

Textes, schémas et photos Laurent Van Hille



Brumes et brouillards



Les nuages ne sont que des petites gouttes d'eau ou de glace en suspension dans l'air. La particularité des brumes et des brouillards, c'est qu'ils sont tous deux au niveau du sol. Comprendre la formation des brumes et des brouillards, c'est comprendre la formation de tous les nuages.

Je vais donc essayer, après quelques généralités, d'expliquer les différents types de brumes et brouillards, ainsi que les raisons de leur formation.

Qu'est-ce que la brume et le brouillard?

La brume et le brouillard ne sont qu'un seul et unique phénomène.

Ils ne sont rien d'autre que des nuages... Donc de fines gouttelettes d'eau ou de morceaux de glace en suspension dans l'air. Enfin dans presque tous les cas.

Mais la particularité de ces nuages, c'est qu'ils se forment au niveau du sol, rendant la visibilité difficile et souvent les conditions de vol ou de circulation dangereuses.

Et la différence entre brume et brouillard est directement liée à cette limite de visibilité.

Si la visibilité est comprise entre 1 et 5 km, il s'agit de brume. Mais si la visibilité baisse sous un 1km, alors c'est du brouillard.

Sur les cartes météo, on utilise les signes suivants pour les matérialiser :

	Brume
	Brouillard
\Rightarrow	Brouillard givrant
∞	Brume sèche (*)
S	Brume de sable (*)

(*) Il s'agit de brumes de particules solide ou lithométéores.

L'OMM (Organisation Météorologique Mondiale) définit la visibilité comme la distance la plus grande à laquelle un objet noir de dimensions appropriées peut être vu et identifié de jour sur le fond du ciel à l'horizon.

Quand il s'agit d'observations de nuit, c'est la distance à laquelle cet objet pourrait être vu et identifié si l'éclairement général augmentait jusqu'à atteindre l'intensité normale en lumière du jour.

Cette visibilité est encore appelée la **Portée Optique Météorologique** (POM)

Annexe sur la POM:

Le coefficient d'extinction de l'air, ou la POM, est mesuré principalement par des diffusomètres, qui mesurent la diffusion latérale de la lumière émise par le capteur dans un petit volume d'air situé devant le capteur. Leur portée va de quelques mètres à plus de 10 km (jusqu'à 60 km ou plus !), avec une incertitude de l'ordre de 10 à 20 % de la valeur mesurée.

Source visibilité:



2 Février 2020

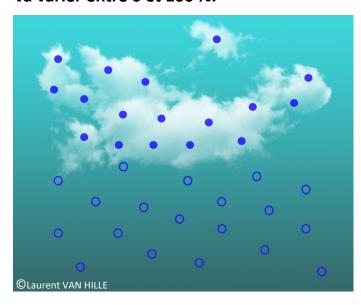
Humidité des masses d'air et nuages



Avant de commencer, voici quelques généralités sur les nuages qui nous aideront à mieux comprendre leur formation.

1° Vapeur d'eau et nuages :

L'air, qu'il soit au niveau du sol, au sommet de l'Everest, à l'Equateur, aux Pôles ou même sous la terre, renferme une certaine quantité d'eau. C'est le taux d'humidité qui va varier entre 0 et 100 %.



Tant que le pourcentage d'humidité est inférieur à 100 %, l'humidité est sous forme de vapeur d'eau et est donc invisible. A 100 % des gouttelettes d'eau ou des cristaux de glace autour de « noyaux de condensation », matérialisant ainsi le nuage.

- 2° L'air peut saturer en humidité (apparition d'un nuage) pour deux raisons :
- ⇒ On lui apporte de l'eau (humidité)
- ⇒ On diminue sa capacité d'absorption

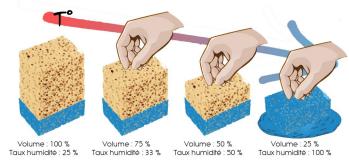
Pour mieux comprendre ces deux cas, nous allons imaginer que l'air est une éponge. Tant que celle-ci est en mesure de garder l'eau qu'elle contient, l'air n'est pas saturé. ET dès qu'une seule goutte s'en échappe, c'est qu'elle est saturée.

1er cas : le taux d'humidité augmente. Cela revient à faire couler de l'eau sur une éponge.



Ce cas arrive lorsqu'une masse d'air traverse une zone très humide, comme des marécages ou un plan d'eau. Elle se charge alors en humidité.

2ème cas : la capacité d'absorption diminue. Ici, on n'apporte pas d'eau à l'éponge, sa capacité varie en fonction de la température.



L'air est comme une éponge dont l'avidité en humidité augmente avec la température.

Ce qui signifie que plus une masse d'air est chaude, plus elle peut emmagasiner d'eau sous forme gazeuse.

A l'inverse, si on baisse régulièrement la t° d'une masse d'air, elle finira forcément par saturer et sa vapeur d'eau se transformera en gouttelettes d'eaux ou en cristaux de glace.

Exemples de la vie de tous les jours



Pour mieux comprendre, regardons ensemble quelques exemples que nous avons tous déjà vécu.

1° Quand on refroidit une masse d'air, elle finit par saturer en humidité.

Vous êtes sur la terrasse d'un café en été, ils fait 35° à l'ombre. Et vous commandez une bonne bière bien fraîche.

Le verre plein de bière fraîche et la bouteille qui sort du frigo refroidissent la masse d'air à son contact, un peu comme si on pressait sur une éponge. Et de l'eau apparaît sur le verre et la bouteille.



2° En montant l'air se refroidit.

En prenant de l'altitude, l'air en ascendance se refroidit à raison d'un degré par cent mètres. Et ce, quelle que soit la raison pour laquelle l'air monte. Ca peut-être parce qu'il est plus chaud que l'air ambiant (l'air chaud monte) ou parce qu'un relief le contraint à monter.

En montant, il se détend (la pression baisse), ce qui entraîne une baisse de t°. Et cette baisse de t° entraîne l'apparition d'un nuage.



3° Quand on ajoute de l'humidité à une masse d'air, elle finit pas saturer.

C'est le cas des avions de ligne. Ils volent à très haute altitude, dans des températures très négatives. Mais l'air n'est pas saturé avant leur passage.

A la sortie des réacteurs, l'avion rejette entre autre de l'humidité, qui avec ce grand froid condense.

On voit très bien sur cette photo que l'air n'est pas condensé à la sortie du réacteur, mais un peu après, lorsqu'il se mêle à l'air froid.



Le brouillard de rayonnement









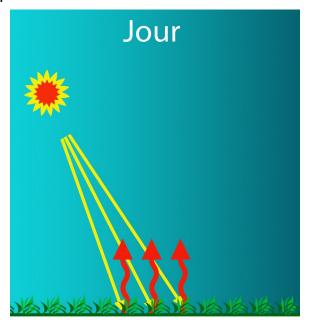


Le brouillard de rayonnement



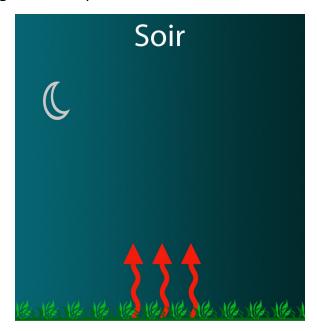
La terre émet, de jour comme de nuit, des rayons infra-rouges (de la chaleur) vers l'atmosphère.

La journée, cette perte d'énergie thermique est compensée par le rayonnement solaire qui réchauffe le sol.

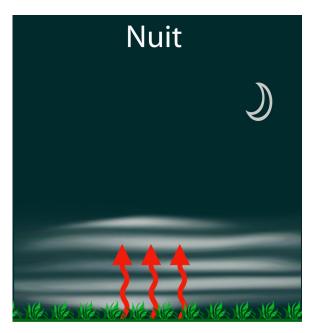


Mais dès que le soleil se couche, l'apport calorique disparaît, alors que le rayonnement infrarouge continue.

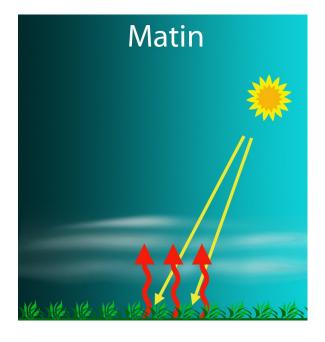
La température du sol diminue durant toute la nuit, atteignant son point le plus froid légèrement après le lever du soleil.



L'air en contact avec le sol se refroidit sur une épaisseur de 1 à 20 mètres et condense. C'est l'apparition du brouillard.



Lorsque le soleil réapparaît, il réchauffe à nouveau le sol qui retransmet cette chaleur par conduction à l'air à son contact. Et ce dernier par convection réchauffe les strates supérieures. C'est la raison pour laquelle ce brouillard de rayonnement disparaît par le bas dès les premiers rayons du soleil réchauffant le sol.



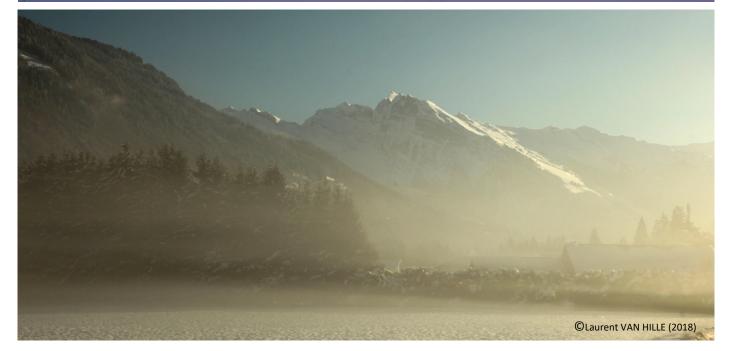
Le brouillard d'advection



Le brouillard d'advection se crée par déplacement d'une masse d'air chaude et humide au-dessus d'une zone plus froide comme ici, de la neige (mais ce phénomène peut arriver sur les côtes avec de l'air marin).

En se refroidissant l'air sature en humidité.

©Laurent VAN HILLE (2019)





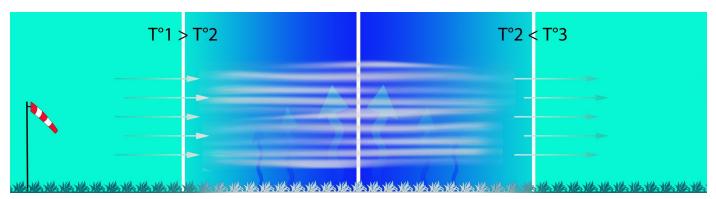
Le brouillard d'advection



En météorologie, l'advection est le déplacement horizontal d'une masse d'air. Lorsqu'une masse d'air chaude et chargée en humidité est refroidie, elle condense... un nuage apparaît!



Le brouillard d'advection apparaît lorsqu'une masse d'air chaude et humide se déplace horizontalement vers une zone plus froide. Comme le montre le schéma ci-dessous, au contact de la neige, la masse d'air se refroidit et condense.



Pour qu'un brouillard d'advection apparaisse, il faut que quelques conditions soient réunies. La masse d'air doit être en mouvement entre 2 et 20 m/s. Elle doit venir d'une zone humide et plus chaude d'environ 10° que la zone froide traversée.

Le brouillard d'advection a une épaisseur qui varie entre 20 et plusieurs centaines de mètres selon l'endroit. En plaine, la zone de refroidissement est horizontale, ne permettant pas un refroidissement sur une grosse épaisseur. Mais dans une vallée, ou le long d'un relief, la zone de refroidissement permet une condensation sur une plus grande épaisseur.

8

Le brouillard d'advection disparait comme il s'est créé en quittant la zone froide.

Le brouillard d'évaporation



C'est certainement le brouillard qui offre les plus belles photos.
Ce phénomène arrive lorsque l'évaporation d'un plan d'eau est rendu visible par la masse d'air froide dans laquelle il évolue.
En effet, au contact de l'air froid, il y a saturation.





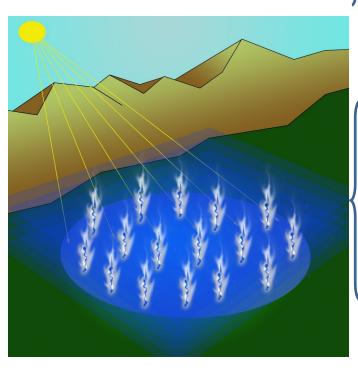


Le brouillard d'évaporation



Pour qu'il y ait brouillard d'évaporation, il faut qu'il y ait évaporation ! Donc que l'eau passe de l'état liquide à l'état gazeux. Imaginons un lac exposé au soleil. Son eau de surface va chauffer et lentement s'évaporer (un peu comme un thermique, de l'air chaud et humide s'élève au-dessus de la surface de l'eau)

Cette évaporation, invisible à l'œil nu, entraine une augmentation du taux d'humidité juste au-dessus de la surface de l'eau.

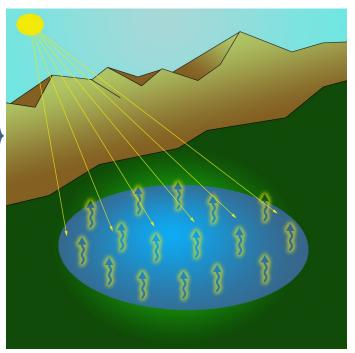


Ce phénomène existe aussi avec de l'eau en mouvement, comme dans le cas d'une rivière ou de la mer.

Tout au long d'un cours d'eau, il y a évaporation.

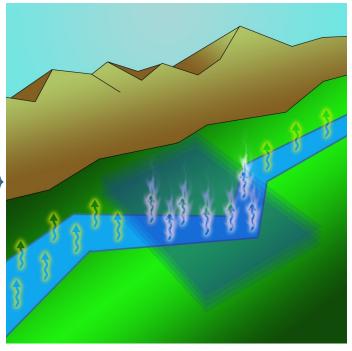
Et comme pour le lac, l'évaporation devient visible dès que le cours d'eau traverse une zone froide.

En général, les zones froides sont toujours situées aux mêmes endroits.



Si le taux d'humidité de l'air est important et que ce dernier est refroidi par contact avec un air plus froid (d'au moins 10°), il est fort probable que l'air humide en ascension condense et qu'apparaissent des fumeroles d'évaporation.

Elles resteront tant que la différence de t° sera importante.



Le brouillard adiabatique (de pente)









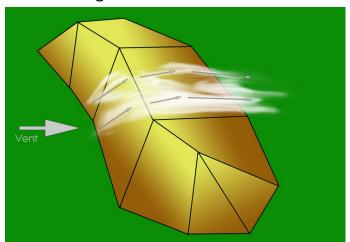
Le brouillard adiabatique (de pente)





Cette magnifique photo d'un effet de foehn sur le Mont Blanc donne l'impression que le nuage est immobile. Ce n'est pas le cas ! En réalité, il s'agit d'un nuage qui se crée à partir de 70 à 80 km/h de vent.

L'air arrivant d'un côté est contraint par le relief à monter. Et comme expliqué précédemment, lorsqu'une masse d'air s'élève, sa pression diminue et sa température aussi. Lorsque la température est suffisamment froide, la masse d'air sature et il y a apparition de nuage.



Sous le vent du relief, l'air se remet à descendre et le nuage disparait. C'est le trajet linéaire et rapide des molécules d'air saturées qui donnent cette forme spécifique à ce nuage.



Mais la détente adiabatique peut aussi apparaître sous le vent d'un relief. Ici, le vent en arrivant à la crête voit sa pression diminuer d'un coup. Et donc sa température baisse à cet endroit. Si la masse d'air est suffisamment humide, il y a formation de nuage.

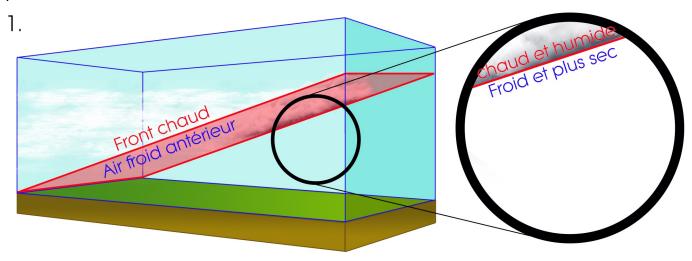
Le brouillard frontal



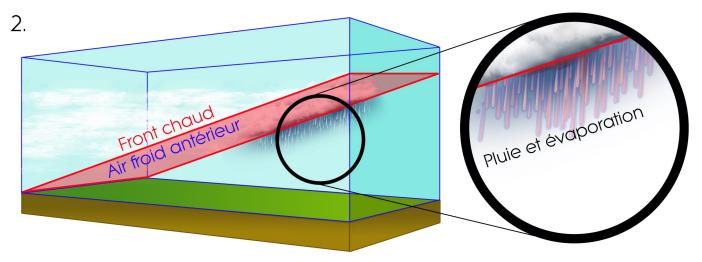
Je parie que comme moi, vous n'en aviez pas entendu parlé avant cet article?
Pourtant ça existe et le phénomène est intéressant. Il débute avec de l'eau, transformée en vapeur d'eau, pour re-condenser en nuage.



Tout d'abord, nous allons « planter le décor ». Il faut imaginer un front chaud qui glisse sur l'air froid antérieur. Donc de l'air chaud et humide qui passe par-dessus l'air froid qui le précède.



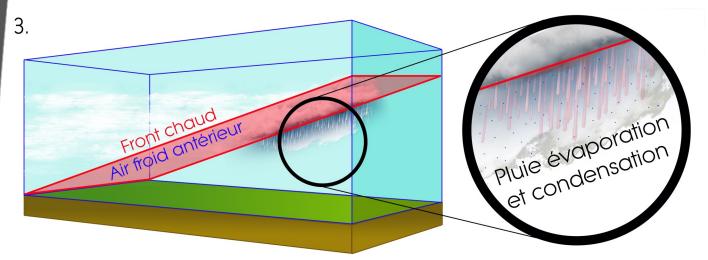
En montant, l'air chaud se refroidit et il sature... jusqu'à ce qu'il pleuve. La pluie issue du front chaud va traverser l'air froid antérieur et s'évaporer (L'évaporation se produit à des température tout à fait naturelles. Il n'est pas nécessaire de chauffer l'eau). Cette évaporation va entraîner une augmentation du taux d'humidité de l'air froid antérieur.



A ce stade, il n'y a pas encore d'apparition de nuage sous la surface frontale.

Le brouillard frontal





Un moment donné, l'air froid antérieur traversée par la pluie va saturer en humidité et des gouttelettes vont se former, issue de l'évaporation de la pluie provenant du front chaud. Ce phénomène n'est pas très fréquent. En tous cas, moi je n'ai jamais réellement vu de brouillard frontal devant un front.

Mais il existe un phénomène assez proche. Celui du rideau de pluie qui descend dans un air déjà presque saturé. On devine la pluie au milieu d'un nuage aux contours flous. Le phénomène est le même : de la pluie qui s'évapore dans l'air qu'elle traverse, entraînant une saturation de ce denier.

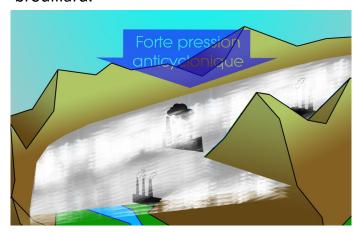


Le brouillard de pollution



Il est constitué de rejets issus de l'industrie, de nos chauffages, de nos voitures... et est principalement composé de particules fines et d'ozone(*), issue de la transformation photochimique de monoxyde et dioxyde d'Azote.

Les brouillards de pollution, comme la plupart des brouillards, sont favorisés par des conditions fortement anticycloniques, du vent très faible, voir nul. Le faible renouvellement de l'air permet alors une forte accumulation de particules fines, jouant le rôle de noyaux de condensations. Plus il y en a, plus la formation de brouillard est favorisée. A la moindre saturation... Il y a brume ou brouillard.



Comme sur le schéma ci-dessus, les montagnes bloquent toute circulation horizontale de l'air, tandis que les hautes-pressions écrasent la masse d'air vers le bas et enferment toutes les particules polluantes en basses couches.

Le côté visible du brouillard de pollution est bien sur en grande partie du à l'eau qui condense sur les nombreux noyaux de condensations, à la concentration de suies issues de la combustion industrielle, mais aussi à une concentration plus ou moins importante de NO2 (brunâtre).



(*)pas l'ozone qui nous protège du soleil dit stratosphérique, mais l'ozone troposphérique qui nous empêche de respirer, nous pique les yeux, la gorge et les poumons.

La vallée de l'Arve, connue pour ses sanatoriums à Passy, St Gervais... est aujourd'hui une des plus polluée de France.



duel (au bois entre autre), aux transports routiers, à l'incinérateur de déchets...

Cas particulier N°1 : Le brouillard givrant



Il s'agit en général d'un brouillard de rayonnement, mais dont la t° baisse en-dessous de zéro degré. La vapeur d'eau condense alors en gouttelettes d'eau « surfondues » et non en cristaux de glace comme le voudrait la logique.

Les gouttelettes d'eau surfondue ont besoin du contact d'un objet pour se transformer en glace. Cet objet peut-être aussi petit qu'une poussière, un micro-grain de sable... qui servira de « noyau glacogène actif ». A peine en contact avec ce noyau, les gouttelettes d'eau se transforment en cristaux de glace.



Les végétaux, clôtures, voiture, sont givrés. Ce givre peut aller de quelques millimètres à plusieurs centimètres.



Rien de très particulier donc, si ce n'est cet état de « surfusion ».





Comprendre la surfusion en vidéo

Cas particulier N° 2 : La végétation





La végétation est très souvent une source d'humidité. Mais à elle toute seule, elle suffit rarement à créer un nuage.

- ⇒II faut que la masse d'air contienne un taux d'humidité important.
- ⇒Il faut que la végétation soit chargée en humidité (un peu comme après une nuit de pluie)
- ⇒Il faut que la t° de la masse d'air ne soit pas trop élevée (proche de la saturation)
- ⇒Il faut qu'il y ait un petit peu de vent (ou tout au moins que la masse d'air se déplace en contact avec la végétation)

Mais lorsque toutes ces conditions sont réunies, on peut voir ces jolis mélanges végétation et nuages qui ne sont rien d'autres que des brouillards d'évaporation.



Cas particulier N°3 : la « casquette »



Petit complément d'informations sur les bancs de brouillards accrochés aux reliefs en cours de matinée.

Un phénomène bien embêtant pour les libéristes.

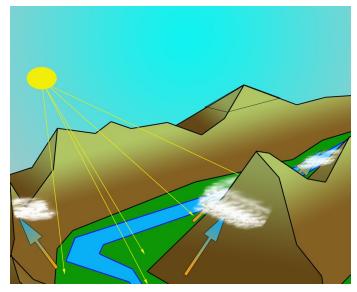
Ce phénomène arrive généralement après une nuit pluvieuse en automne ou au printemps. Lorsque la température est encore fraiche en altitude.

Le matin, le sol est humide. Mais l'air audessus l'est beaucoup moins. Avec l'apparition du soleil, des ascendances se mettent en place. Elles sont composées d'air chaud et très chargé en humidité, du fait de l'humidité accumulée au sol.

En s'élevant, l'air se détend. Ce qui entraîne une baisse de la température de la masse d'air en ascendance. Cette baisse de température, associée à une colonne d'air très chargée en humidité entraine la saturation de la masse d'air et donc la formation d'un nuage cumuliforme.

Ce phénomène existe aussi en plaine et entraine des formations de cumulus. Mais en montagne, la masse d'air ascendante a tendance à longer le relief et donc à former un nuage contre lui.

Ce brouillard est à la fois un brouillard adiabatique, puisque la masse d'air en ascendance se refroidit. Mais la formation de bancs de nuages accrochés aux reliefs en milieu de matinées est typiquement du à des ascendances d'air chargés par de l'humidité du sol... raison pour laquelle je la place plutôt dans les brouillards d'évaporation.









Cas particulier N°4 : couche d'inversion

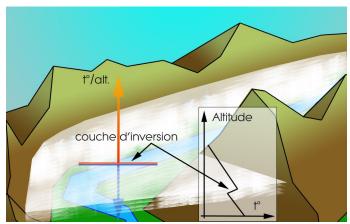


Les couches d'inversion en montagne offrent (souvent en hiver) un spectacle de mers de nuages magnifiques.



Ce phénomène se produit lors de périodes anticycloniques (haute pression). La pression exercée par la masse d'air vers le bas crée une zone plus chaude due à la compression des molécules d'air.

L'air sous la couche d'inversion est enfermée dans la vallée, avec son humidité. La nuit, le sol se refroidit (phénomène d'advection) jusqu'à saturation en humidité. Une mer de nuage se forme.



Plus le gradient de t° est important, plus elle s'accrochera au relief.

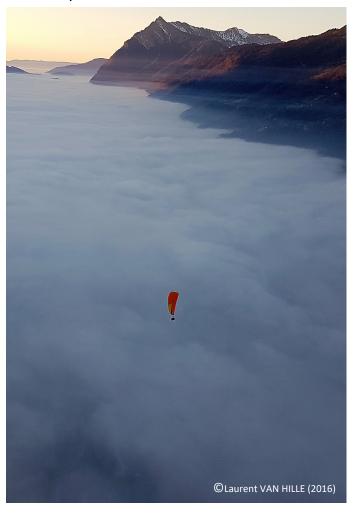
Il n'est pas rare de voir cette couche de nuage couvrir une vallée pendant plusieurs jours, voir plusieurs semaines.

Il fait alors très froid sous la couche et sensiblement plus chaud au-dessus Tant que l'anticyclone est installé, la mer de nuage restera... au moins le matin.

Elle peut disparaître en cours de journée sous l'effet du soleil qui petit à petit va dissiper par évaporation les nuages.



Une fois « percée », elle se retire lentement pour souvent revenir le soir avec la baisse des températures.



Synthèse



Le **brouillard de rayonnement** provient du refroidissement du sol la nuit, ce dernier n'étant plus réchauffé par les rayons du soleil, mais émettant en permanence des rayons infrarouges vers le ciel.

A son contact, la masse d'air se refroidit et condense. Ce brouillard disparait avec l'apparition du soleil.



Le **brouillard d'advection** apparaît lorsqu'une masse d'air chaude et humide entre en contact par déplacement horizontal avec une surface plus froide. L'air se refroidit alors au contact du sol et condense. Le brouillard d'advection disparaît lorsque la masse d'air quitte la zone froide.



Le **brouillard d'évaporation** apparaît audessus des plans ou des cours d'eau lorsqu'il fait froid et que le gradient de t° entre l'eau et l'air est de plus de 10°.

L'évaporation habituellement invisible est alors visible grâce à la condensation de l'air en ascension.



Brouillard adiabatique, ou de pente. Il se forme le long des pente, lorsque l'air est contraint par le relief de monter. La montée en altitude de la masse d'air refroidit cette dernière qui finit par saturer.



Le **brouillard frontal** est plus rare, mais intéressant à analyser. Il provient de précipitations chaudes qui s'évaporent dans une masse d'air froide et finissent par la saturer.



Le **brouillard de pollution** provient de l'activité humaine. Il est favorisé par des conditions anticycloniques et des reliefs bloquant son évacuation.



Synthèse



Le **brouillard givrant** est souvent un brouillard de rayonnement, mais à des températures négatives. Les gouttelettes d'eau ont alors besoin d'un support pour cristalliser.



Brouillard d'évaporation par la végétation.

Vous avez vu « Gorille dans la brume » ? Dans les forêts des « mille collines » la végétation est une réserve d'humidité.



La casquette mérite sa petite explication. Ce phénomène de montagne trouve son explication dans le brouillard adiabatique et d'évaporation.



Et la couche d'inversion qui est aussi plus facile à observer en montagne et qui est plutôt une forme de brouillard adiabatique





Bibliographie et liens utiles



Liens intéressants :

- ⇒ La formation d'un nuage d'un point de vue moléculaire par « C'est pas Sorcier »
- ⇒ Différence entre évaporation et ébullition par « <u>couleur-science.eu</u> »
- ⇒ Un dossier assez clair sur la <u>formation des nuages</u>, leurs types, et quelques cas particuliers, dont les brouillards
- ⇒ Une petite <u>vidéo sur le brouillard</u>. Simple et complet. Il explique plusieurs phénomènes locaux.

Remerciements:

Guénaëlle Bellégo: suivi, relectures, corrections

Éric Ezingeard : crédit photos

Laurent Gothuey: relecture, améliorations et crédit photos

Thibaut Michalet: relecture, améliorations, apport technique et corrections

Lionel Pascale: crédit photos

Nicolas Van Hille: relecture et conseils techniques

Daniel Woldrich: relecture, améliorations

Bibliographie:

- ⇒ Le brouillard par Météo France
- ⇒ Visibilité météorologique par encyclopédie environnement
- ⇒ Les traînées d'avions par Astrosurf
- ⇒ L'ozone troposphérique par éducation Météo France

