

Mardi 2 octobre 1984

"La Météorologie"

Le mardi 2 octobre, Monsieur Guy Larivière, ingénieur de la Météorologie nationale est venu nous parler de ses activités.

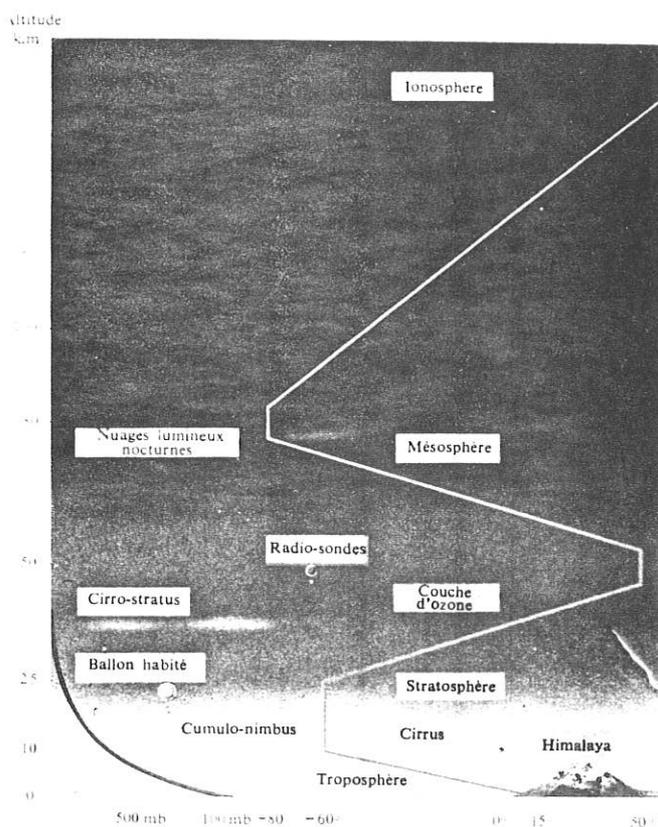
Il est entré à la météorologie nationale en 1950, comme ingénieur des travaux météorologiques, ayant poursuivi sa carrière Outre-Mer : Tunisie, Vietnam, Mali, en tant que prévisionniste aéronautique. En 1962, Guy Larivière a été affecté au Service des Relations Extérieures à Paris. Depuis cette date et à ce titre, il a créé une collaboration avec la télévision qui a permis à la météorologie de devenir crédible auprès du public, à travers l'émission "Monsieur Météo" (1970). Cette émission, quotidienne jusqu'en 1975, s'est poursuivie sur T.F.1. jusqu'en 1982. La fiabilité de la formule a permis aux journalistes de prendre la relève des météorologistes.

I.- L'ATMOSPHERE.-

Les nuages et les perturbations qui influent sur notre climat sont compris dans une couche de l'atmosphère extrêmement faible par rapport aux dimensions de la Terre et de l'Atmosphère.

Ils se trouvent dans la Troposphère (Fig. 1) qui n'a que 20km d'épaisseur. Dans cette couche, s'accumulent presque toute la vapeur d'eau de l'atmosphère et les 9/10 de la masse de l'air atmosphérique ainsi que le démontre la variation de la pression atmosphérique avec l'altitude : au niveau de la mer, la pression est d'environ 1000 millibars (mb), à 5000 m de 500 mb et vers 100 km de 100 mb. La température dans la troposphère décroît régulièrement depuis la surface terrestre. C'est en effet la Terre qui transforme le rayonnement solaire en rayonnement infra-rouge qui réchauffe l'air par convection. La température diminue dans cette couche de l'atmosphère de 1/2 degré par 100 m. d'altitude pour atteindre - 50° à - 80° selon la latitude vers 15 à 20 km d'altitude.

Fig. 1.-



Toutes les autres couches de l'atmosphère qu'il s'agisse de la stratosphère, de la mésosphère ou de l'ionosphère ne concernent pas la météorologie.

II.- FORMATION DES NUAGES.-

On rencontre les nuages isolés ou en amas, immobiles ou en mouvement. Ils contiennent deux des phases de l'eau dans l'atmosphère. L'eau existe en effet sous trois formes : la vapeur que l'on ne voit pas, la forme liquide que l'on rencontre sous forme de précipitations, ou de nuages constitués de minuscules gouttes d'eau (1/100 de millimètres) et la forme solide : les cristaux de glace.

Les nuages assurent le cycle de l'eau depuis les océans jusqu'aux continents (fig. 2).

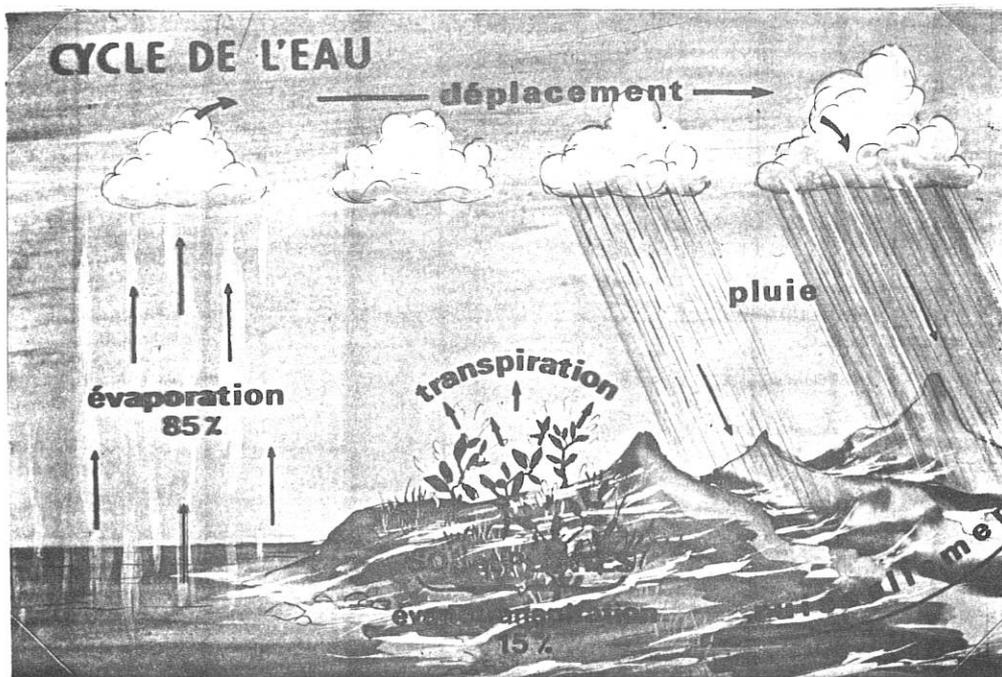


Fig. 2.-

La condensation de la vapeur d'eau s'effectue sur des noyaux de condensation qui sont des cristaux de sel marin, du pollen, ou des produits polluants divers. Mais l'eau une fois condensée peut rester à l'état liquide (surfusion) jusqu'à des températures de l'ordre de -20° à -30° .

Les gouttelettes et les cristaux restent pratiquement en suspension dans l'atmosphère. Ils tombent en effet à des vitesses très faibles de l'ordre de quelques millimètres par seconde et le moindre courant ascendant suffit à les maintenir en équilibre.

Dans 1cm^3 de nuage, on peut avoir seulement une centaine de gouttelettes d'eau et de cristaux.

Mais lorsqu'on regarde les dimensions d'un nuage qui peut parfois atteindre 15 km d'épaisseur, cela représente des masses énormes en suspension. Un cumulus de beau temps peut contenir jusqu'à 10.000 tonnes d'eau.

La figure 3 nous montre des appareils de mesure de température et d'humidité sous abri.



Fig. 3.-

La mesure d'humidité s'effectue grâce à un psychromètre constitué par un thermomètre dont le réservoir est à l'air libre et par un deuxième maintenu constamment mouillé par une mousseline imbibée d'eau*. L'humidité peut être de 0% si l'air est sec et de 100% lorsque l'air est saturé. Lorsqu'on atteint pas 100% l'air est limpide. Cette quantité limite de vapeur d'eau est tout-à-fait définie pour une température de l'air donnée. Pour chaque température de l'air, il existe une quantité de vapeur d'eau saturante et réciproquement.

Par exemple, pour saturer de l'air à 20°, on a besoin de 20 g de vapeur d'eau au m³ et pour de l'air à 10° on en a besoin seulement de 10g.

TEMPÉRATURE de l'air	GRAMMES D'EAU par mètre cube	TEMPÉRATURE de l'air	GRAMMES D'EAU
- 20°	1,07	16°	13,5
- 10°	2,3	20°	17
0°	4,8	30°	30
- 10°	9,4	50°	82

Il y a donc deux moyens d'obtenir la saturation de l'air :

- augmenter la vapeur d'eau (sona, salle de bains) ou
- obtenir une diminution de la température de l'air afin que la quantité d'eau qui existe dans l'atmosphère devienne à son tour saturante.

C'est cette température que l'on calcule et que l'on appelle le "point de rosée". On l'obtient à l'aide de tables et du degré d'hygrométrie de l'air obtenu par la différence de lecture entre les deux thermomètres. Cette température du point de rosée porte bien son nom puisque la nuit, lorsque le ciel est dégagé, le refroidissement est beaucoup plus sensible au niveau du sol que sous un abri situé à 1,50m au-dessus du sol (fig. 4).

* le thermomètre humide donne en raison de l'évaporation de l'eau une température inférieure à celle indiquée par l'autre. Le degré hygrométrique de l'air est calculé à partir de la différence entre ces deux indications.

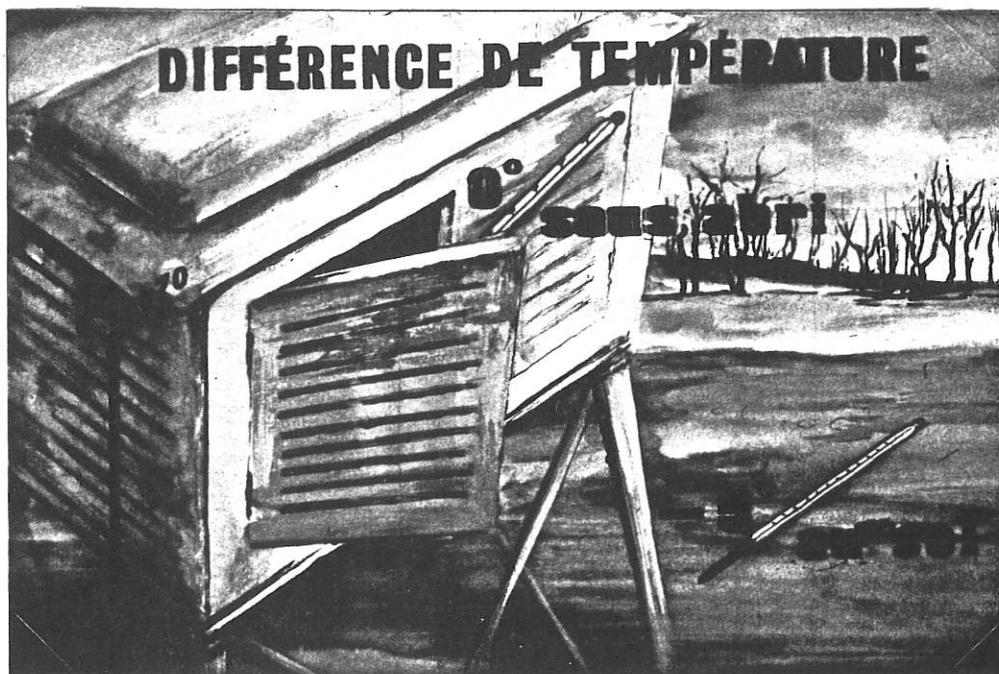


Fig. 4.-

Pour que la rosée apparaisse, il faut que le refroidissement se situe au niveau du sol à pression constante et sans turbulence. Lorsqu'il y a un peu de vent, on voit apparaître le brouillard.

Le refroidissement gagne en effet les premières couches au-dessus du sol et ne se limite plus aux quelques centimètres au-dessus du sol. Il y a alors inversion de la température qui, au lieu de décroître avec l'altitude, est un peu plus élevée vers 50 m au-dessus du sol. Mais au-delà elle décroît normalement.

Quand la température est négative et que les conditions sont identiques aux précédentes, il se forme alors le givre et au lieu du brouillard, du brouillard givrant.

Lorsqu'on s'élève en altitude et que donc, la pression baisse, on obtient par détente un refroidissement.

Lorsque l'air monte de 1000 m, 10g de vapeur d'eau se condensent obligatoirement sous forme de gouttelettes d'eau pour former les nuages.

Différents modes de refroidissement avec l'altitude.-

Il y a plusieurs modes de refroidissement avec l'altitude :

- Par exemple, par une belle journée d'été (fig. 5), le soleil chauffe la Terre, une bulle d'air chaud monte en altitude, se refroidit et forme un nuage. La nuit, il se produit la même chose sur la mer.

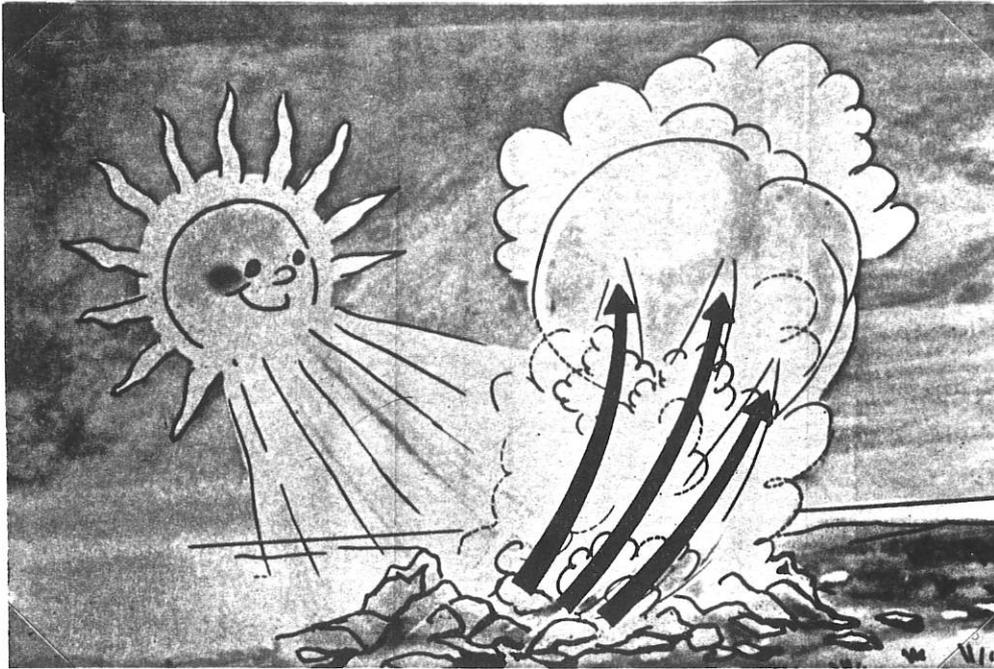


Fig. 5.-

- Un autre phénomène de refroidissement par altitude est illustré par la figure 6. L'air, pour franchir une montagne, doit

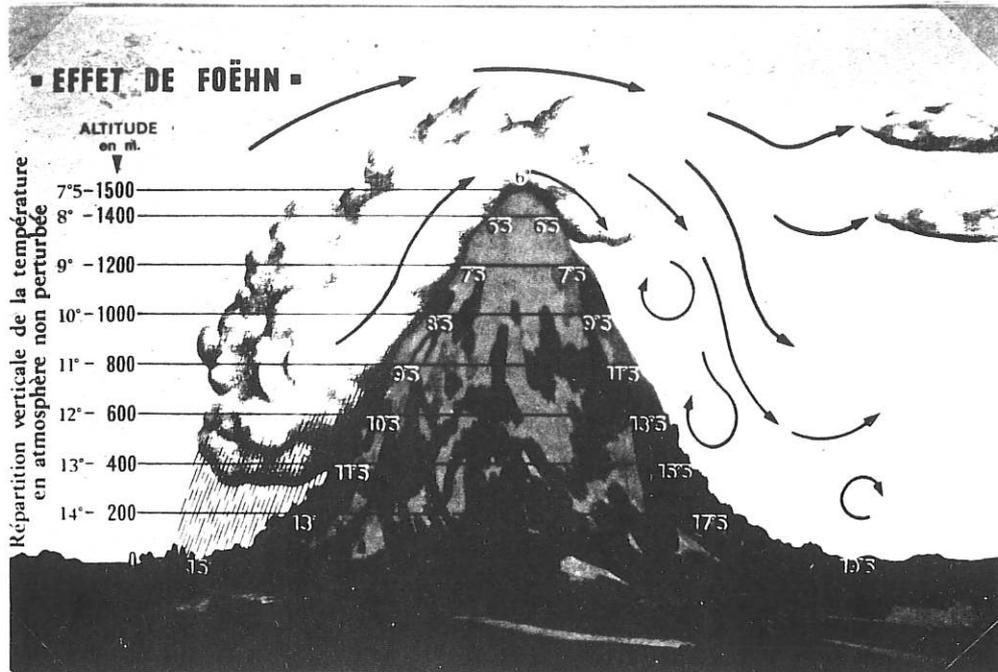


Fig. 6.-

s'élever, donc se refroidir. Il y a condensation de l'eau contenue dans le nuage et éventuellement précipitation. On voit également sur cette figure l'explication de l'effet de Foëhn. Si, sur le versant de

La montagne exposé au vent, il y a formation d'un nuage, de l'autre côté de la montagne, l'air se détend et peut donc absorber de l'humidité.

En perdant de l'altitude, il se réchauffe d'un degré par 100 mètres, alors que de l'autre côté, il ne s'était refroidi que d'un demi degré par 100 mètres.

- Un autre cas est illustré par la figure 7.

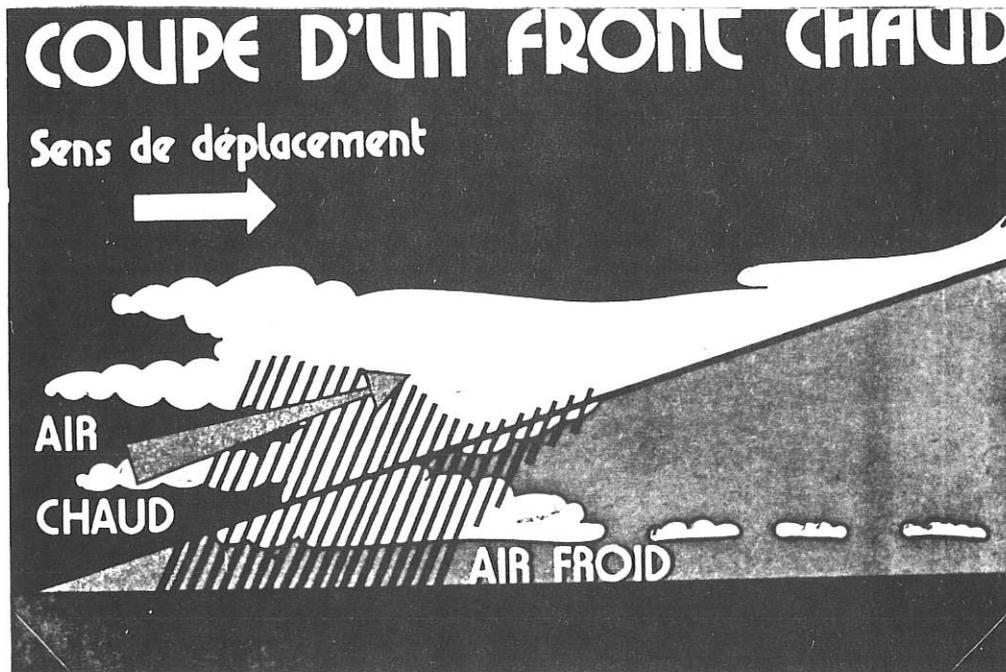
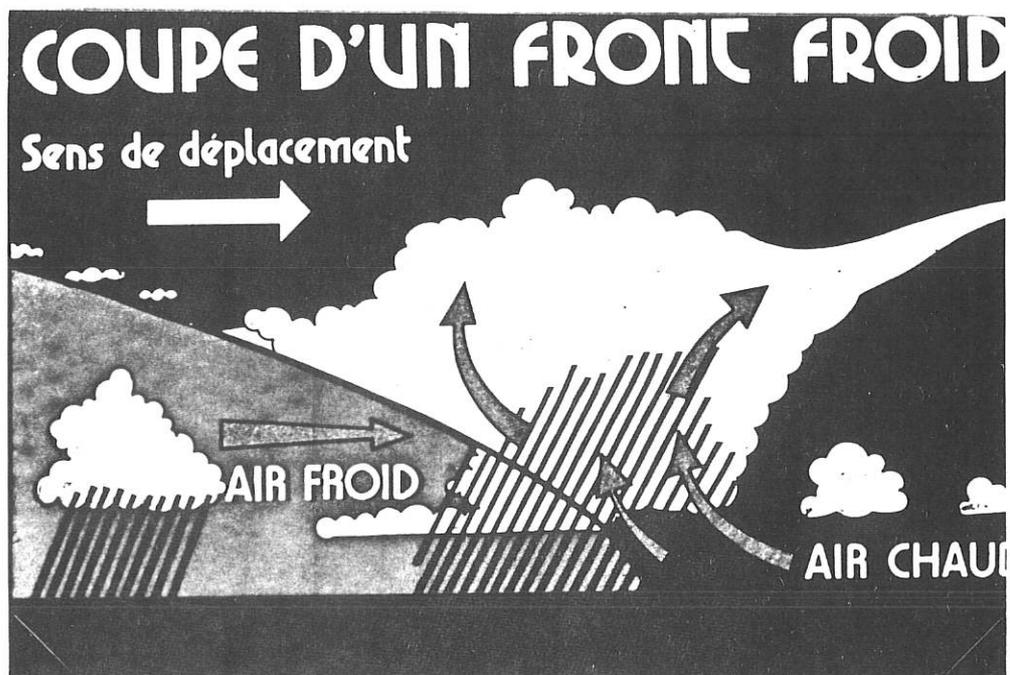


Fig. 7.-

Une masse d'air chaud s'élève au-dessus d'une masse d'air froid qu'elle n'arrive pas immédiatement à chasser. L'air chaud en montant se refroidit et donne lieu à des formations nuageuses (front chaud).

De la même façon (fig. 8), de l'air froid peut soulever un coin de l'air chaud préexistant et provoquer ainsi la formation de nuages.

Fig. 8.-



III.- LES SYSTEMES NUAGEUX.-

Classification des nuages (fig. 9).



Fig. 9.-

On distingue les nuages par leurs formes et par leur contenu.

La classification météorologique mondiale donne 8 types de nuages disposés en couches et 2 types de nuages à développement vertical.

a.- Nuages étalés, étendus en couche.

. Nuages ne donnant pas lieu à des précipitations :

- Le stratus est un brouillard qui se développe à cause d'un refroidissement étalé jusqu'à 300 mètres d'altitude environ.

- Le stratocumulus est un nuage qui paraît menaçant mais qui ne l'est pas car il ne se développe pas en altitude.

- Le cirrocumulus est formé de cristaux de glace.

- L'altocumulus est formé de gouttelettes d'eau.

. Nuages annonciateurs de précipitations :

- Le cirrus est formé de cristaux. On le trouve à l'avant des fronts chauds.

- Le cirrostratus forme un voile épais.

- L'altostratus est encore plus épais.

. Nuages donnant lieu à des précipitations :

- Le nimbostratus est très épais. Entre les premiers cirrus et la pluie, il y a environ 600 km de distance, donc plusieurs heures pendant lesquelles on voit la pression baisser.

b.- Nuages à développement vertical.

. Cumulus congestus : le haut très blanc est composé uniquement de cristaux de glace.

. Cumulonimbus : c'est un cumulus qui a continué à monter en altitude. Son sommet a la forme caractéristique d'enclume étalée, formée de cristaux de glace.

Conclusion :

Les nuages se développent quand l'air est stable, c'est-à-dire quand il y a de l'air chaud en altitude.

Une particule qui s'élève se refroidit toujours de $1/2$ à 1° par 100 mètres.

Si elle rencontre de l'air ambiant plus chaud qu'elle, elle descend. Il y a une stabilisation parfaite (brouillard).

Dans le cas d'instabilités, c'est le phénomène contraire.

L'air s'étant refroidi arrive à une certaine altitude où il trouve de l'air ambiant plus froid. Il va continuer à monter jusqu'à ce qu'il trouve de l'air plus froid que lui. C'est le cas de tous développements orageux. Il y a coexistence de cristaux de glace et de gouttelettes d'eau (fig. 10).

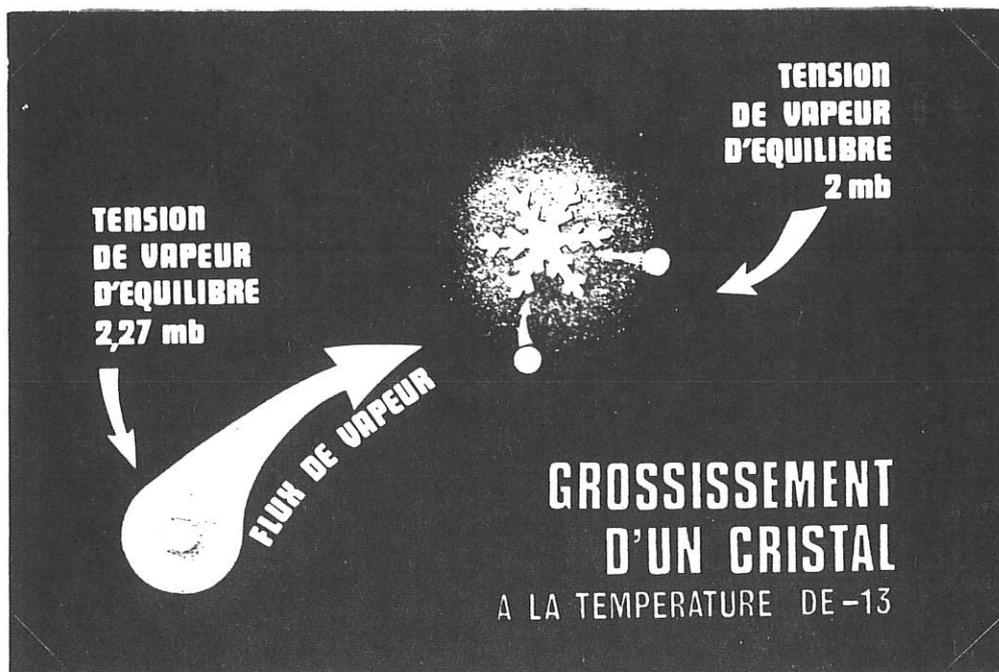


Fig. 10.-

Les gouttes viennent se fixer sur les cristaux de glace qui grossissent et tombent car ils sont trop lourds pour se maintenir grâce aux petits mouvements qui peuvent exister en altitude. En tombant, ils en entraînent d'autres. C'est par ce processus que débute ce phénomène de précipitation et de pluie. Dans un premier temps les vitesses de chute sont de l'ordre de 1mm/s pour atteindre 5 à 10 m/s (fig. 11).

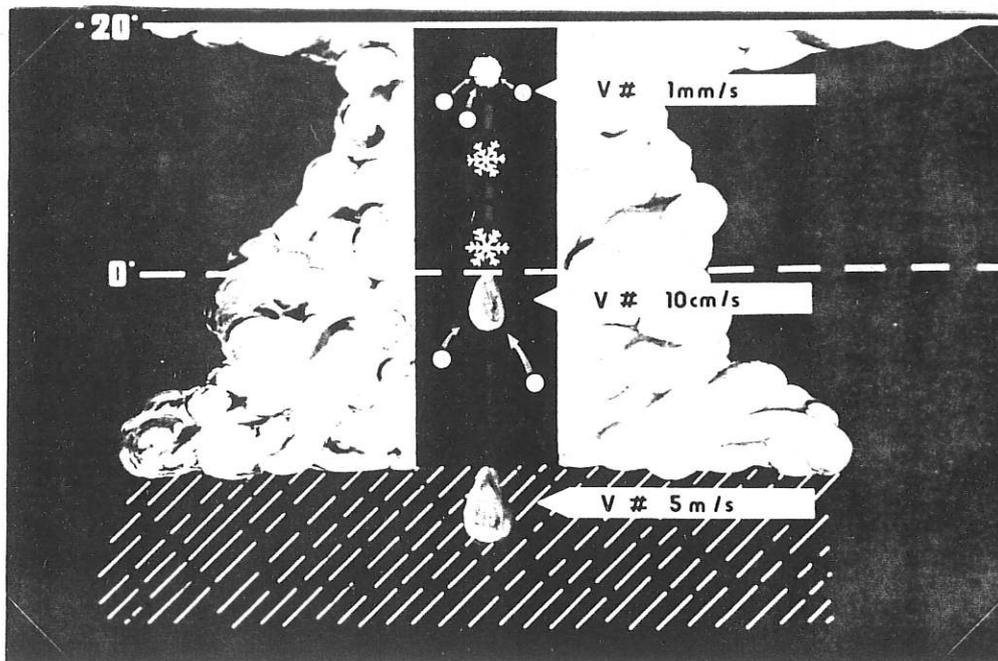


Fig. 11.-

On aura de la neige si la température reste négative sous le nuage jusqu'au niveau du sol.

IV.- LE REGIME DES PLUIES ET PRECIPITATIONS.-

On mesure la hauteur d'eau tombée avec un pluviomètre. Un millimètre d'eau correspond à 1 litre d'eau tombé par m².

Dans nos régions une pluie d'orage d'une heure peut amener jusqu'à 100 mm d'eau. Le record de pluie en France est de 800 mm en 24 heures dans les Pyrénées Orientales en octobre 1940.

Le record de pluie dans le monde détenu par La Réunion est de 1870 mm en 24 heures (1972) (Livre des Records).

Les pluies annuelles qui tombent sur Paris sont de l'ordre de 600 mm dans l'année. On entend par régions désertiques les régions du globe où il tombe dans l'année moins de 120 mm.

La pluie peut également former du verglas. C'est ce qui se produit avec une pluie surfondue qui arrive à une température autour de 0° sur un sol froid. Ces situations de verglas, de neige ou de pluie sont très difficiles à prévoir car elles peuvent jouer sur 2 ou 3°.

L'arrivée d'air froid du Pôle et d'air chaud de l'Equateur donne lieu à des formations de tourbillons et à des dépressions (fig. 12).

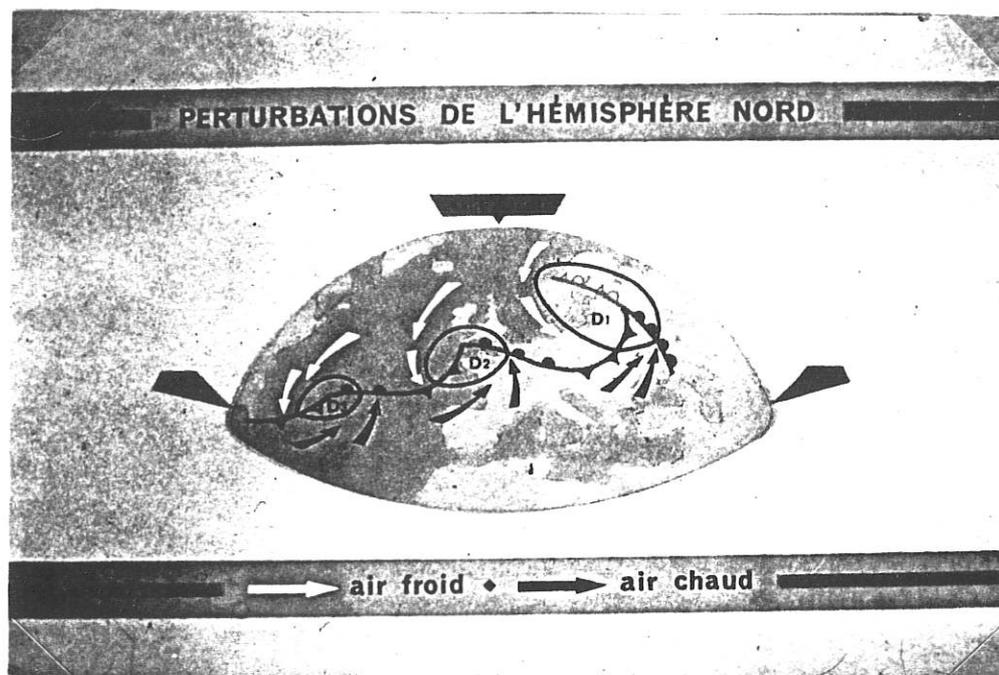


Fig. 12.-

Dans nos régions une perturbation est constituée en général d'un front chaud, du front froid (annexe 1) qui le suit et de la dépression qui les accompagne. Vus de dessus, les nuages du front chaud forment une sorte de vaste spirale qui vient s'enrouler à la manière d'une hélice jusqu'au centre de la dépression (fig. 13).

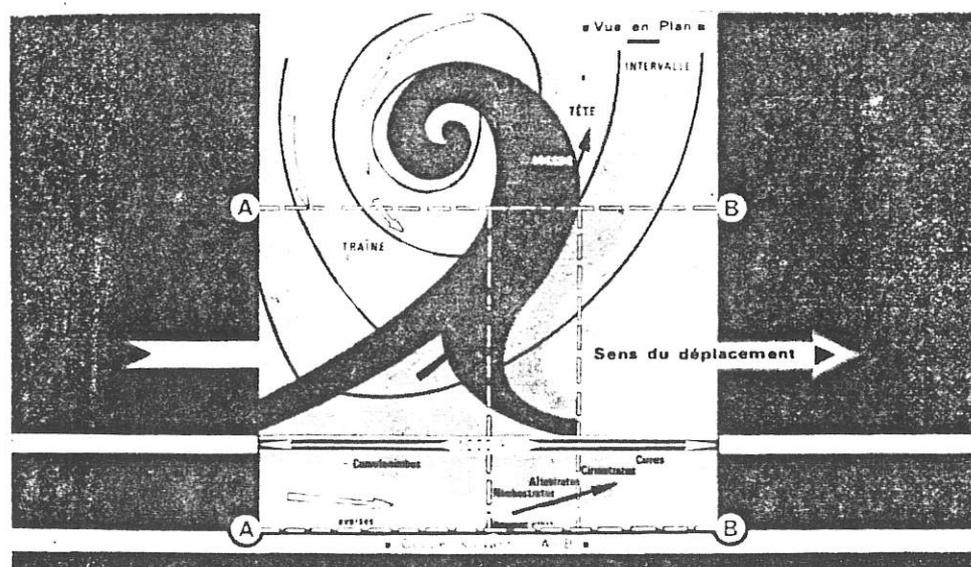


Fig. 13.- Schéma d'un système nuageux associé à une dépression.

Ils donnent de la pluie continue pendant plusieurs heures. Ils sont précédés, tout à l'avant de la perturbation par les cirrus, nuages blancs, d'aspect fibreux caractéristique, qui forment la "tête" de la perturbation.

A l'arrière, après le passage du front froid, les nuages de la "traîne", cumulus et cumulonimbus, sont accompagnés du temps à giboulées, également typique. On reconnaît dans ce schéma les formes habituelles des photographies transmises par satellites, qui en fait ont comblé de joie les météorologistes, car cela correspond à ce qu'ils avaient imaginé depuis longtemps (fig. 14).

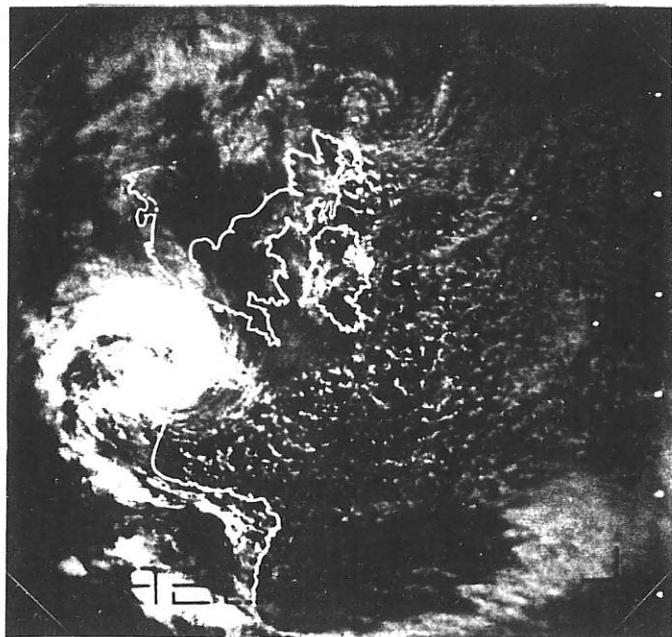


Fig. 14.-

La dépression centrée au sud de l'Irlande arrive au voisinage de la Bretagne. On voit bien la nappe en spirale de pluie continue suivie de tous les nuages de la traîne, les averses et les orages des cumulonimbus.

La figure 15 nous montre une dépression très ramassée sur elle-même.

Fig. 15.-



Sur la figure 16 on voit l'évolution d'une perturbation sur 48 heures. Sur 24, 36 heures, la localisation des averses, des orages, des zones pluvieuses ou des brouillards, conserve un aspect fortement aléatoire.

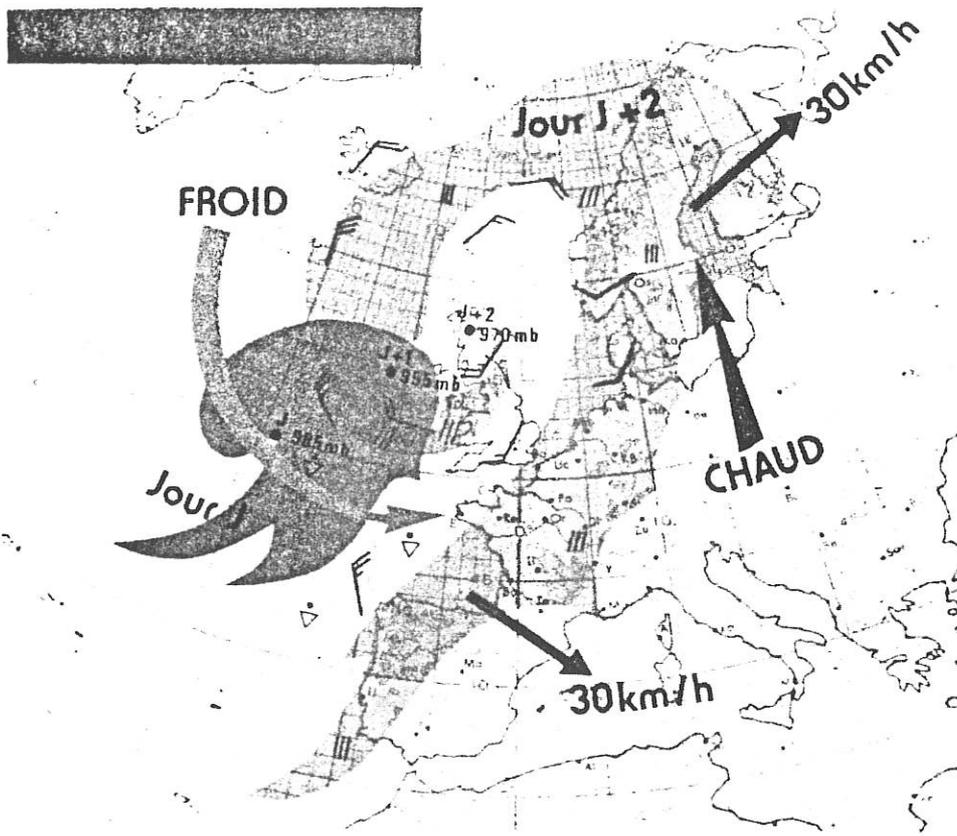


Fig. 16.-

La photo 17 nous montre un grêlon.

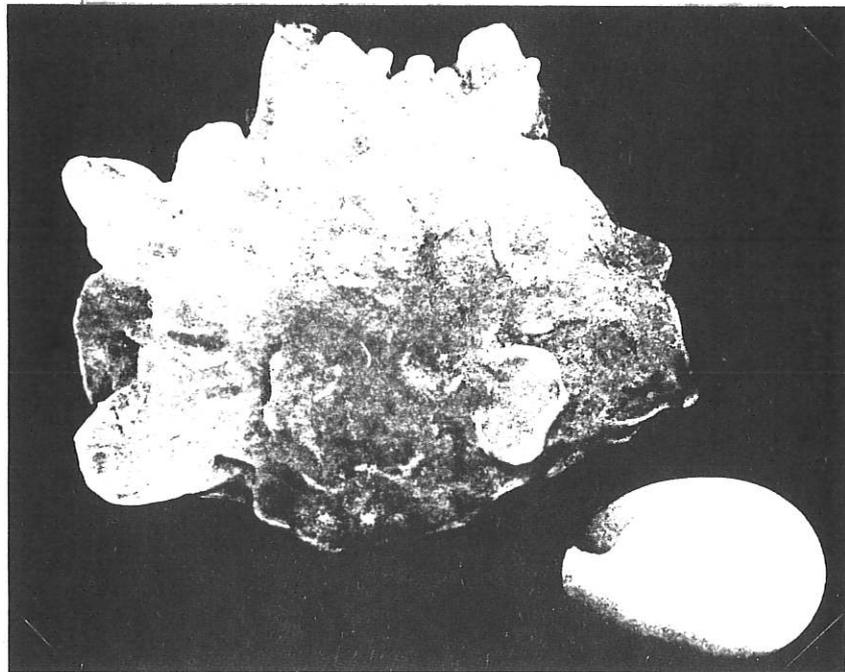


Fig. 17.-

Le record en France est un grêlon tombé à Strasbourg au mois d'Août 1958. Il pesait 970 grammes.

En Russie il est tombé un grêlon de 2 kg.

La lutte contre la grêle ne date pas d'hier. Au XIXe siècle, on installait des canons paragrêle (fig. 18).

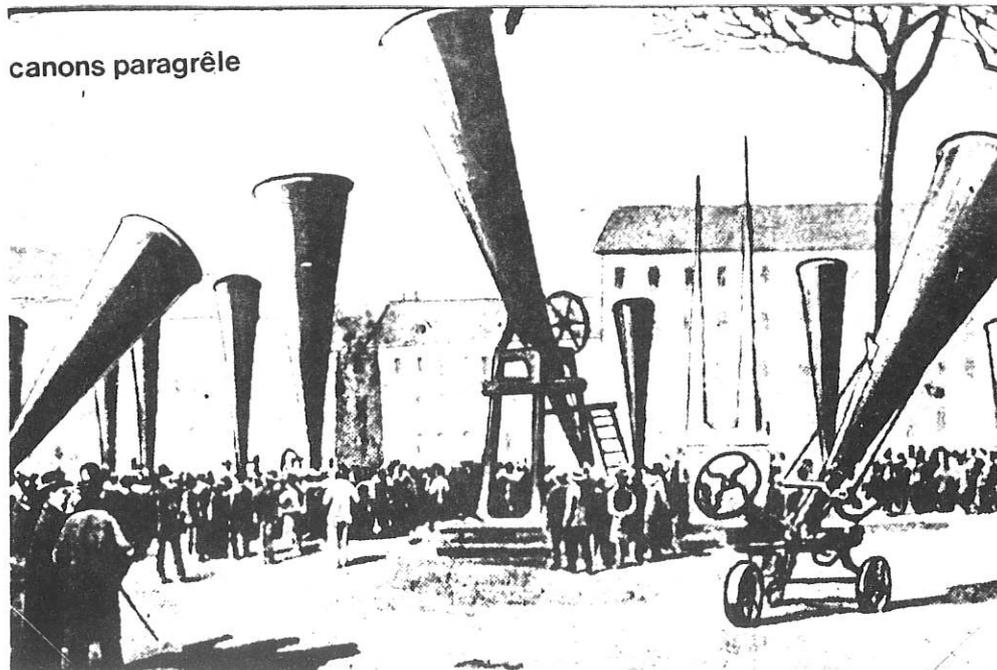


Fig. 18.-

On pensait à l'époque qu'il suffisait d'envoyer des charges explosives dans les nuages d'orage pour atténuer l'orage.

A l'heure actuelle on envoie des fusées qui dispersent de l'iodure d'argent à l'intérieur des nuages d'orage. On part du principe que ces cristaux supplémentaires introduits dans le nuage vont multiplier les petits grêlons qui seront moins dévastateurs que les gros.

Le cumulonimbus est le seul nuage à pouvoir donner des orages (fig. 19). Par le frottement des gouttes et des cristaux entre eux on obtient une séparation des charges électriques qui normalement se trouvent en équilibre. S'il y a déséquilibre électrique, l'air qui normalement n'est pas conducteur arrive à s'ioniser. On peut avoir des différences de potentiels de plusieurs centaines de millions de volt et des courants de centaines de milliers d'ampère.

On peut détecter les orages avec des radars.

Sous les cumulonimbus il peut y avoir des tourbillons encore plus dévastateurs : les trombes ou tornades (fig. 20-21).

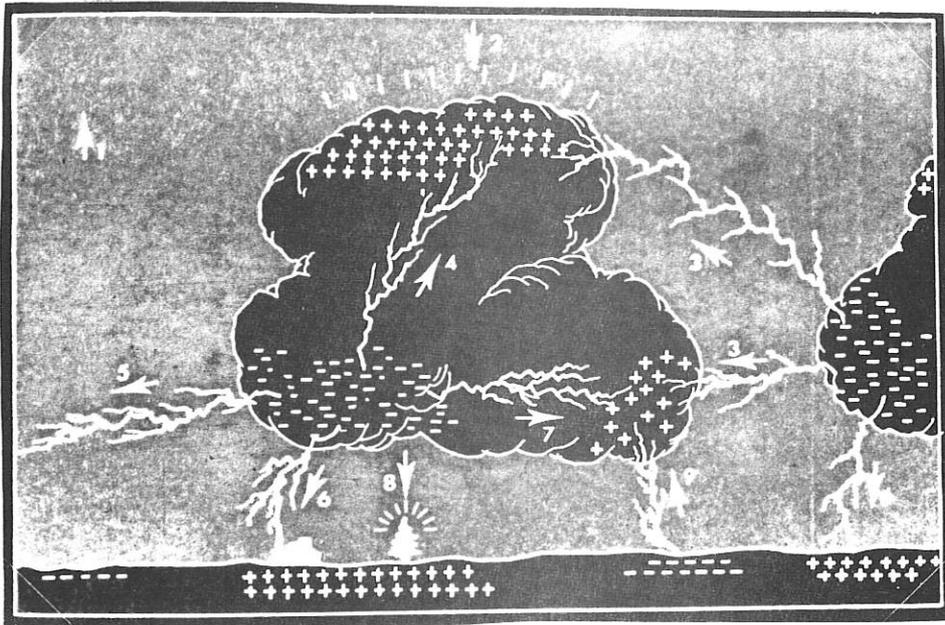


Fig. 19.-



Fig. 20.-

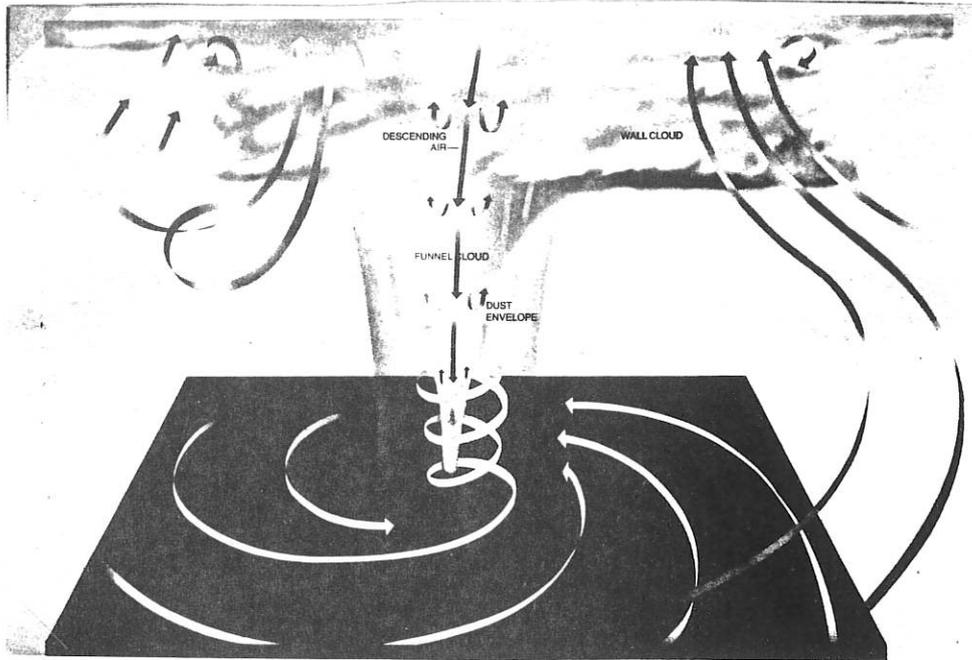


Fig. 21.-

Les vents tourbillonnaires peuvent souffler jusqu'à 500 km/h sur des distances très courtes.

Lorsque des spirales de cumulonimbus s'enroulent autour d'une dépression on obtient alors un cyclone (fig. 22).

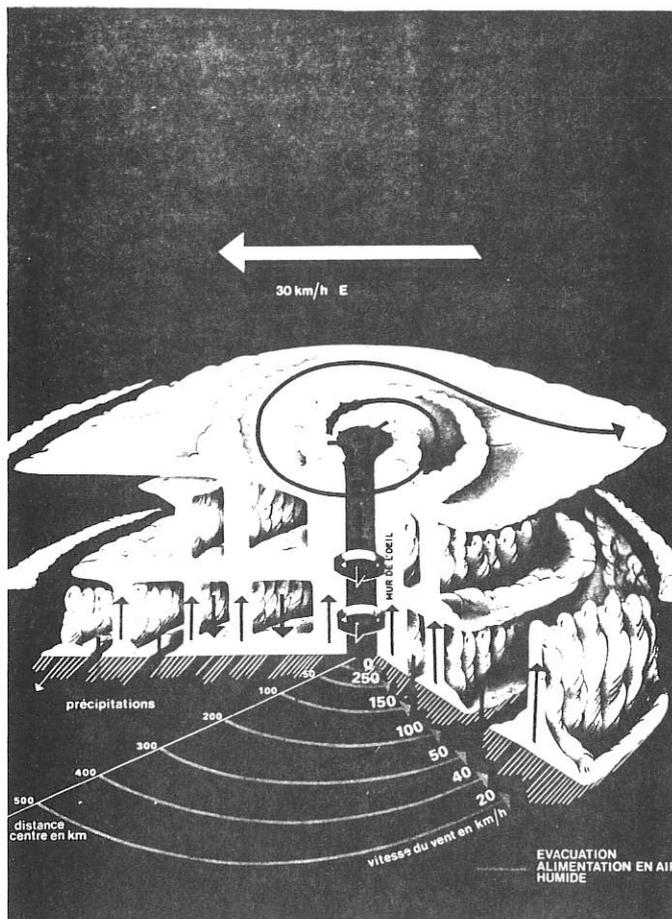


Fig. 22.-

Ils se développent sur le front des alizés se trouvant au niveau de l'Equateur.

Il y a à peu près 40 cyclones violents par an dans le monde. Ils se déplacent d'Est en Ouest, au contraire de nos dépressions qui, elles, se déplacent d'Ouest en Est.

Sur la photo satellite figure 23, on voit les cyclones David et Frédéric qui ont traversé l'Afrique.

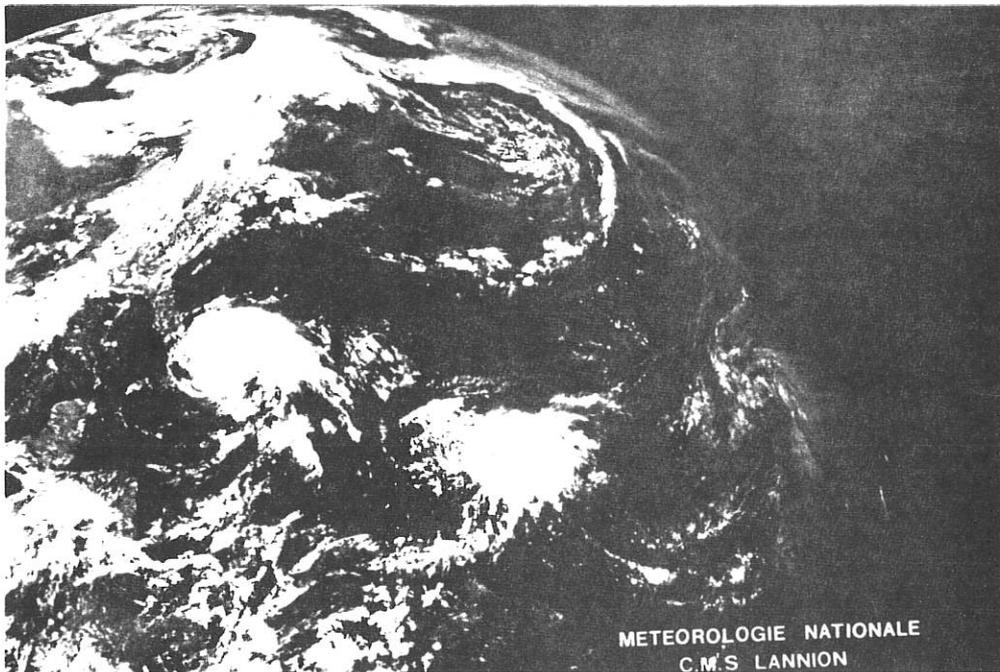


Fig. 23.-

La photo 24 est une photographie prise par le satellite Météosat à 36 000 km d'altitude.

V.- LA PREVISION METEOROLOGIQUE.-

L'emploi des modèles mathématiques et des calculateurs ont apporté un grand progrès dans le domaine des prévisions.

Avenue Rapp, le centre de calcul de la météorologie nationale effectue ainsi, deux fois par jour, les opérations nécessaires à l'établissement des prévisions à 3 et 4 jours d'échéance, ce qui représente 10 à 20 milliards d'opérations.

La masse des calculs est considérable car on ne se limite pas aux données des stations existantes, plus ou moins espacées. Il faut, au départ, disposer de mesures parfaitement homogènes géographiquement.

On les choisit ainsi aux noeuds d'un filet ou d'une grille, qui recouvrirait le globe de manière régulière et dont les mailles sont espacées de 200 à 300 km (fig. 25).



Fig. 24.-

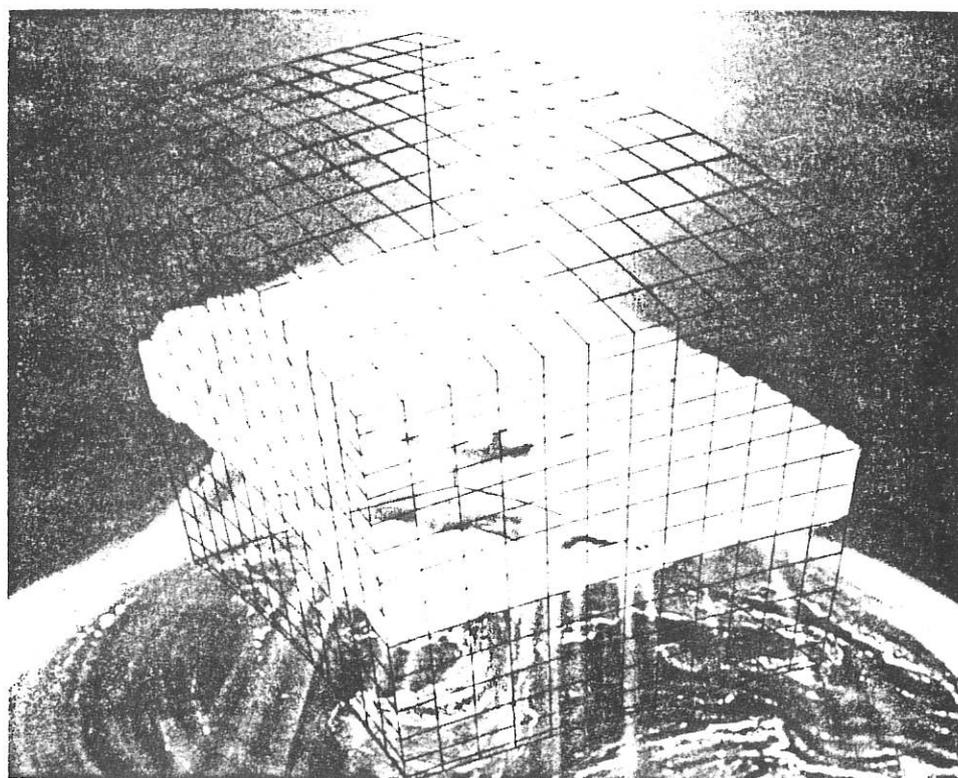


Fig. 25.-

Comme on étudie l'atmosphère dans ses 3 dimensions, il faut prendre les valeurs à dix ou 15 niveaux, à la verticale de chaque point, jusqu'à 15 ou 20 km d'altitude et chaque fois, on considère 5 à 6 paramètres, par exemple la pression, la température, l'humidité et les composants du vent.

Les cartes (fig. 26) sont des cartes relatives aux niveaux

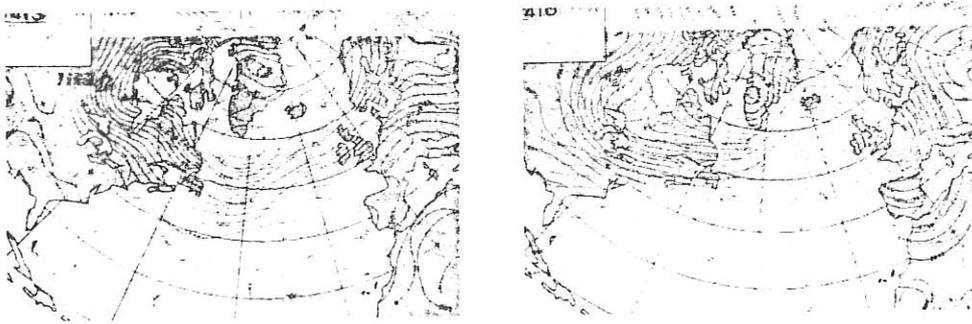


Fig. 26.-

de pression 500 mb. Toutes les lignes traduisent les courants de vents très violents associés au front polaire. Le 18 septembre 1979 par exemple, le "courant-jet" est axé du Canada aux Iles Britanniques. Plus au sud, la France bénéficie d'un temps chaud et sec qui dure depuis le début du mois. 3 jours plus tard on voit sur la deuxième carte, le courant-jet décrire de nombreux méandres en venant notamment isoler sur la France une "goutte froide", ce qui se traduira par un temps froid et pluvieux.

L'emploi de modèles à mailles plus fines, combinés avec les observations effectuées par radars et par satellites devrait se traduire par une nouvelle amélioration des prévisions, étant bien entendu qu'une marge d'incertitude subsistera toujours entre la meilleure des prévisions et la réalité des phénomènes.

FRONT FROID - FRONT CHAUD

Les échanges d'air chaud et d'air froid s'effectuent en permanence entre les régions équatoriales et les pôles, mais les masses d'air d'origine et de températures différentes ne se mélangent pas et sont au contraire séparées par des surfaces de discontinuité, plus ou moins inclinées, appelées surfaces frontales.

Quand une masse d'air chaud, venant des régions équatoriales s'élève au-dessus d'une masse d'air froid moins rapide, qu'elle tend à repousser peu à peu, on a à faire à un front chaud.

Quand c'est au contraire la masse d'air chaud qui préexiste, on est en présence d'un front froid.

Dans les deux cas l'air soulevé se refroidit par détente et la vapeur d'eau se condense sous forme de gouttelettes ou de cristaux de glace, dont l'ensemble constitue les nuages. Il pleut près de la trace au sol des fronts, quand les masses nuageuses atteignent leur plus grand développement (fig. 27).

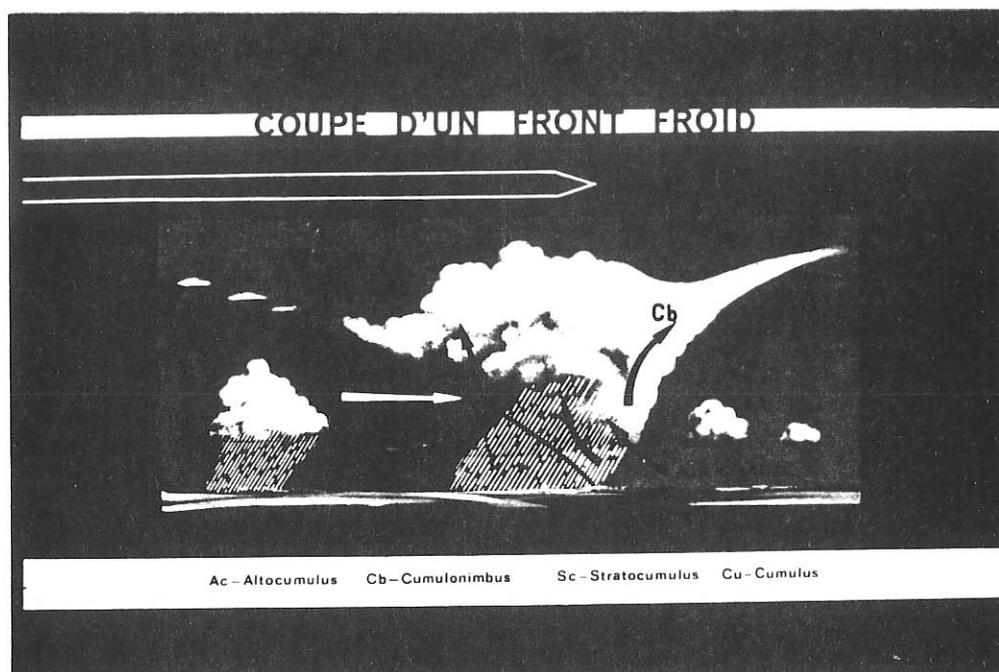


Fig. 27.-

ANNEXE 2

I.- HISTORIQUE DES OBSERVATIONS METEOROLOGIQUES.-

- Lavoisier parvint à organiser le premier réseau d'observations météorologiques mais la Révolution interrompit son oeuvre.

- En 1854, pendant la guerre de Crimée, une tempête anéantit la flotte française ancrée dans la Mer Noire. On demande à l'astronome Le Verrier de rechercher si cette "perturbation" aurait pu être prévue. Le Verrier établit sa trajectoire, puis utilisant le télégraphe électrique, créa le premier service d'avertissement de tempête qui, de Paris, renseignait les Etats Européens.

- En 1930 le "Jacques Cartier" se rendait dans l'Atlantique Nord pour observer et concentrer les observations que donnaient tous les bateaux au cours de leurs voyages.

- En 1927 fut inaugurée l'utilisation de la télégraphie sans fil pour transmettre à un opérateur au sol des mesures faites par des appareils aériens.

- En 1937 la France créait avec le "Carimaro" le premier navire météorologique stationnaire.

II.- APRES LA SCIENCE, L'EMPIRISME DES OBSERVATIONS POPULAIRES.-

"Hiver trop beau, été sans eau",

"Gelée en janvier, blé au grenier",

"Si le premier de l'an a été beau, août sera toujours chaud",

"S'il gèle le jour de la Saint-Sulpice (18 janvier), l'hiver sera propice",

"L'hiver n'est pas bâtard, s'il ne vient tôt il vient tard",

"Février chaud par aventure, à Pâques remet sa froidure",

"Quand il gèle en mars, il gèle autant de fois en mai",

"Avril en nuées, mai en rosées",

"Le temps qu'il fait en juin le trois, sera le temps du mois",

"Temps rouge au couchant annonce pour demain du vent",

"Quand le vent est au nord à la Saint-Michel le mois d'octobre est au sec",

"Si en novembre il tonne, l'année sera bonne".

III.- ET UNE OPINION FORT ANCIENNE ET BIEN ANCREE : "Y A PLUS DE SAISON !"

Les lettres de Madame de Sévigné à sa fille.

L'été 1675 fut fort froid et Madame de Sévigné écrit à sa fille (en Provence) :

- le 28 juin : "Il fait un froit horrible, mais nous chauffons et vous aussi, ce qui est une bien grande merveille".
- le 3 juillet elle note à nouveau : "un froid étrange".
- le 24 juillet "vous avez donc toujours votre bise" et de se demander "si le procédé du soleil et des saisons était changé".