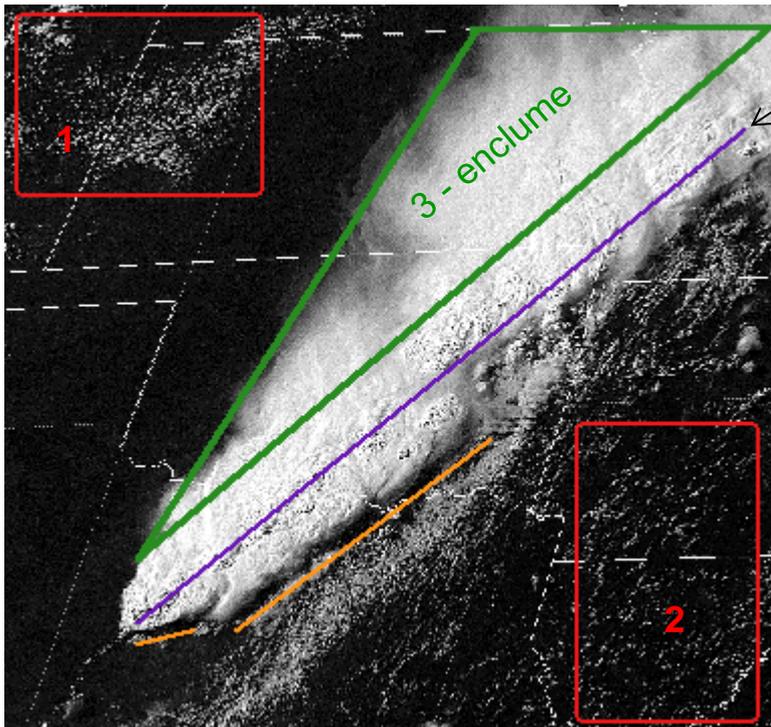


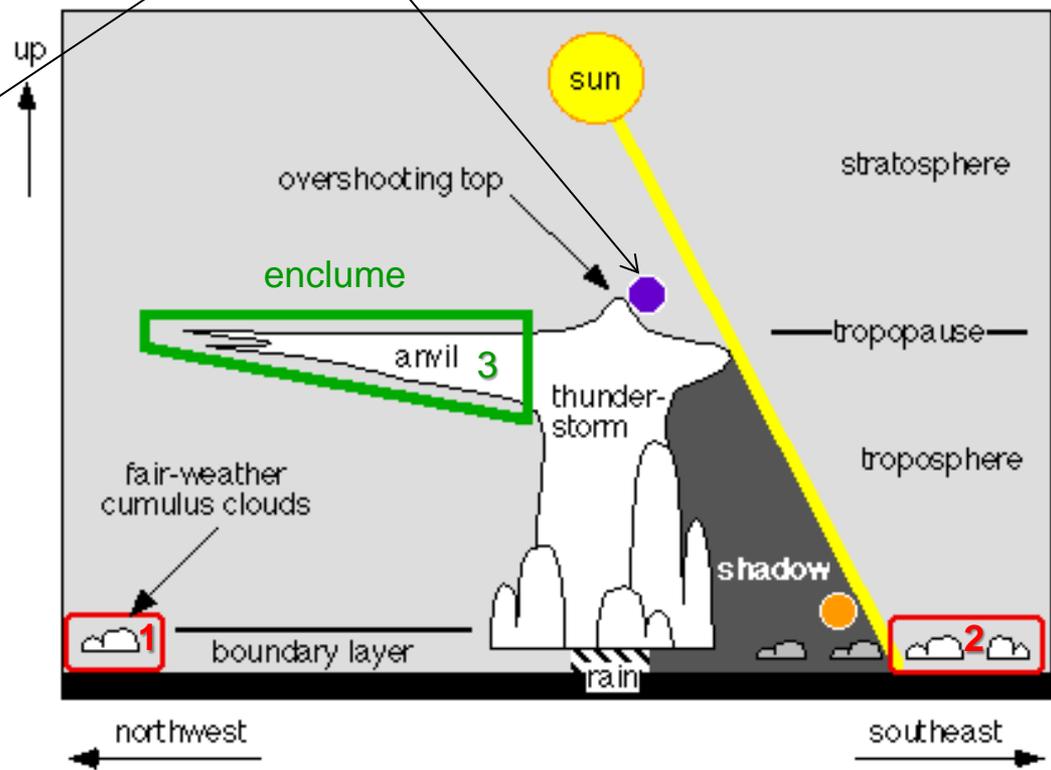
Image visible d'une ligne de grain

Interprétation des images satellitaires

1 et 2 - Cumulus de beau temps



4 - Courant ascendant fort

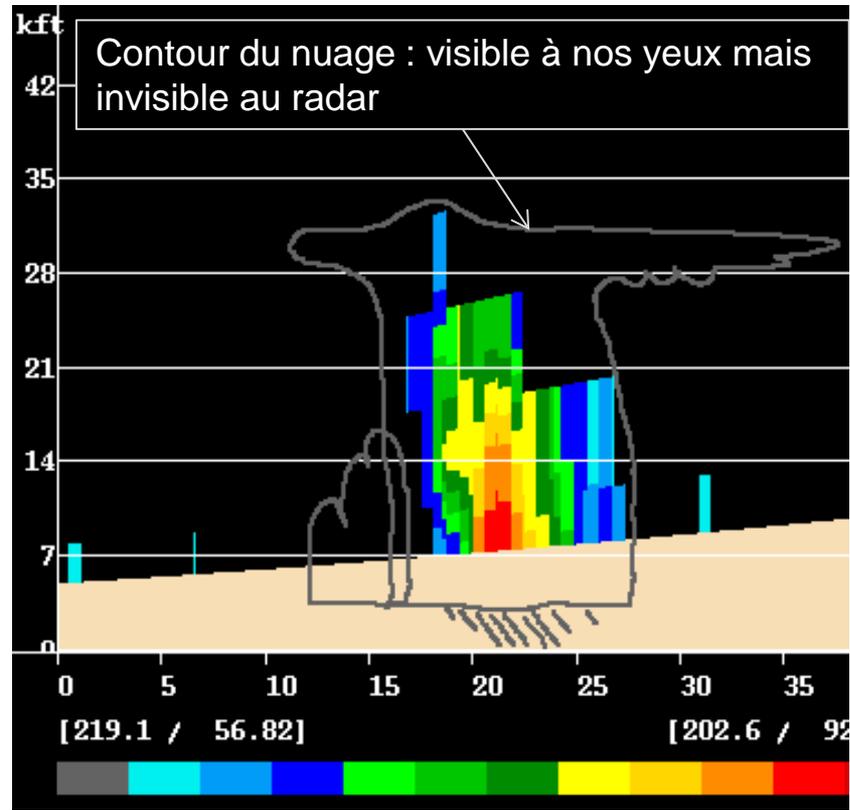
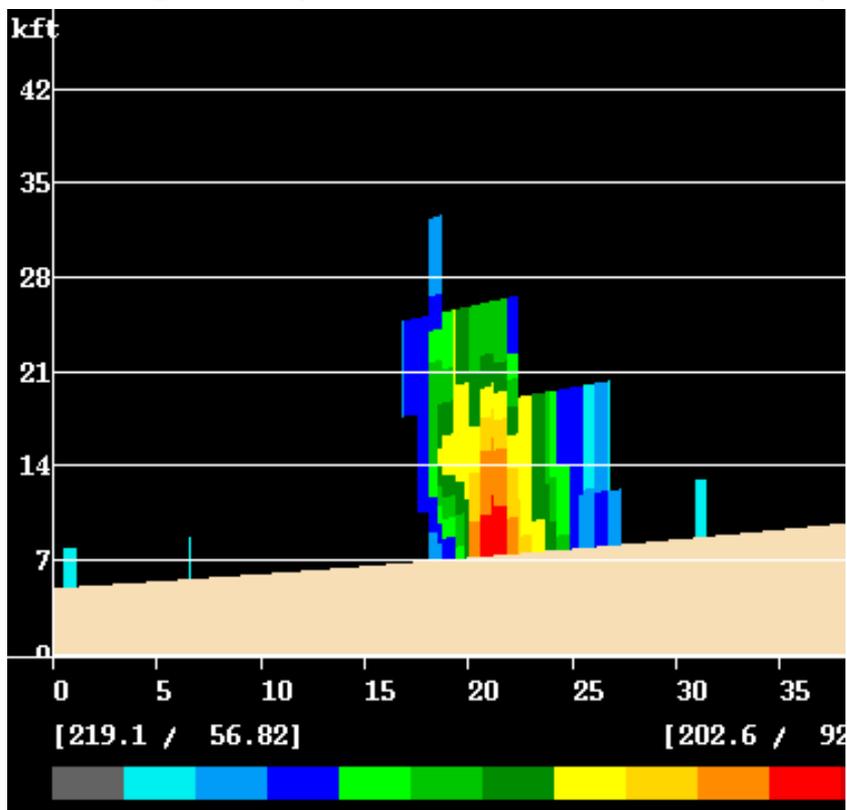


Identification des régions associées à la ligne de grain. Copyright © 2001 by Roland Stull.

Schéma des caractéristiques des orages qui expliquent l'image satellitaire dans le visible (à gauche). Les cercles orange et mauve représentent la section des lignes orange et mauves de l'image de gauche.

Interprétation des images radar

Orages (coupe verticale)



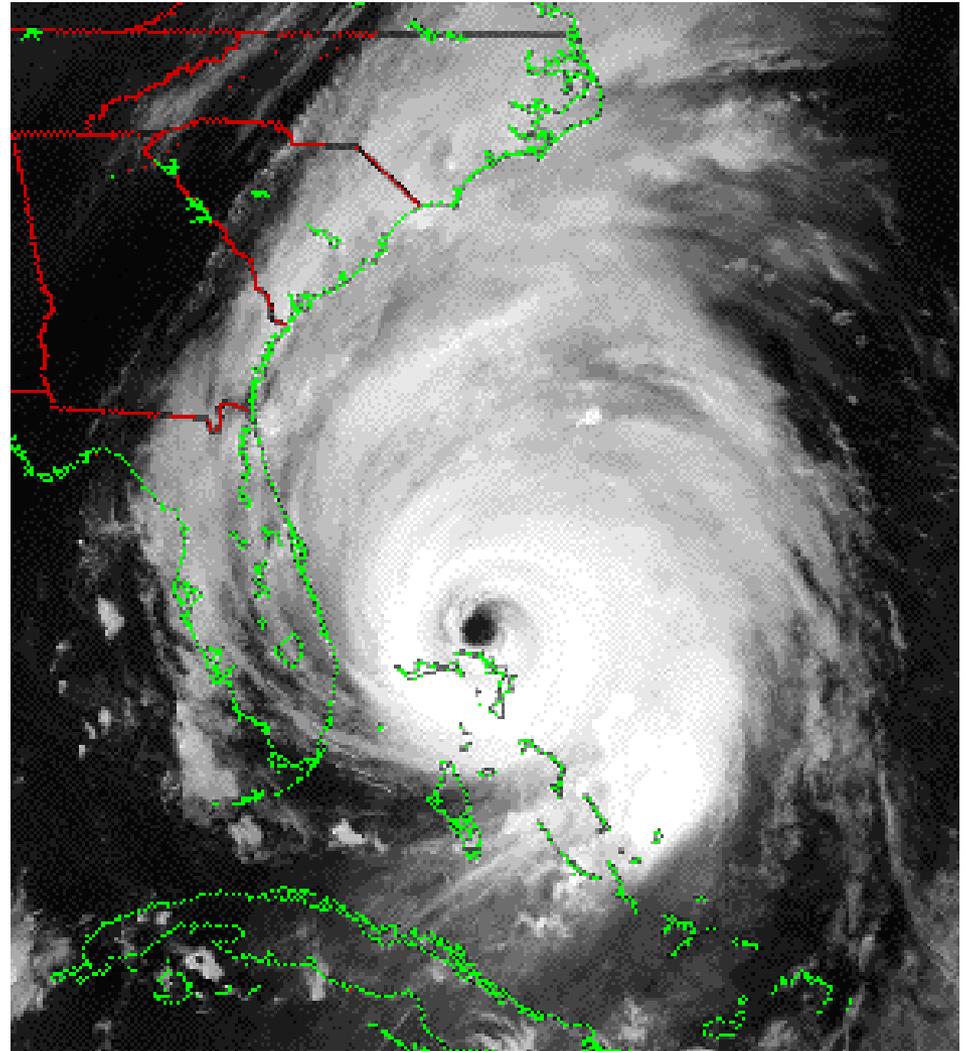
Dans cette figure, la distance (axe horizontal) est en milles nautiques, et la hauteur (axe vertical) est en centaines de pieds. La distance verticale entre chaque ligne est de 1,2 milles nautiques, alors que la distance horizontale entre chaque division est de 5 milles nautiques.

Les précipitations les plus intenses sont représentées en orange et rouge. La région beige juste au-dessus de la surface se trouve en dessous du balayage inférieur du radar; il n'y a donc aucune donnée disponible. Donc, il y a peut-être des précipitations intenses sous l'orage même si le radar ne montre rien.

Interprétation des images satellitaires ouragans

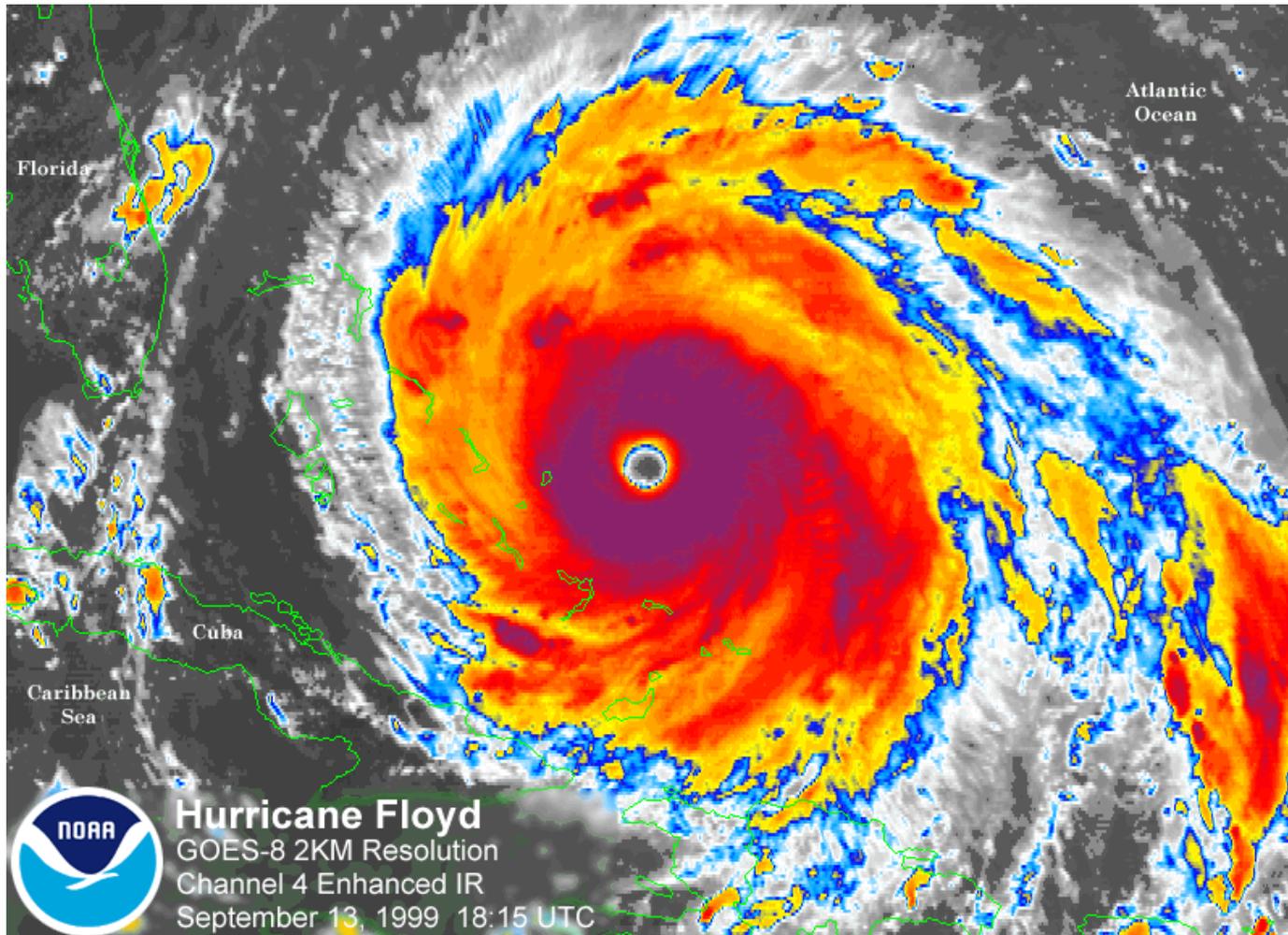
Ouragans

Les ouragans consistent en de bandes nuageuses en spirale composés d'orages, chaque bande étant comme une ligne de grain. À l'intérieur de chaque bande, on y trouve les forts courants ascendants associés à l'orage, et au sommet se trouvent les cirrus qui sont soufflés hors de l'orage. Le plus petit cercle d'orages est appelé le mur de l'œil, et se forme fréquemment autour d'une région sans nuages au centre de la tempête, l'œil, qui est souvent visible par satellite.



L'ouragan Floyd, observé par le satellite polar NOAA (visible)

Interprétation des images satellitaires ouragans



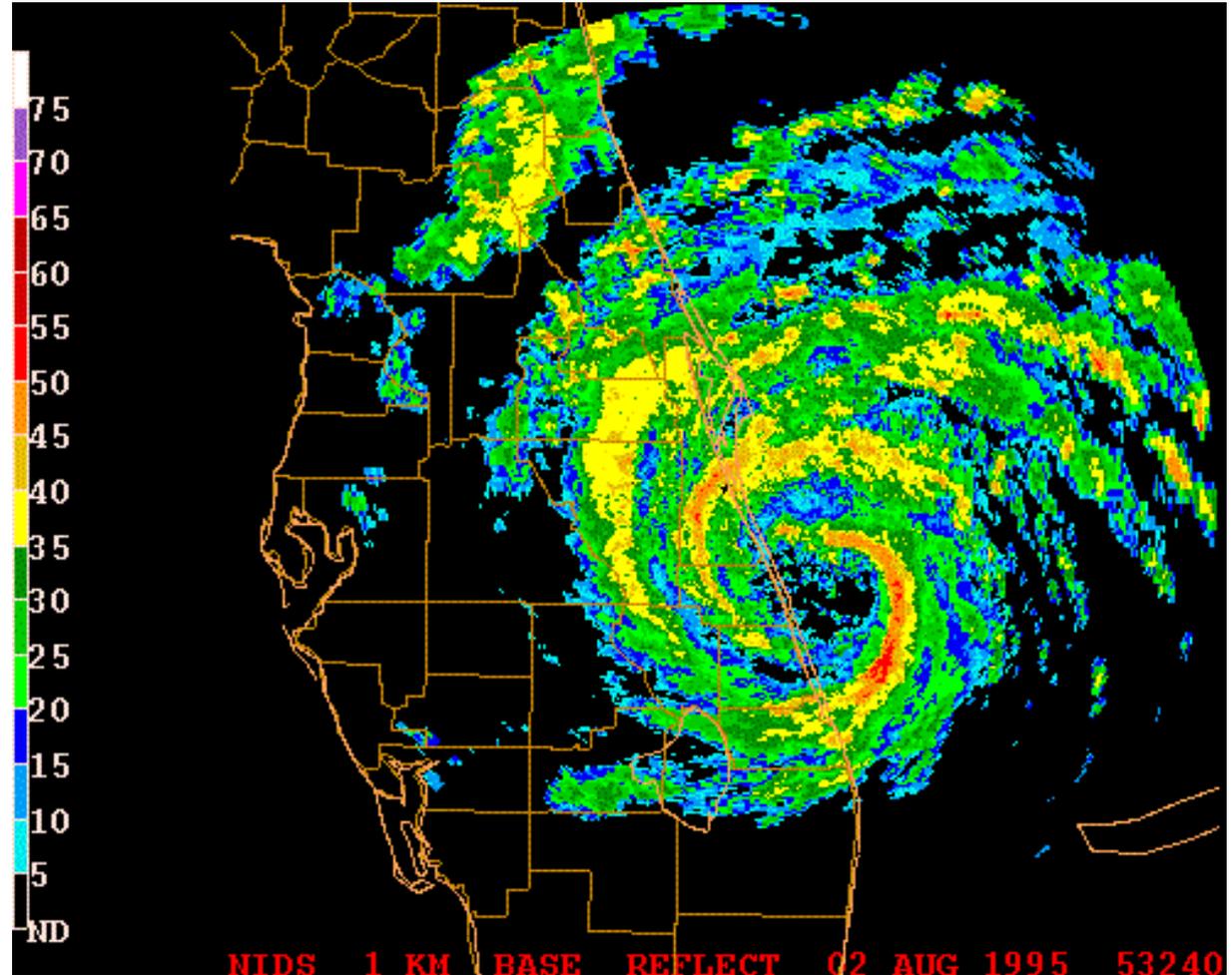
L'ouragan Floyd, observé par le satellite polar NOAA (IR).

Interprétation des images radar

Ouragans (Erin – 1995)

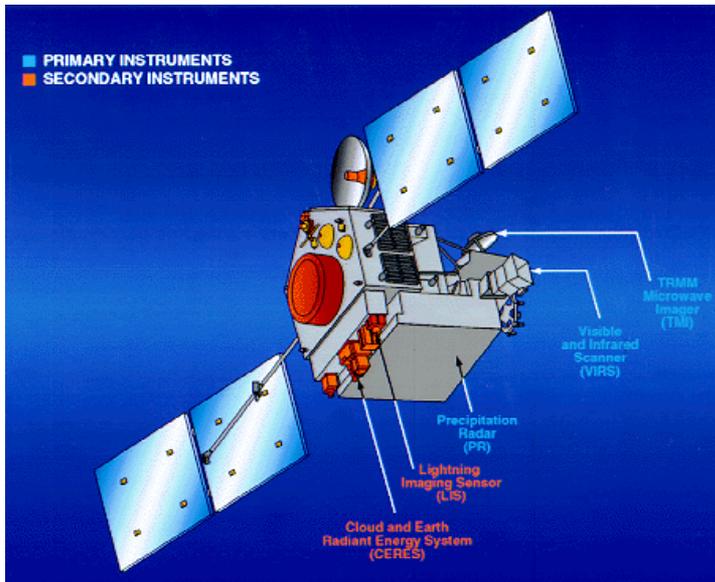
Quand les ouragans se trouvent au-dessus de l'océan, loin des côtes, ils sont hors de portée des radars au sol.

Par contre, quand ils s'approchent de la terre ferme, les radars côtiers peuvent les capter. La figure montre la réflectivité de l'ouragan Erin quand il a frappé le sud de la Floride en 1995.

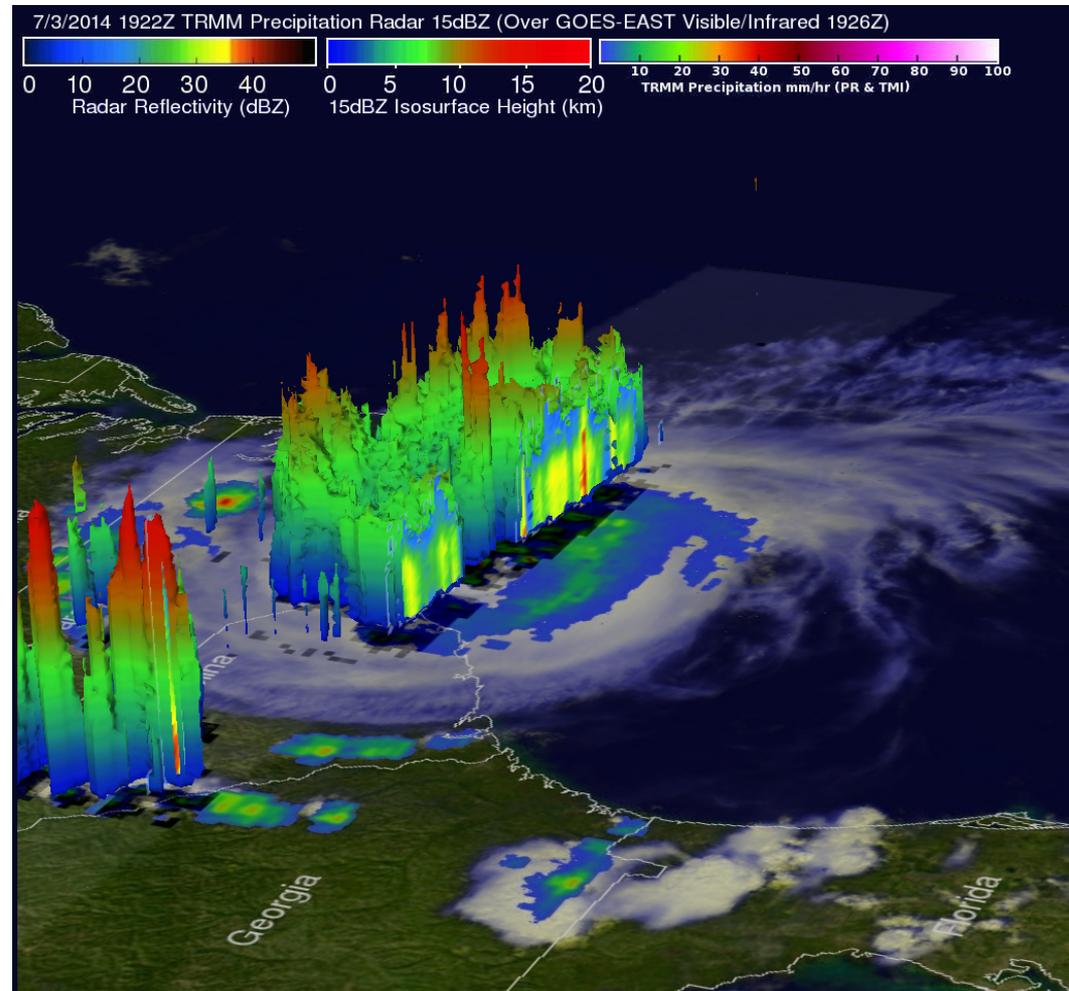


Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

La présence de détecteurs radar dans les satellites permet maintenant le suivi des ouragans par image radar partout.

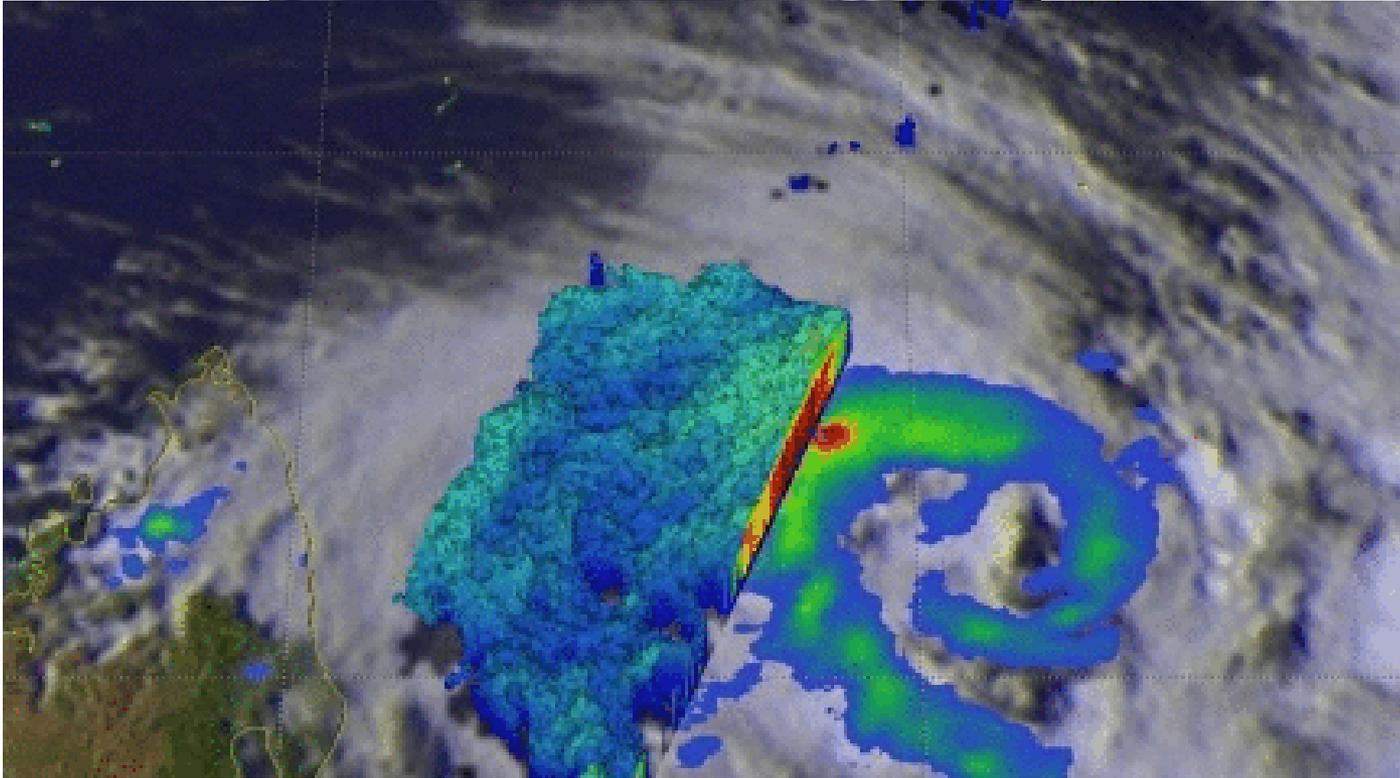


Satellite TRMM



<https://pmm.nasa.gov/mission-updates/trmm-news/powerful-hurricane-arthur-hits-north-carolina>

GPM (Global Precipitation Measurement) montre la formation du cyclone tropicale Eliakim, menaçant Madagascar.

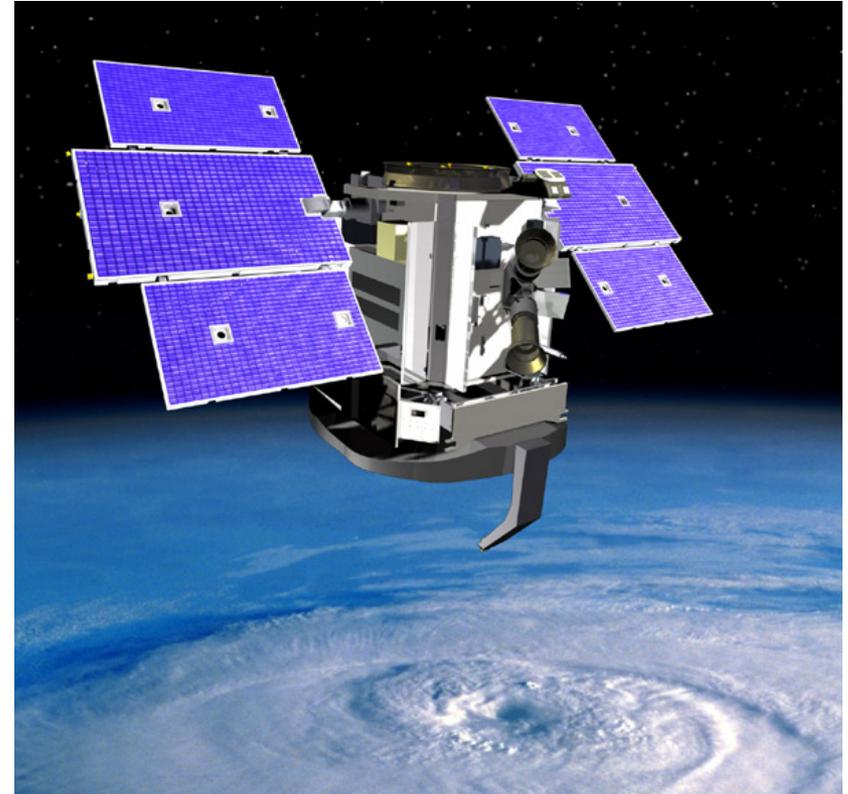


Le Joint Typhoon Warning Center (JTWC) a émis son premier avertissement relatif au cyclone tropicale ELIAKIM le 15 mars 2018 à 0300 UTC. Le cyclone s'approchait du nord-est de Madagascar. La vitesse maximale des vents était de 50 nœuds le 15 mars vers 1200 UTC.

CloudSat

CloudSat est un satellite expérimental (12 ans d'âge) qui utilise le radar pour observer les nuages et la précipitation à partir de l'espace. Il faisait partie jusqu'au 22 février 2018 de la constellation de satellites A-Train ([Aqua](#), [CloudSat](#), [CALIPSO](#), [PARASOL](#), and [Aura](#)).

CloudSat est sorti de la constellation A-Train à cause de la perte de un de ses 4 réacteurs. Il se déplace maintenant à une orbite plus basse pour éviter des collisions avec les autres satellites de A-Train



<https://www.youtube.com/watch?v=b9mi2V3-Vdk>

CloudSat «voie» à l'intérieur de Amanda

À venir ...



Les mouvements de l'air atmosphérique