

ANTICYCLONE : zone où la pression atmosphérique est forte. On parle de hautes pressions (supérieures à 1 015 hPa). Dans l'hémisphère Nord, les vents tournent dans le sens des aiguilles d'une montre autour de cette zone. Les anticyclones accompagnent normalement le beau temps. Mais ils n'empêchent pas les nuages bas, le brouillard, et les orages locaux en été.

BROUILLARD : équivalent d'un nuage qui se forme près du sol par refroidissement d'une masse d'air humide (notamment la nuit). Il peut être givrant si le refroidissement atteint au sol des températures négatives. En météo, on parle de brouillard quand la visibilité est inférieure à 1 km, et de brumes si elle est inférieure à 5 km.

CONDENSATION : passage d'un état gazeux (vapeur d'eau) à un état liquide (nuage, rosée, pluie) ou solide (cristaux de glace, neige).

CONVECTION : phénomène de réchauffement de l'air par le sol, qui capte le rayonnement solaire. L'air réchauffé devient instable et s'élève.

DÉPRESSION : zone où la pression atmosphérique est faible. On parle de basses pressions, (inférieures à 1 015 hPa). Pour l'Europe, les dépressions se creusent généralement au-dessus de l'Atlantique nord. Dans l'hémisphère Nord, les vents tournent dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Dans les zones tropicales, le creusement des dépressions atteint des records. Elles prennent une forme bien circulaire appelée cyclone (typhon ou ouragan).

FÖHN : lorsque le relief forme une barrière incontournable, les masses d'air chaud heurtent cette barrière. Elles s'élèvent et se refroidissent brutalement. Par condensation, la vapeur d'eau se transforme en nuages et en précipitations. Une fois cette barrière franchie, l'air a perdu une partie de son humidité, il devient plus sec et plus chaud.

FRONT : zone de rencontre entre deux masses d'air de température différente. Cette zone de contact est inclinée, l'air froid, plus dense, s'enfonce en biseau sous l'air chaud, plus léger. Les processus thermodynamiques y sont très actifs. L'air chaud soulevé se refroidit par détente, se condense et occasionne des précipitations.

Les fronts sont associés aux dépressions, le front chaud se situe à l'avant de la perturbation. À l'arrière de la perturbation, une masse d'air froid remplace l'air chaud. Le passage de ces deux fronts provoque des précipitations. Si la masse d'air chaud n'est plus en contact avec le sol et se trouve entièrement en altitude, on parle de front occlus.

HUMIDITÉ : quantité vapeur d'eau contenue dans l'air. On mesure en fait l'humidité relative par rapport à l'état de saturation (à 100%, il pleut). Elle est mesurée avec un hygromètre.

ISOBARE : ligne symbolique (sur les cartes

météo) qui relie les points de la surface terrestre ayant la même pression (au niveau de la mer).

ISOTHERME : ligne physique horizontale marquée par une même température dans l'atmosphère. On indique généralement l'altitude de l'isotherme 0 °C, la limite pluie/neige est généralement située de 200 à 300 m plus bas.

MASSE D'AIR : l'atmosphère est composée de grands ensembles, les masses d'air qui se différencient principalement par leur température et leur humidité. C'est la rencontre de ses masses d'air parfois très différentes qui provoque les perturbations.

NUAGES : c'est la forme visible de la vapeur d'eau qui est toujours contenue dans l'atmosphère. Par un phénomène de détente, cette vapeur se condense en formant de toutes petites gouttelettes d'eau et d'infimes cristaux de glace. Le nuage ne suffit pas à lui seul à provoquer la pluie ou la neige, il sert de catalyse à la vapeur dans les courants aériens, généralement ascendants, comme à la rencontre d'une montagne ou d'un front.

ORAGE : trouble atmosphérique de nature électrique, caractérisé par des éclairs, qui provoquent indirectement le tonnerre. L'orage n'est associé qu'aux nuages du genre cumulo-nimbus, et entraîne de violentes averses de pluie, de neige, de grésil ou de grêle.

ORAGE DE CHALEUR : cela ressemble à un orage, mais ce n'est pas un orage, seul les éclairs sont visibles.

PERTURBATION : bouleversement atmosphérique entraînant une dégradation du temps. Le passage d'une perturbation signifie l'arrivée d'un système de fronts et du mauvais temps.

PRESSION ATMOSPHÉRIQUE : c'est la pression exercée par le poids de l'atmosphère. Cette pression diminue rapidement plus on s'élève en altitude, ce que mesure l'altimètre. Sa variation à une altitude donnée (et ramenée par simplicité au niveau de la mer) permet d'anticiper un changement de temps. L'arrivée de hautes pressions signifie le retour du beau temps (hors phénomènes locaux comme les orages). La pression est mesurée en hecto-Pascal (hPa) à l'aide d'un baromètre, voire d'un altimètre. À une altitude donnée, un refuge par exemple, lorsque l'altitude indiquée par votre altimètre baisse, c'est que la pression augmente, on va vers le beau temps, et inversement...

THALWEG : basses pressions qui prolongent une dépression, en l'étirant.

TRAINE : elle marque la fin d'une perturbation (après le front froid), avec généralement de belles averses, voire des orages.

La météo de montagne

Consulter la météo avant de partir, c'est une règle de base pour tout montagnard. Les supports ne manquent pas pour décliner les mêmes informations : TV, radio, quotidien, minitel, Internet et répondeur téléphonique. Mais encore faut-il pouvoir décrypter les messages du prévisionniste. Après le même bulletin, l'optimiste motivé déclarera « c'est tout bon ». Alors que le pessimiste démotivé, prudent ou fatigué, optera pour une grasse matinée. Sur le terrain, encore faut-il aussi comprendre ces phénomènes complexes pour reconnaître les signes d'une évolution attendue, ou anticiper un changement imprévu. La réussite d'une course et la cohésion d'un groupe doivent beaucoup à la maîtrise de l'aléa météorologique. Par J.-Pierre Borel

1 - LES CLEFS DU TEMPS

La carafe d'eau glacée

L'atmosphère de notre splendide planète, si l'on fait abstraction des éléments polluants, du gaz carbonique, de quelques gaz rares et de nombreuses poussières, est composée d'air, et de vapeur d'eau. La vapeur d'eau est de l'eau sous forme de gaz, invisible. La capacité de l'air à contenir de l'eau à l'état gazeux dépend principalement de la température. De l'air chaud peut contenir beaucoup de vapeur (par exemple 25 g. par m³ à 30 °C). L'air froid en contient beaucoup moins (par exemple 9 g. à 10 °C et 3 g. au maximum par - 20 °C). Les étendues glacées des pôles sont des déserts secs. Ces chiffres sont indicatifs et représentent un maximum, on parle d'humidité relative. Un m³ d'air à 30 °C contenant 25 g. d'eau (le maximum à cette température) aura une humidité relative de 100 %. Nous sommes proches de la saturation, toute baisse de température provoquera une condensation, c'est-à-dire la formation de petites gouttelettes d'eau liquide, visibles sous la forme de brume, brouillard ou nuage. Inversement, le réchauffement entraînera l'évaporation et la disparition progressive du nuage. Le fin mathématicien que vous êtes aura vite calculé que le passage de 30 °C à 10 °C libérera 16 g. d'eau sous forme de pluie. Savez-vous au fait combien de mètres cubes il y a dans l'énorme masse d'air humide qui s'approche du sommet que vous convoitez ?

La casserole sur le feu

Fort heureusement, la température de l'air ne varie pas spontanément, les masses d'air ne se mélangent que très difficilement, elles entrent plutôt en conflit sans brassage, en glissant les unes contre les autres, ou plutôt, les une sur les autres. Mais alors pourquoi pleut-il et neige-t-il si souvent ?

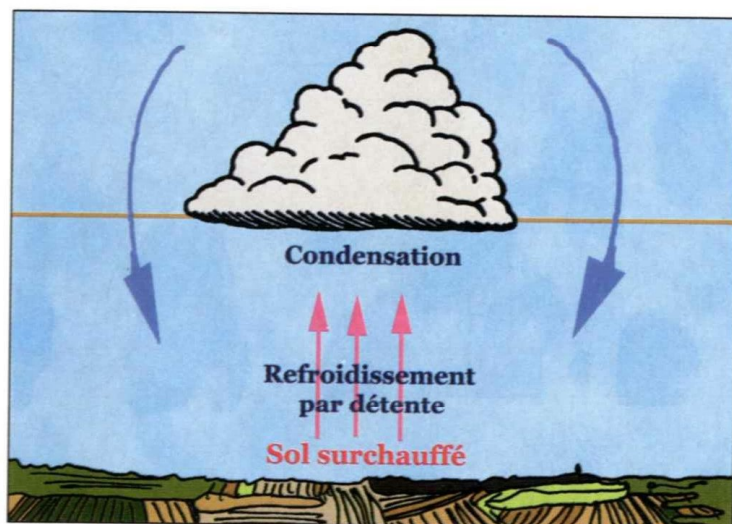
La pompe à vélo et le réfrigérateur

Il est bien connu que l'air et les humains se détendent en altitude, ce voyage est refroidissant pour les deux. L'explication tient à la propriété qu'ont les gaz à se refroidir quand on les détend (réfrigérateur) et de s'échauffer quand on les comprime (pompe à vélo). Une masse d'air qui s'élève voit sa température s'abaisser de 0,65 °C par 100 m en moyenne. Ce refroidissement augmentera le pourcentage d'humidité relative, si les 100% sont atteints, un nuage se formera suite à la condensation.

Pourquoi une masse d'air s'élève ?

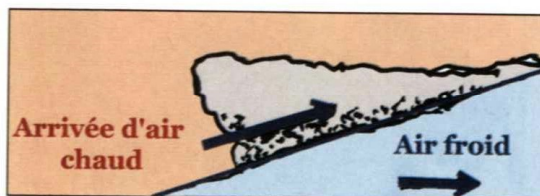
• L'effet montgolfière

L'air chaud et les alpinistes s'élèvent, mais pour des raisons différentes. Le soleil réchauffe peu l'air directement en le traversant, il réchauffe le sol par rayonnement. L'air est ensuite chauffé au contact du sol brûlant, il se dilate, devient léger et monte. C'est ce que les météorologues appellent la convection.



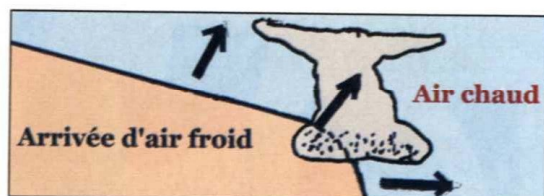
• Front froid

Une masse d'air froid, lourd et dense en déplacement va soulever l'air plus chaud en générant éventuellement la formation de précipitations. On parle de front froid.

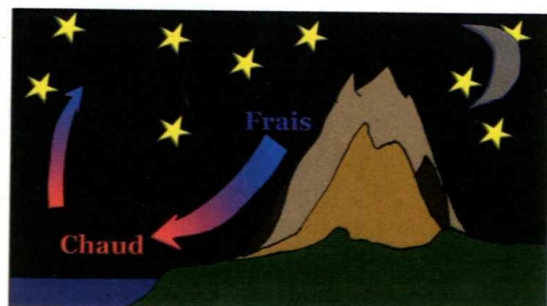
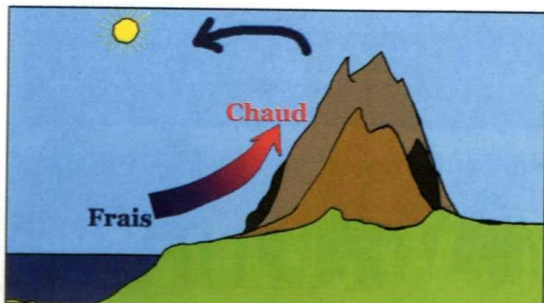


• Front chaud

Ici, une masse d'air chaud léger en déplacement va surmonter en glissant un air froid plus lourd. On parle de front chaud.



Dans le phénomène de brise de jour et de nuit, un contraste de température entre une zone chaude et une zone froide génère un vent thermique qui s'inverse quotidiennement. Le même phénomène se produit en montagne sous la forme de brise de vallée. L'air froid ruisselle vers le bas la nuit. Un vent chaud et fort remonte les vallées en fin d'après-midi, avec toutes les variantes liées à l'orientation des versants, à l'organisation des vallées entre elles (confluences par exemple).



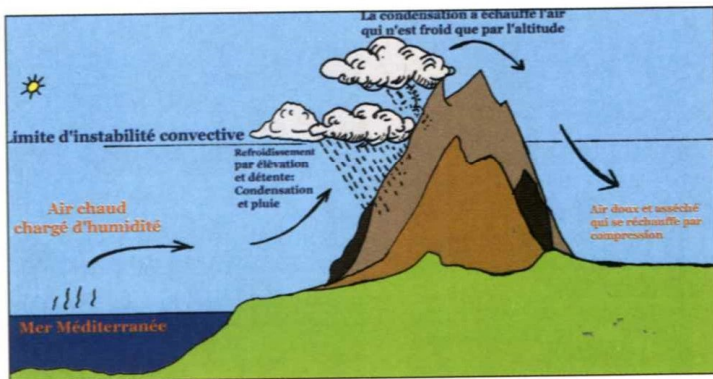
Le théorème du cumulo-nimbus-congestus

La condensation produit de la chaleur, une masse d'air qui s'élève en libérant de l'eau liquide s'échauffe ou, plutôt, se refroidit moins que ce que voudrait l'altitude. La différence de température entre la bulle d'air qui s'élève et l'air environnant augmente. L'effet montgol-fière devient plus fort et le phénomène d'ascendance s'accroît. On parle de masse d'air instable. C'est ce qui se passe de manière violente dans les nuages d'orage. Ce phénomène de réchauffement relatif s'exprime aussi dans l'effet de fœhn : Ici, c'est le vent qui va s'élever pour franchir l'obstacle d'une chaîne montagneuse.

Dans certaines conditions, air humide venant de la Méditerranée, obstacle

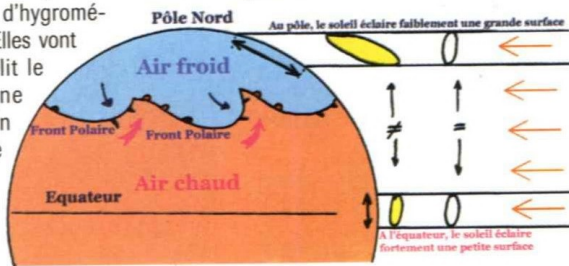
important de la chaîne des Alpes, les précipitations sont importantes et le bilan thermique à la fin de l'opération est positif. L'atmosphère chaude et électrique qui en résulte dans les vallées sous le vent, en Suisse (Valais notamment) ou en Autriche, rend, paraît-il, les femmes folles. Laissons cette affirmation aux misogynies.

Une expression populaire dit qu'il y a de « l'électricité dans l'air », l'approche de l'orage dans la masse d'air saturée en charges électriques met l'air et les humains sous tension. Les nuages ainsi créés au voisinage des crêtes ont la particularité d'être immobiles dans un vent important. Ce sont simplement des lieux de condensation liés à un relief.



L'organisation planétaire du climat

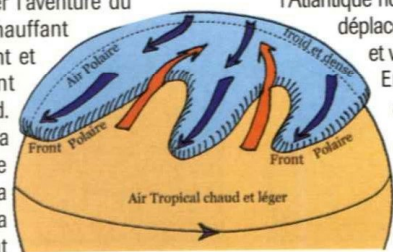
Mettons maintenant ces concepts à la sauce planétaire : comment cela s'organise-t-il à grande échelle, c'est-à-dire à la dimension de la carte météo de votre quotidien favori ou de la télévision? La nature n'est pas égalitaire sur le plan des répartitions d'énergie sur notre planète. Il en résulte plusieurs énormes masses d'air de température et d'hygrométrie différente. Elles vont entrer en conflit le long d'une ligne de démarcation que l'on appelle le front polaire.



Les masses d'air se mélangeant difficilement, une circulation générale va se mettre en place. Des coins d'air chaud s'enfoncent dans l'air froid en finissant par glisser par-dessus en se refroidissant progressivement pour redescendre glacés sur les pôles. Ils seront à l'origine de zones de faibles pressions ou perturbations. Des coins ou des bulles d'air froid vont tenter l'aventure du sud en se réchauffant progressivement et en se glissant sous l'air chaud. Pour corser la situation, une force liée à la rotation de la Terre intervient

dans le déplacement des masses d'air. Cette force, dite de Coriolis, dévie tout objet mobile à la surface du globe. Lorsqu'une masse d'air se déplace dans l'axe des pôles, cette force est perpendiculaire. Elles les entraînent vers la droite dans l'hémisphère Nord et vers la gauche dans l'hémisphère Sud. Ainsi naissent les alizés (est-ouest) et les vents d'ouest sur l'Atlantique nord. Le front polaire se déplace vers le nord en été, et vers le sud en hiver.

En fin d'hiver et en automne, il se situe généralement sur les zones tempérées, ce qui nous vaut des précipitations importantes.



Anticyclone et dépression

La pression atmosphérique n'est pas uniforme. La carte des lignes isobares (d'égale pression) permet de visualiser le « relief » de l'atmosphère. **Fig. 1** Nous voyons apparaître des creux, ou « dépressions », des vallées ou « talwegs », des « cols » unissant deux dépressions, des sommets ou « anticyclones » et des arêtes ou « dorsales ». **Fig. 2**

L'air se déplace pour tenter de combler ces « reliefs ». Un déplacement d'air (le vent) se produit des zones de haute pression vers les zones de basse pression. Notre ami Coriolis se charge de mettre tout ce beau monde en rotation. Plus les lignes de même pression sont rapprochées, plus le vent est fort, la direction du vent est presque parallèle aux lignes isobares, avec une petite composante en direction du centre de la dépression qui doit bien finir par se combler un jour.

- Vent fort dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour des dépressions.
- Vent faible dans le sens des aiguilles d'une montre autour des anticyclones.

Précisons enfin que l'ensemble du phénomène se déplace à environ 50 km/h en direction de l'est. **Fig. 3**

Pour plus de lisibilité, les lignes de front, et donc de conflit de masses d'air avec leur cortège de nuages associés sont représentées par un trait gras, avec des piquants pour les fronts froids et des demi-cercles pour les fronts chauds. Remarquez sur cette carte la présence d'un front froid secondaire à l'ouest de la perturbation, celui-ci n'est pas à négliger et pourra s'avérer très actif. **Fig. 4**

Par simplification, chaque secteur autour d'une perturbation porte un nom bien précis, tête, corps et traîne. Le ciel précédant l'arrivée du phénomène porte le nom de **ciel de tête**. Il est important de savoir identifier les nuages qui s'y trouvent car ils annoncent le mauvais temps. Ravoures, âne sur le mont Blanc, ciel pommelé et femme fardée sont de courte durée, lune qui boit, etc.

Le corps de la perturbation constitue la zone de mauvais temps, le passage des fronts, et souvent le passage dans la masse d'air chaud qui, souvent, caractérise la zone de mauvais temps. Après la pluie, le beau temps.

Le ciel de traîne et ses cumulus lumineux et esthétiques, bien que souvent encore actifs (pluie) notamment sur les Alpes, annonce le beau temps. Les perturbations n'aimant pas la solitude, le ciel de traîne et le ciel de tête se succèdent parfois rapidement dans des périodes de mauvais temps durable.

Fig. 5

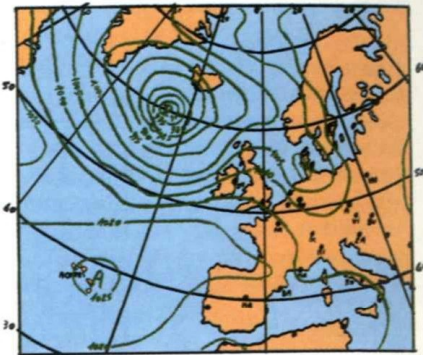


Fig. 1

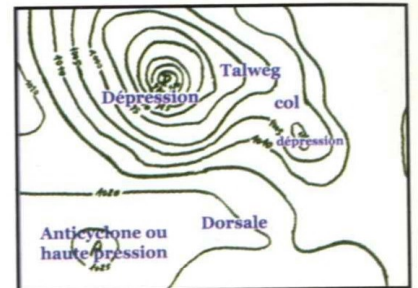


Fig. 2

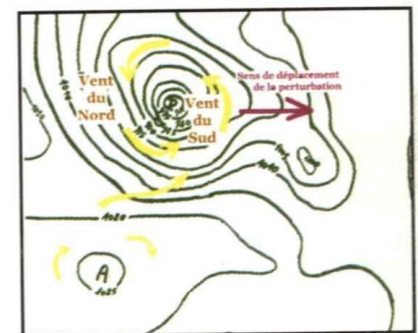


Fig. 3

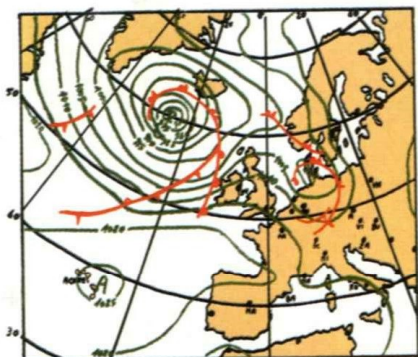


Fig. 4

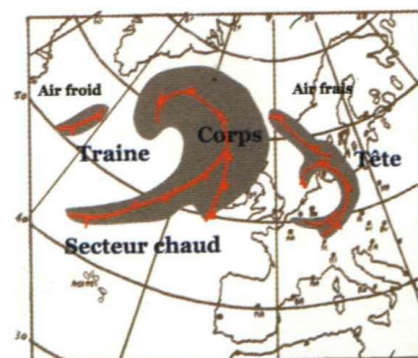
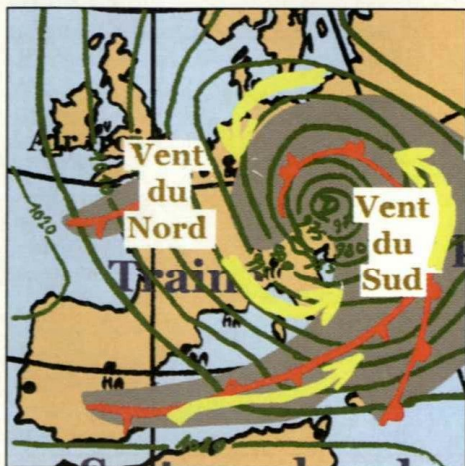
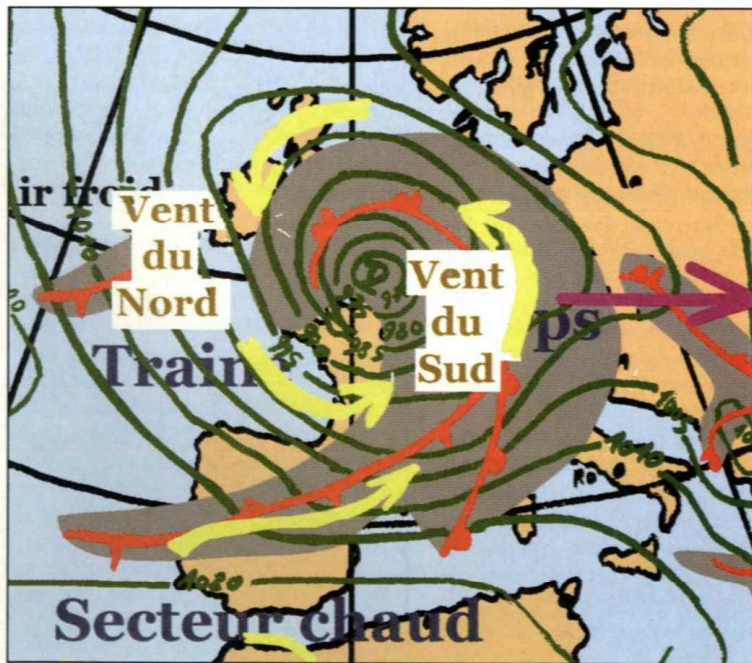
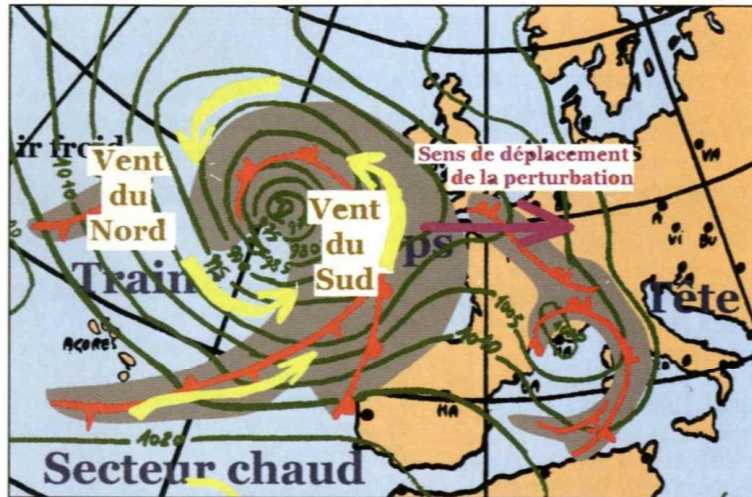


Fig. 5

2 - L'ORGANISATION GÉNÉRALE D'UNE PERTURBATION

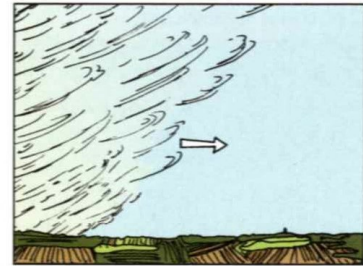
Imaginons-nous dans les Alpes, sur cette simulation du passage d'une perturbation toujours égale à elle-même au-dessus de notre pays :

- dans un premier temps, vent du Sud, ciel de tête et son cortège de nuages de haute altitude annoncent l'arrivée du phénomène.
- Mauvais temps, air chaud, vent tournant à l'ouest sur la deuxième image.
- Vent du Nord, éclaircies, ciel de traîne et cumulus en forme de balles de coton dans un troisième temps.



Le **ciel de tête précède la perturbation**. Il est important de savoir identifier les nuages qui s'y trouvent, car ils annoncent les mauvais temps. Ravoures, âne sur le mont Blanc, ciel pommelé. **Le corps de la perturbation** constitue la zone de mauvais temps, le passage des fronts, et souvent le passage dans la masse d'air chaud qui, souvent, caractérise la zone de mauvais temps. **Le ciel de traîne** et ses cumulus lumineux et esthétiques, bien que souvent encore actifs (pluie) notamment sur les Alpes, annonce le beau temps. Les perturbations peuvent se succéder rapidement. Ces schémas font abstraction du relief, il est évident qu'une perturbation qui rencontre une chaîne montagneuse n'en sera que plus active.

- Cirrus : aspect fibreux, fins cheveux blancs parfois assemblés en nappe mince, altitude minimum 6 à 8 km.



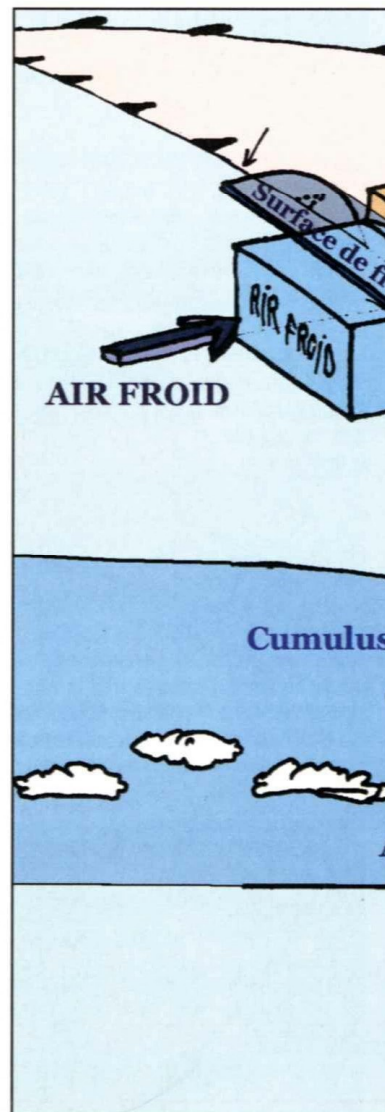
- Cirrostratus : voile transparent et blanchâtre couvrant presque entièrement le ciel et donnant lieu à des phénomènes de halo. 6 à 7 km d'altitude.



- Cumulo-nimbus : nuage d'orage par excellence, puissant, sommet parfois en forme d'enclume, vent violent, pluie, grêle, fort développement vertical (1 500 m à 8 000 m environ).



- Strato-cumulus : bancs de nuages en forme de dalle, gros galets, rouleaux, parfois d'aspect lenticulaire. Base à 2 000 m.



• **Cumulus** : nuages séparés à contour délimité, base horizontale à moins de 3 000 m, sommet en chou-fleur d'un blanc éclatant, générant parfois quelques gouttes.



• **Altocumulus lenticulaires et altocumulus bourgeonnants** : club des nuages moyens, soit bourgeonnants ou pré-orageux soit lenticulaires près des reliefs montagneux (le fameux âne du mont Blanc).



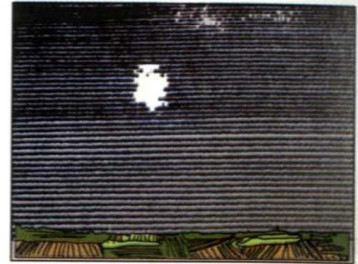
• **Altocumulus** : banc, nappe, couche de nuages blancs à gris en galets et rouleaux, base entre 2 500 et 5 000 m.



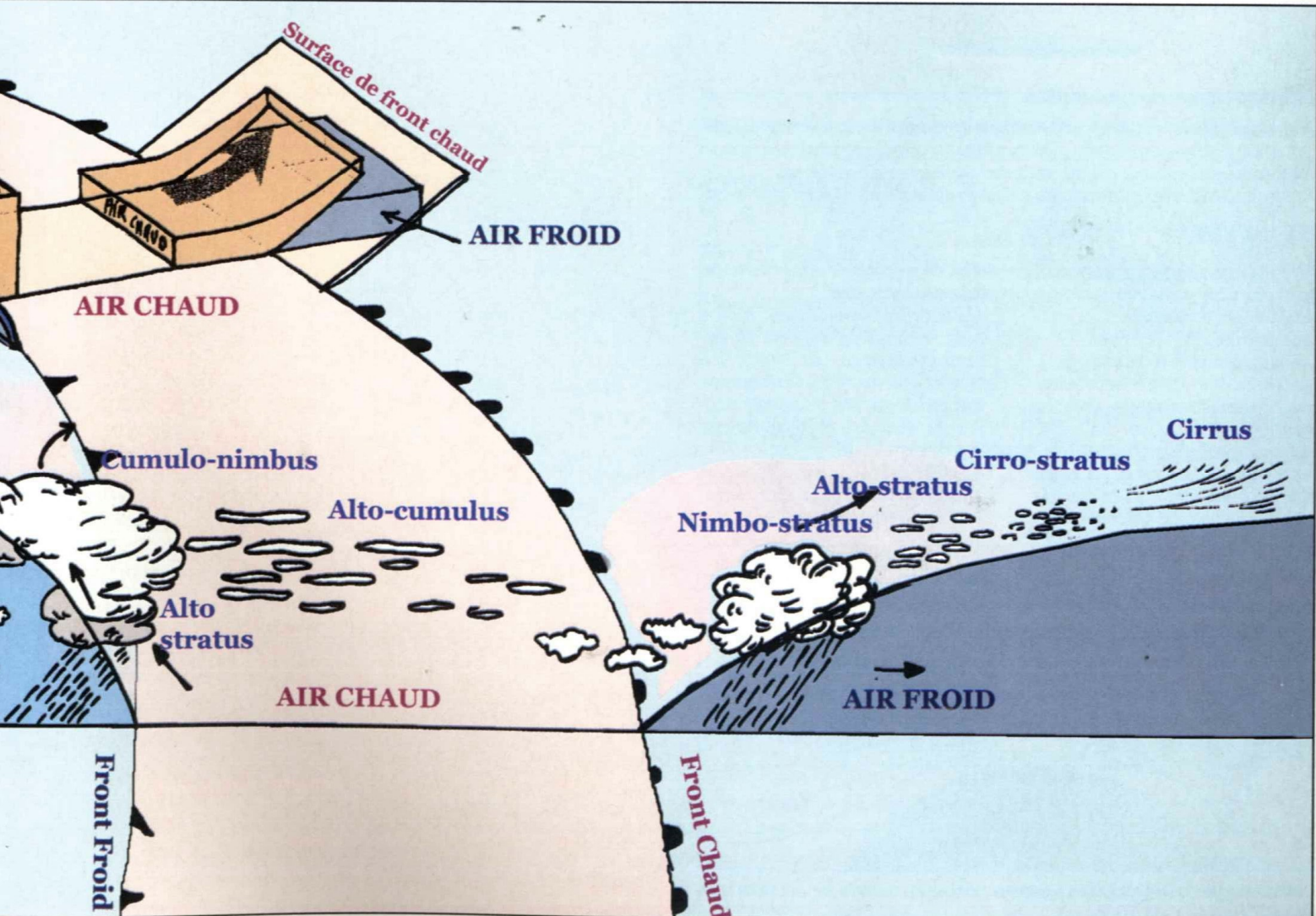
• **Stratus** : nuage dont la base rendue floue par la brume est souvent près du sol, couche mince uniforme et grise.



• **Altostratus** : couche grisâtre uniforme. Le soleil apparaît parfois comme au travers d'un verre dépoli. Ils peuvent être accompagnés de chutes de pluie ou de neige plus ou moins continues. Ce nuage couvre de grandes étendues. Base : aux alentours de 2 500 m et sommet vers 5 500 m.

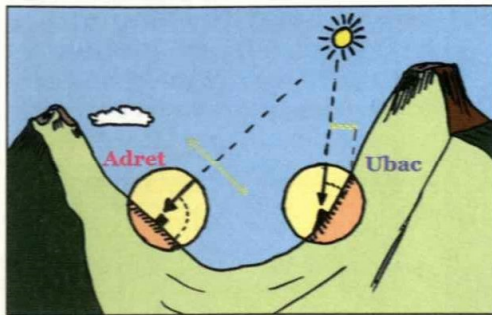


• **Le nimbo-stratus** est son petit frère de basse altitude et génère des précipitations importantes.



3 - LES PARTICULARITÉS DU CLIMAT DE MONTAGNE

On a vu que le relief jouait un rôle déterminant pour la météorologie, dans le passage d'une perturbation ou par l'effet de fœhn. À ce phénomène général, il faut ajouter quelques éléments particuliers. L'influence très locale du versant est fondamentale pour le



déclenchement des mouvements d'air thermique qui dégènèrent parfois sous la forme d'orage dans le cas d'une masse d'air humide et instable associée à un fort ensoleillement. La détection de nuages marqueurs de sommet de thermique dès le matin est un fort indicateur d'orage potentiel et, cela, sans que la présence d'une perturbation soit nécessaire.

L'inversion thermique de fond de vallée se produit souvent en hiver. Quand un air froid et lourd sédimente en fond de vallée, la température est alors plus importante en altitude qu'en plaine. Cette situation très stable peut durer longtemps, elle est responsable de la « couche sale » qui stagne dans les vallées polluées pendant les périodes de beau temps hivernal. En montagne, elle nous vaut souvent une splendide mer de nuages. Le vent qui descend le long des glaciers est un autre exemple de cette propension qu'à l'air froid à descendre.

L'isotherme 0 °C est la surface plus ou moins plane où tous les points de l'atmosphère sont à 0 °C. Cela ne signifie pas forcément qu'il va geler. En effet, selon le versant et la couverture nuageuse, des variations importantes sont possibles localement.



Le niveau de gel est au niveau de l'isotherme si la couverture nuageuse est importante (air humide) et si l'air est agité. Cette couverture limite le rayonnement dans les deux sens.

- Il s'abaisse sous l'isotherme si le ciel est clair la nuit avec vent faible et air sec.
- Il remonte au-dessus de l'isotherme le jour sur les versants ensoleillés si l'air est calme et sec.

Le vent en montagne et l'effet Venturi

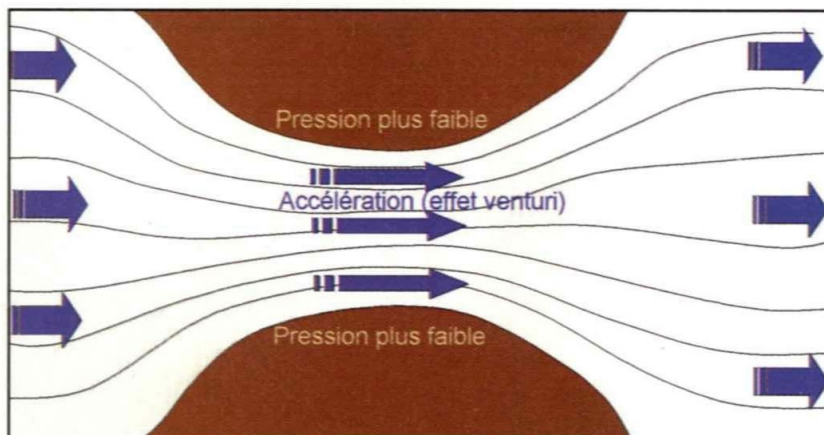
Le vent a tendance à contourner les reliefs sur le côté et par-dessus en dernier lieu, ce qui crée une accélération :

- au niveau des cols,
- au niveau des crêtes et des sommets,
- dans les fonds de vallée et les canyons.

Un effet secondaire est une dépression liée à l'accélération du flux. Celle-ci peut provoquer une condensation. Elle aggrave l'effet de fœhn éventuel et fait monter légèrement l'altimètre. *A contrario*, le relief est aussi un obstacle qui, lorsqu'il est

abordé perpendiculairement par le vent, va produire plusieurs effets :

- des turbulences dangereuses pour la navigation aérienne mais formant abri contre la violence du vent,
- un effet ondulatoire, dont les sommets sont parfois marqués par de splendides nuages lenticulaires (signe de vent important en altitude),
- n'oublions pas non plus que les plaques à vent sont des éléments durablement instables du manteau neigeux.



L'effet thermique du vent est aussi à prendre en compte. Par exemple, un vent de 40 km/h par - 5 °C équivaut à - 23 °C sans vent.