

La météo du Léman

Les situations météorologiques les plus communes et
les régimes de vents associés

MétéoSuisse – Office fédéral de météorologie et de climatologie

Lionel Peyraud

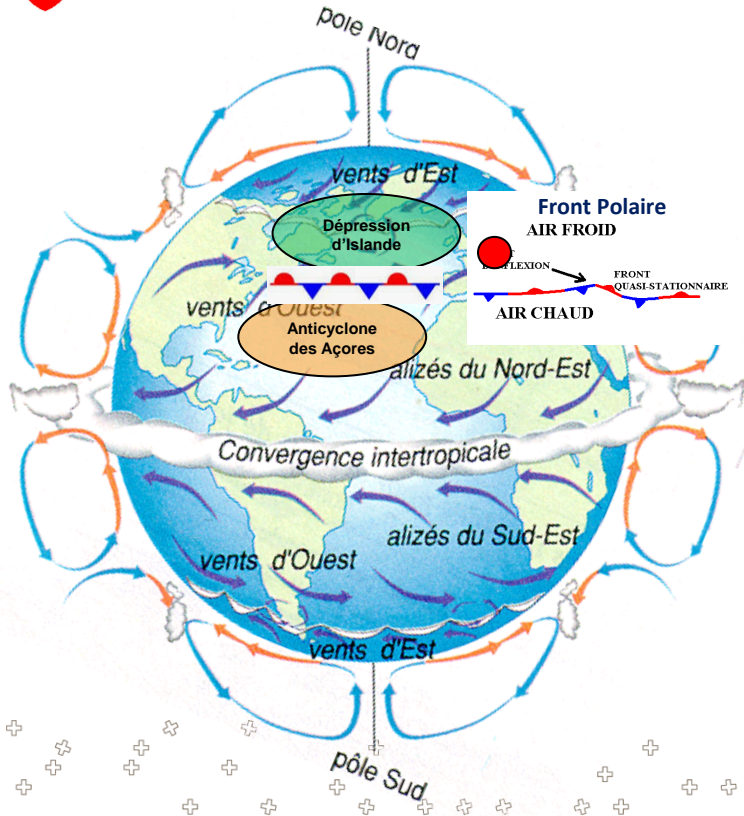


Aperçu

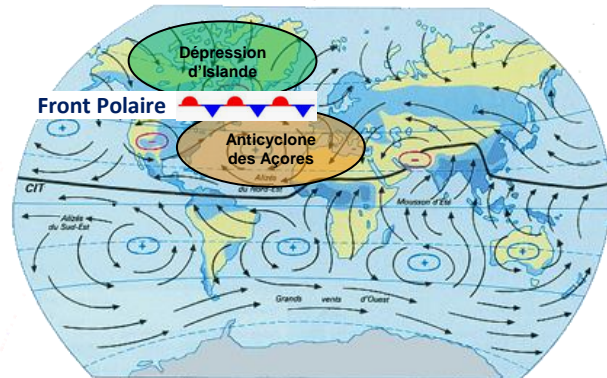
- Circulation générale de l'atmosphère et différents types de masses d'air
- Situations météos typiques affectant la Suisse et les plans d'eau (Léman)
- L'observation des nuages et les situations orageuses
- Phénomènes orageux particulièrement dangereux avec exemples
- Quelques conseils pour mieux anticiper les phénomènes météos dangereux
- Le dispositif des avertissements lacs et son renouvellement



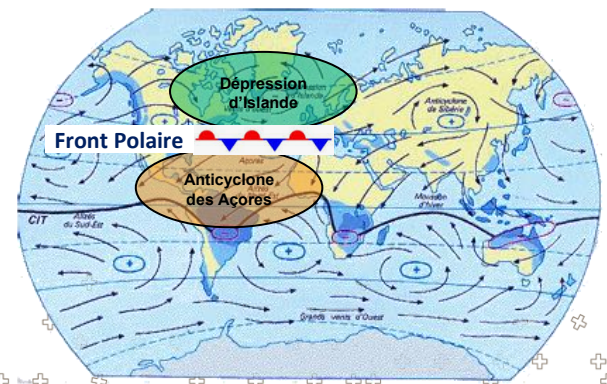
Circulation Générale de l'Atmosphère



Été : Juillet



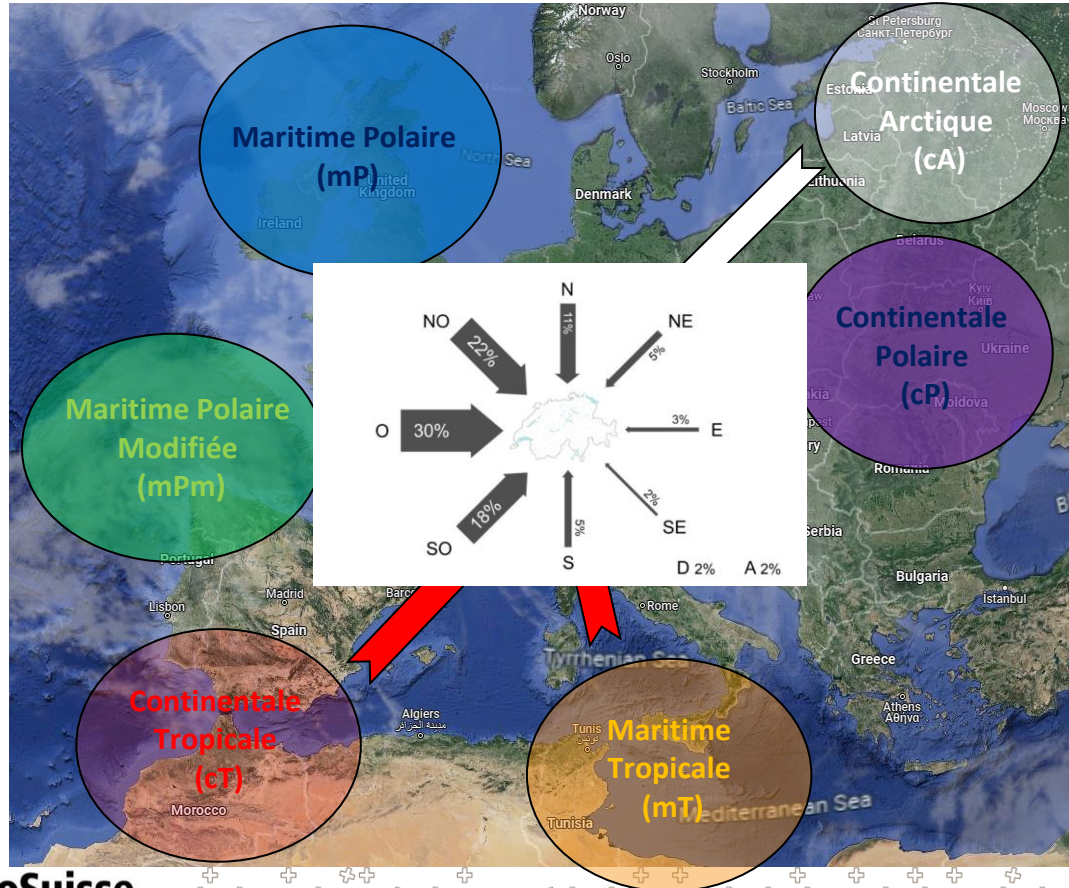
Hiver : Janvier



MétéoSuisse



Fréquence des différents types de masses d'air en Suisse

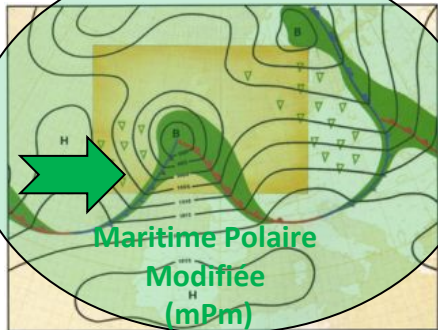


MétéoSuisse

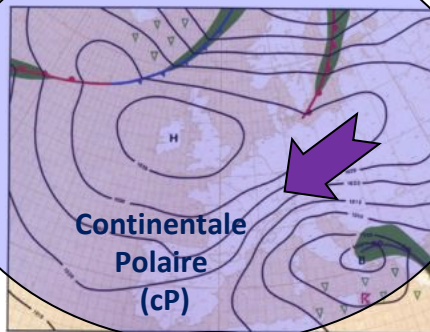
Situations météo typiques affectant la Suisse



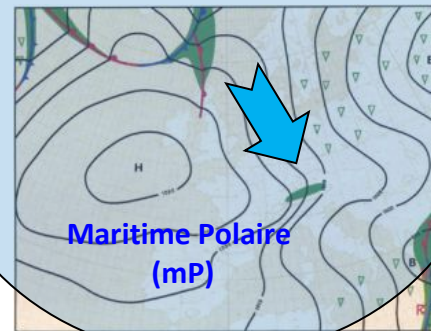
Courant d'ouest



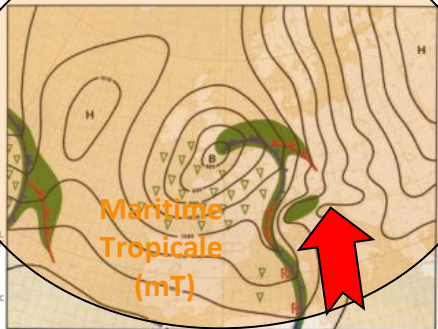
Courant de NE



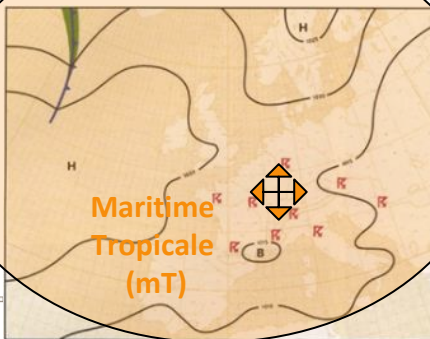
Nord : barrage NW
Sud : Foehn du nord



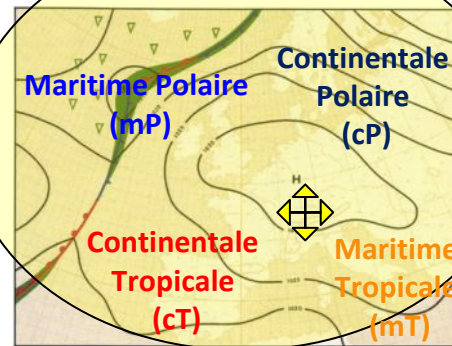
Nord : Foehn du sud
Sud : barrage du sud



Marais barométrique

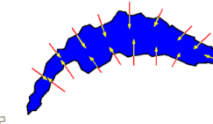
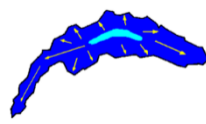
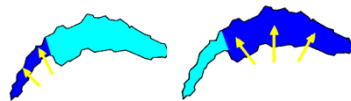
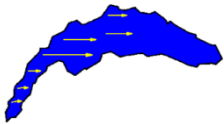
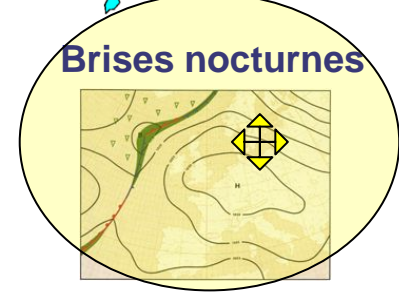
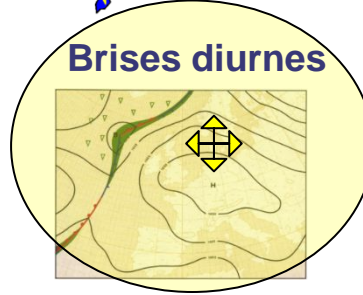
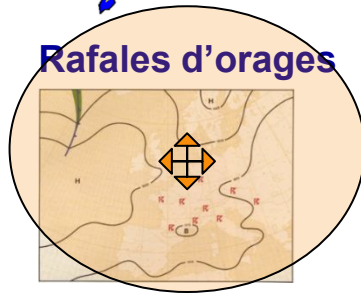
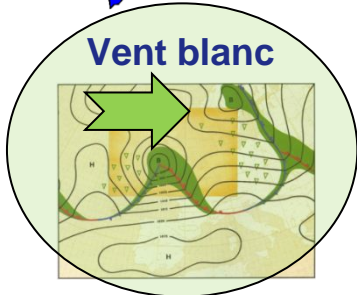
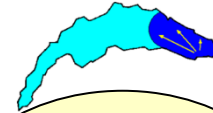
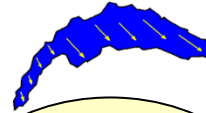
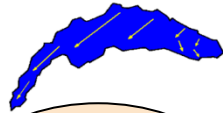
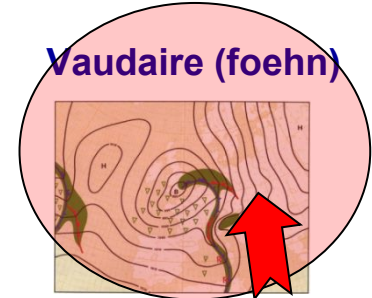
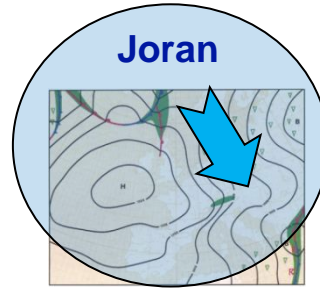
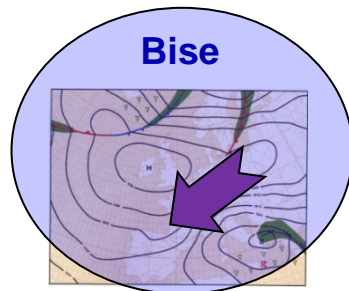
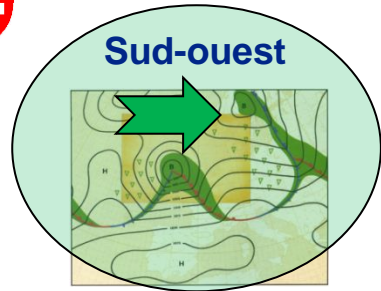


Situation de haute-pression



MétéoSuisse

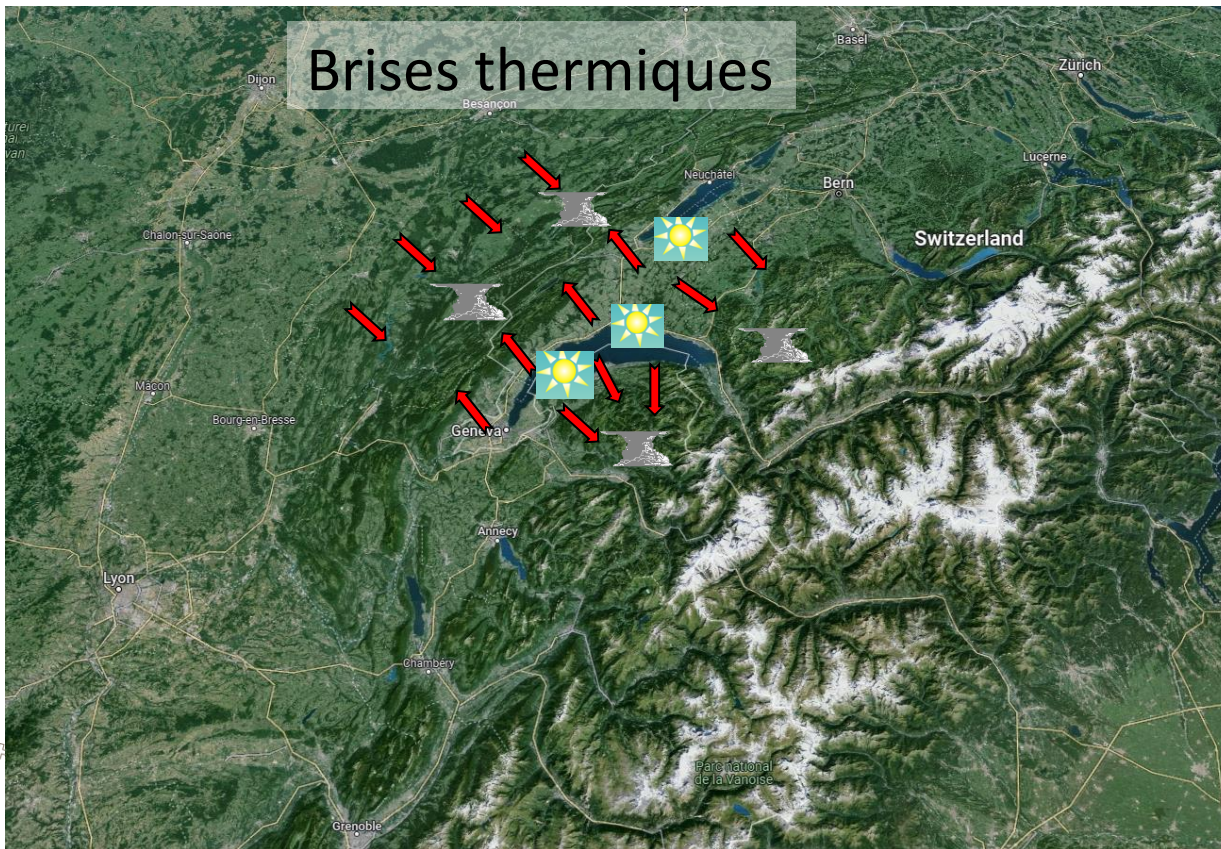
Vents typiques associés à ces régimes météorologiques



MétéoSuisse



Systeme des vents complexe autour et sur le Léman



MétéoSuisse

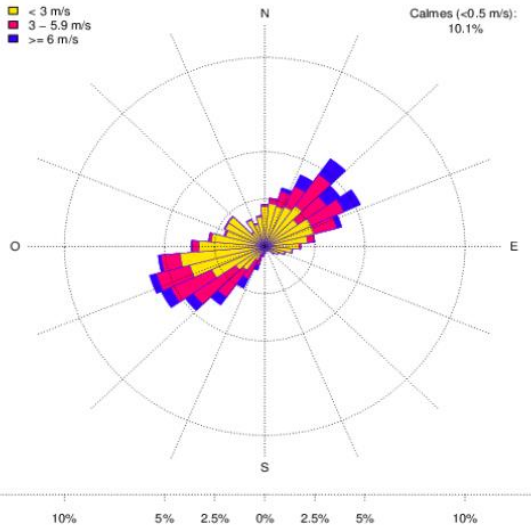
Les différents vents sur le Léman

- Les roses des vents de Genève, Pully et Aigle

Genève aéroport

Rose des vents moyens
(calculée en moyennes horaires de la vitesse du vent)

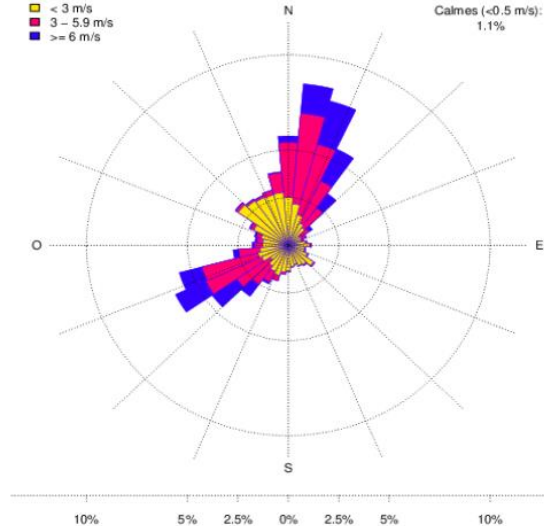
Station Genève / Cointrin, 01.01.1994 – 31.12.2023
Altitude: 416 m s. mer Hauteur de mesure: 10 m s. sol Coord. CH: 2'49'473 / 1'122'752



St. Prex

Rose des vents moyens
(calculée en moyennes horaires de la vitesse du vent)

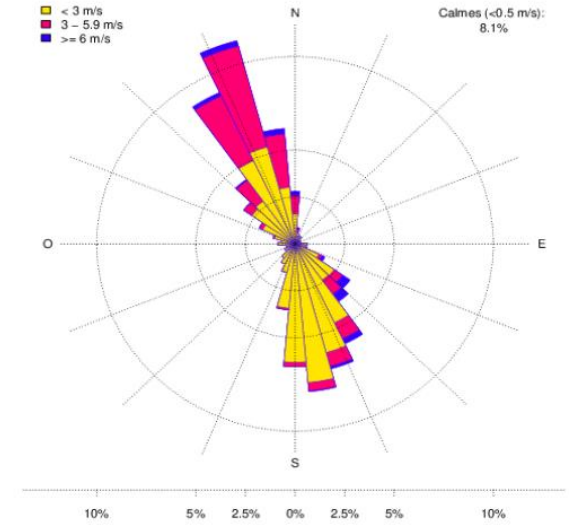
Station St-Prex, 01.01.1994 – 31.12.2023
Altitude: 425 m s. mer Hauteur de mesure: 10 m s. sol Coord. CH: 2'523'548 / 1'148'525



Aigle

Rose des vents moyens
(calculée en moyennes horaires de la vitesse du vent)

Station Aigle, 01.01.1994 – 31.12.2023
Altitude: 381 m s. mer Hauteur de mesure: 10 m s. sol Coord. CH: 2'560'402 / 1'130'719

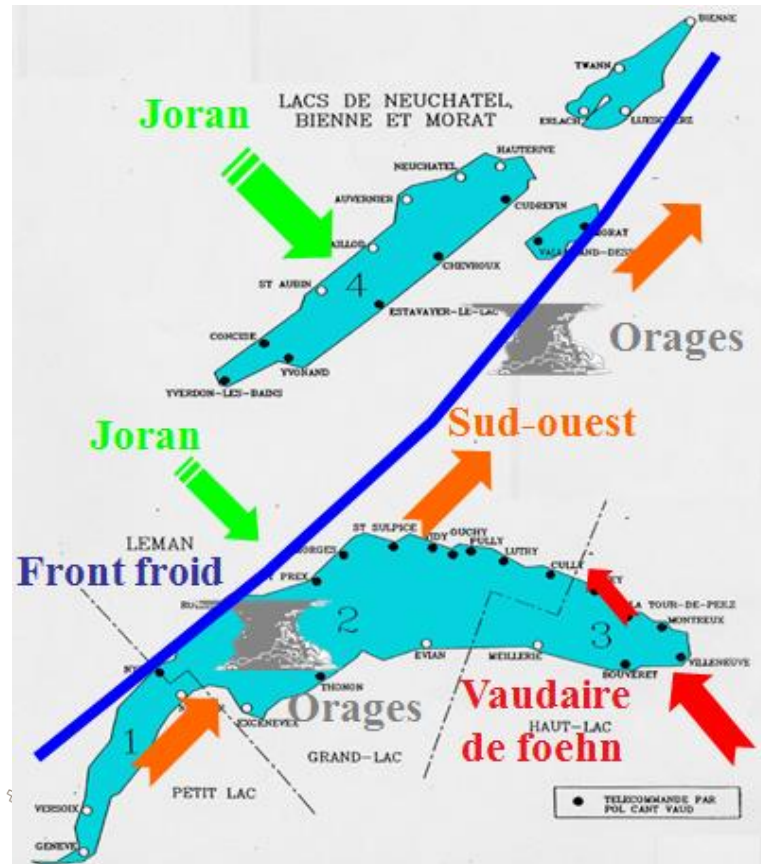




Système des vents complexe autour et sur le Léman

Vents de gradient

Evolution typique des vents à l'avant, au passage et à l'arrière d'un front froid



MétéoSuisse

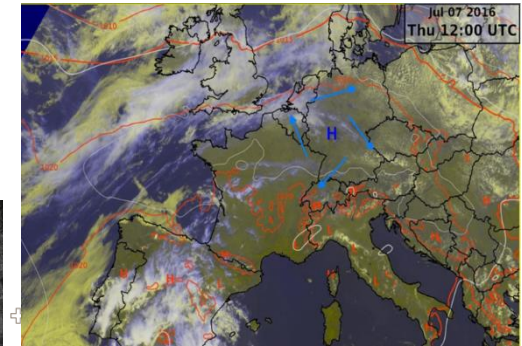
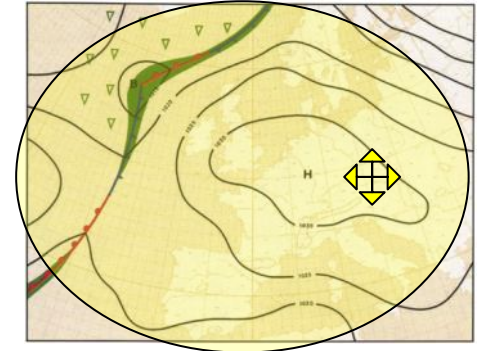


Situation de Haute-Pression (Anticyclonique)

Situation de haute-pression

Conditions anticycloniques

- Régime : régit pas un affaissement de l'air (subsidence)
- En été : ciel dégagé, ensoleillé, chaud, cumulus de beau temps
- En hiver : ciel dégagé en montagne, lac d'air froid en plaine
- Gradient de pression (vent de gradient) : faible ou nul
- Vent : faible et variable 5-15 km/h (régime de brises thermiques)
- Il existe les brises diurnes (en journée) et brises nocturnes (la nuit)
- La mise-en-place de ces brises nécessitent un ciel dégagé
- D'innombrables brises existent autour du Léman (diurnes et nocturnes)

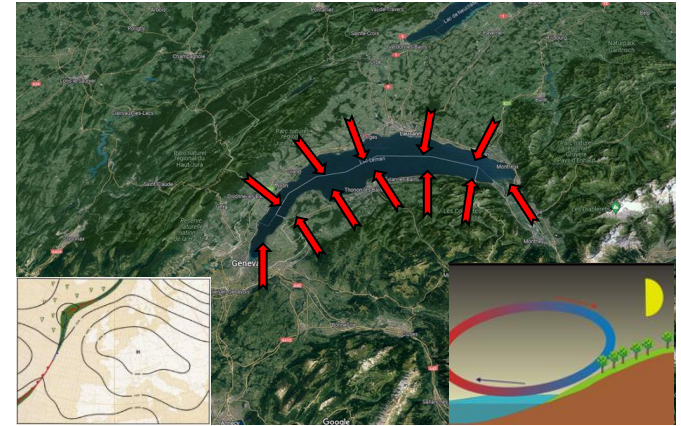


MétéoSuisse

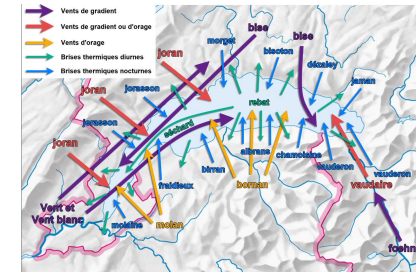
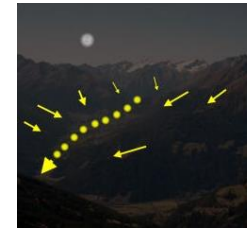
Les brises nocturnes

De nuit (de terre; de montagne) Le Morget - Le Bisoton - Le Dézaley - Le Jaman - Le Vauderon - Les Albrans - Le Birran - La Molaine - La Fraidieu - Le Jorasson

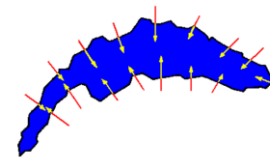
- Direction : depuis les terres en direction du lac
- Très nombreuses (à chaque débouchée de vallée et varient selon l'irrégularité du terrain)
- Typiquement très faible (plus faible que brises de jour) et soufflent le soir/la nuit
- Rafraîchit les navigateurs sur le lac (l'air reflète souvent la température des crêtes)
- Elles sont souvent moins critiques pour les régates
- N'opèrent pas lorsque les vents de gradient dominant
- Comment anticiper les brises nocturnes?
 - sont souvent actives entre 20h-8h, plus fortes en saison chaude et par ciel dégagé et convergent vers le milieu du lac en s'écoulant depuis les terres et canalisé par le relief avoisinant



Brises de montagne

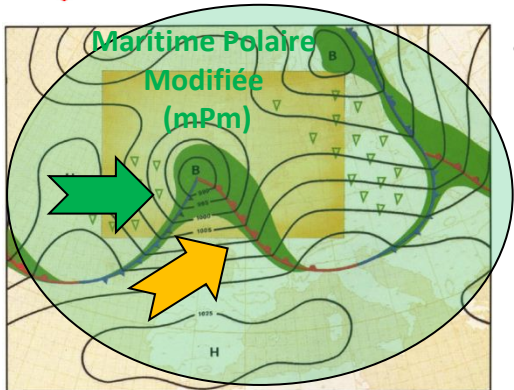


Brises nocturnes

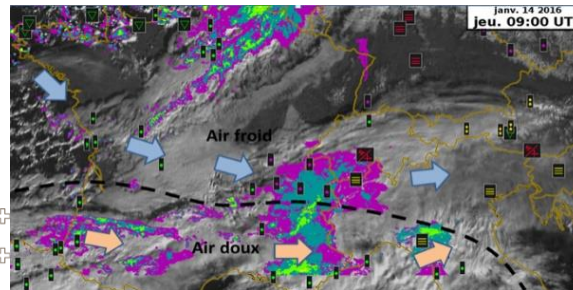
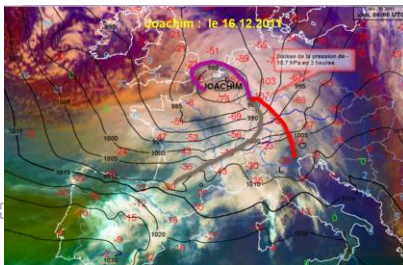
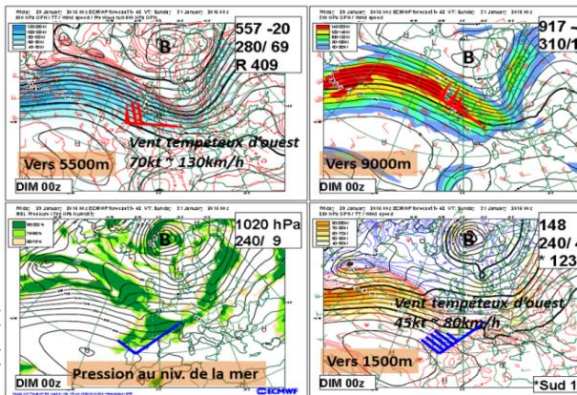




Le courant zonal / courant d'ouest



- Conditions météo dominantes :
 - Courant perturbé par excellence (air maritime polaire modifié / mT/cT)
 - Temps très changeant alternant embellies et passages frontaux
 - Venteux par définition, autant en plaine qu'en montagne (gradient de pression conséquent)
 - Forte variation de pression et de température entre l'avant et l'arrière des zones frontales
 - En été : courant susceptible de favoriser des perturbations pluvio-orageuses
 - En hiver : courant susceptible de favoriser des tempêtes de vent d'ouest



MétéoSuisse

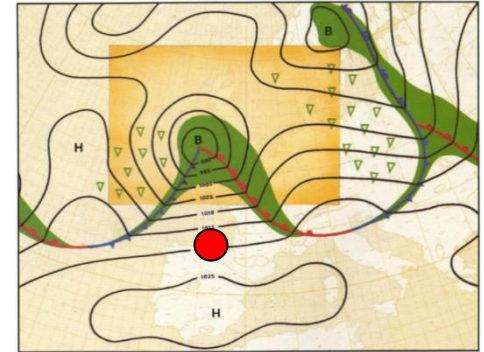


Le courant zonal / courant d'ouest

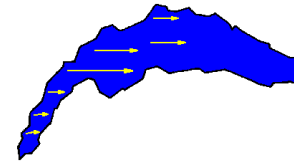
Le Vent Blanc

- Fréquent vers la fin des périodes caniculaires lorsque le courant d'ouest forçit (vent souvent sec et chaud à ne pas confondre avec le foehn) dans les secteurs chauds
- Souvent accompagné de beau temps (sous les dorsales) avec peu ou pas de cumulus au-dessus des crêtes avoisinantes (temps très stable; parfois ce vent ne pose pas au sol)
- Direction : ouest à sud-ouest
- Il peut poser subitement puis monter en puissance
- Comment l'anticiper?
 - Si le gradient de pression est serré et que le vent WSW est déjà soutenu à la Dôle et/ou au Chasseral, il y a de bonnes chances que le vent pose sur les lacs d'ici l'après-midi...

Le courant zonal / courant d'ouest



Le vent blanc





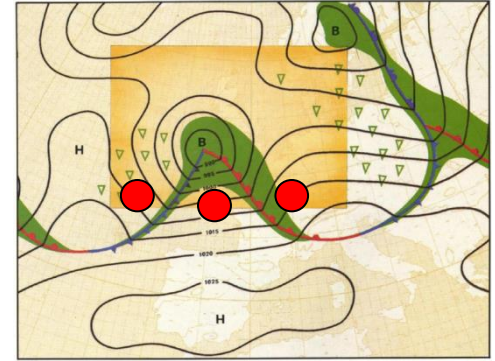
Le courant zonal / courant d'ouest

- Le Vent

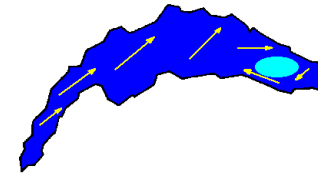
- Direction : ouest à sud-ouest
- Monte en puissance à l'avant des fronts froids
- Peut augmenter en puissance irrégulièrement
- Gradient de pression serré = fort vent d'ouest
- Souvent annonciateur d'une dégradation du temps
- Particulièrement redouté lors de tempête d'ouest (Ex : Lothar)
- Comment l'anticiper..?

Si le gradient de pression est serré et que le vent WSW est déjà soutenu à la Dôle et/ou au Chasseral, il y a de bonnes chances que le vent pose sur les lacs en cours de journée...

Le courant zonal / courant d'ouest

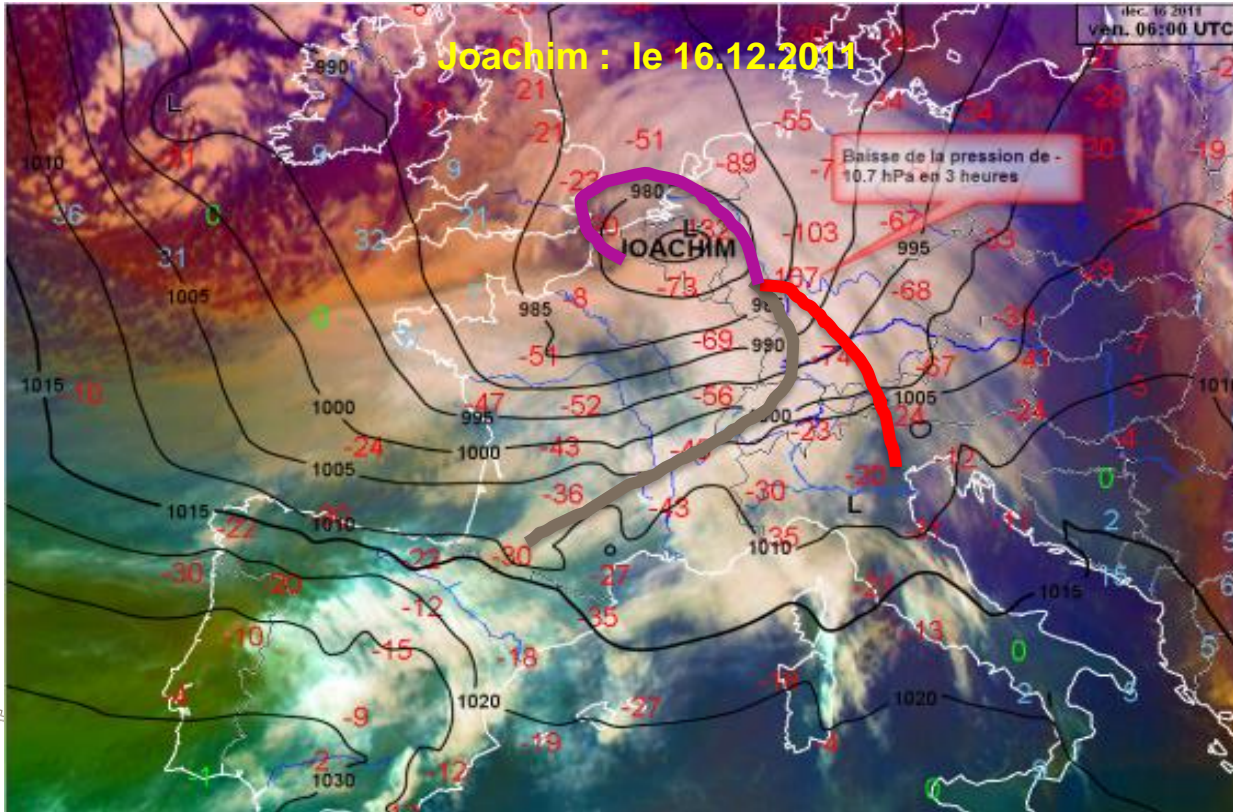


Le vent





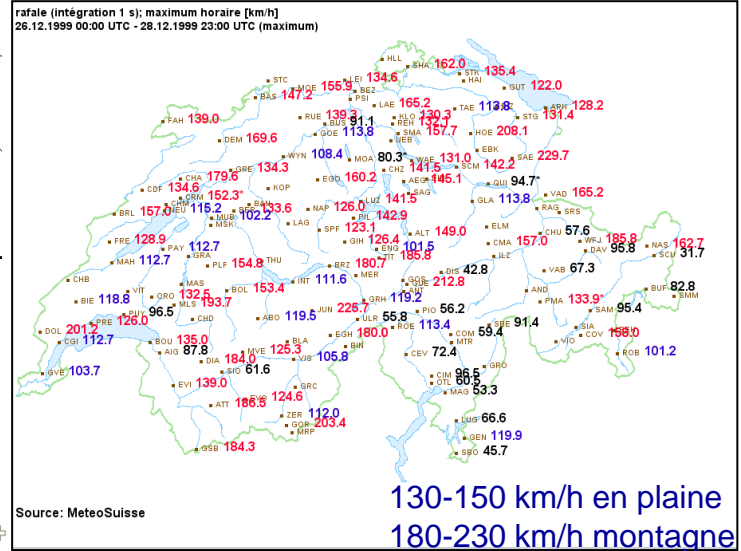
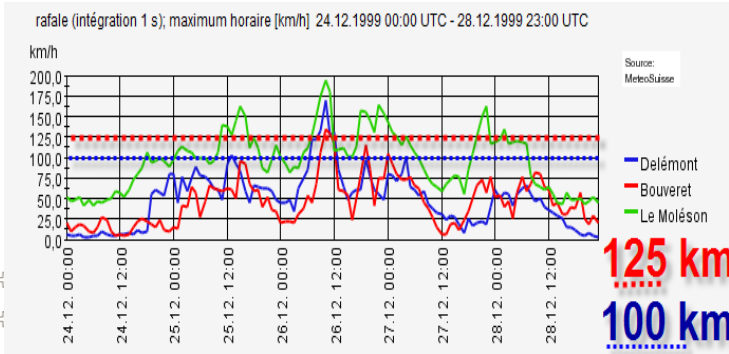
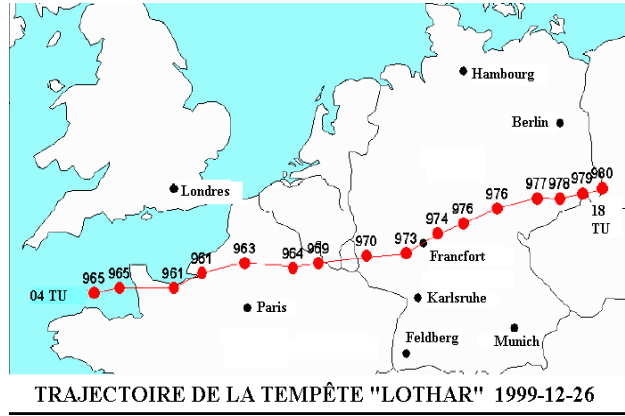
Le courant zonal / courant d'ouest



MétéoSuisse



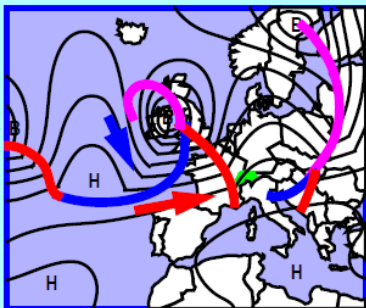
Le courant zonal / courant d'ouest



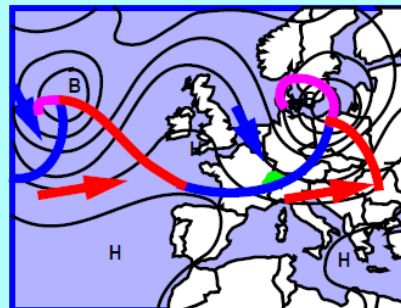
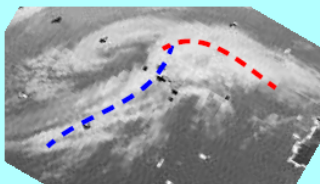
MétéoSuisse



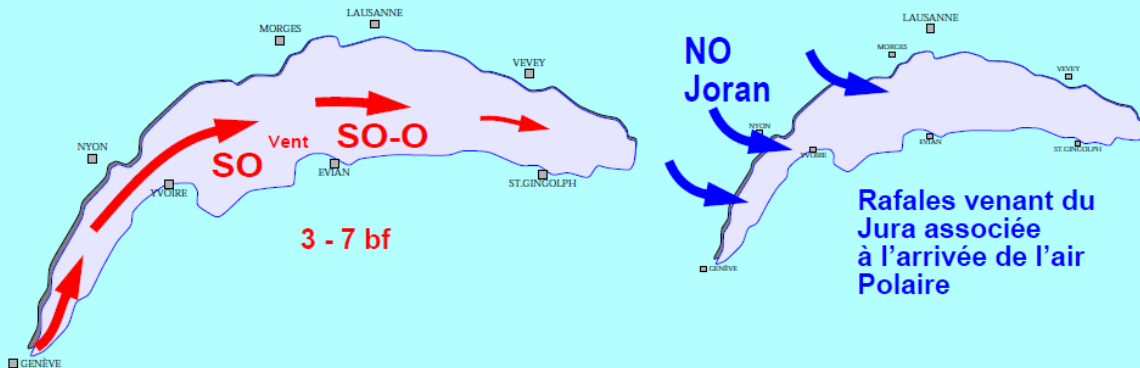
Le courant zonal / courant d'ouest



COURANT D'OUEST / PASSAGE DU FRONT CHAUD

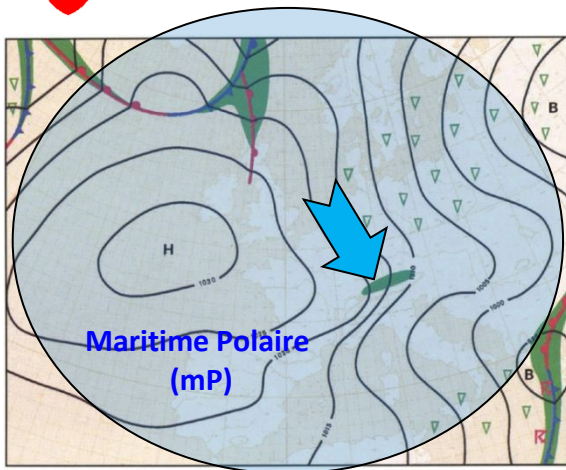


COURANT D'OUEST / PASSAGE DU FRONT FROID

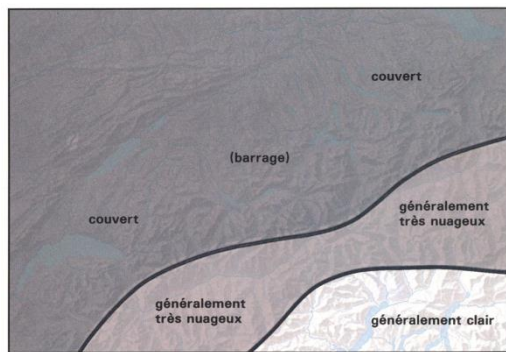




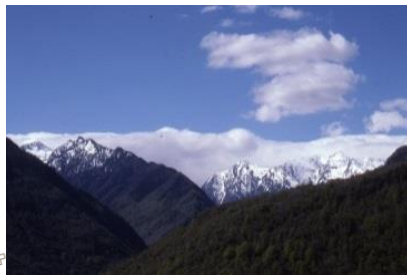
Barrage de NW / Foehn du nord



- Conditions météo dominantes
 - Advection d'air maritime polaire sur la CH
 - Favorise un temps frais et humide au nord des Alpes avec du joran sur le Plateau et du barrage contre le versant nord des Alpes (Préalpes).
 - Conditions typiques rencontrées derrière les fronts froids
 - Au sud des Alpes, favorise le foehn du nord avec un temps nettement plus ensoleillé et doux (subsidence foehnique)

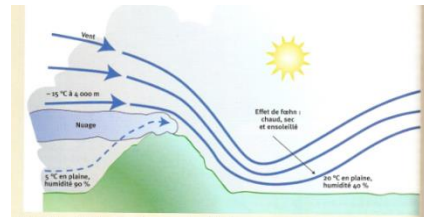
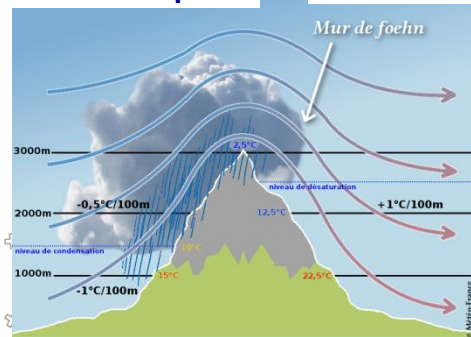


Mur de foehn



Nord des Alpes

Sud des Alpes



MétéoSuisse



Barrage de NW / Foehn du nord => situations de Joran

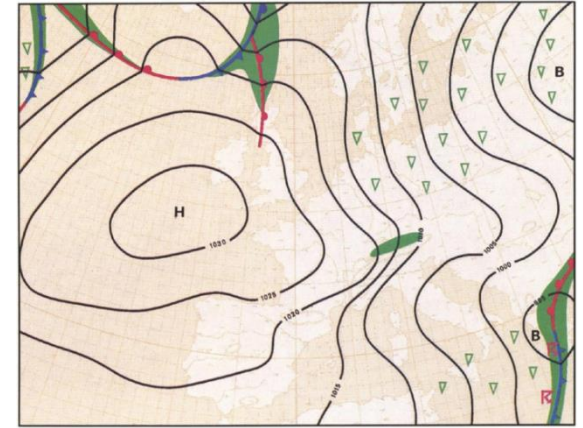
Le Joran (de gradient)

- Direction : nord-ouest à ouest
- Souffle en rafales à l'arrière des fronts froid au pied du Jura
- Accompagné d'une hausse des pressions (advection d'air froid)
- Signale souvent la fin des précipitations liées au front froid
- Lorsque des averses ou orages évoluent au-dessus des crêtes du Jura, se méfier du joran d'orages (brusques rafales sans pluie)
- Particulièrement redouté lorsque le joran de gradient se superpose au joran d'orages (front pluvio-orageux)
- Comment l'anticiper..?

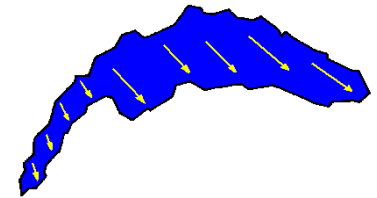
- Avec les 1ères éclaircies post-frontale au pied sud de Jura
- Basculement des vents au NW à la Dôle et au Chasseral avec hausse de pression

Coiffe nuageux sur les crêtes du Jura débordant depuis la France et s'évaporant en-dessous des crêtes côté Suisse

Barrage de NW / Foehn du nord



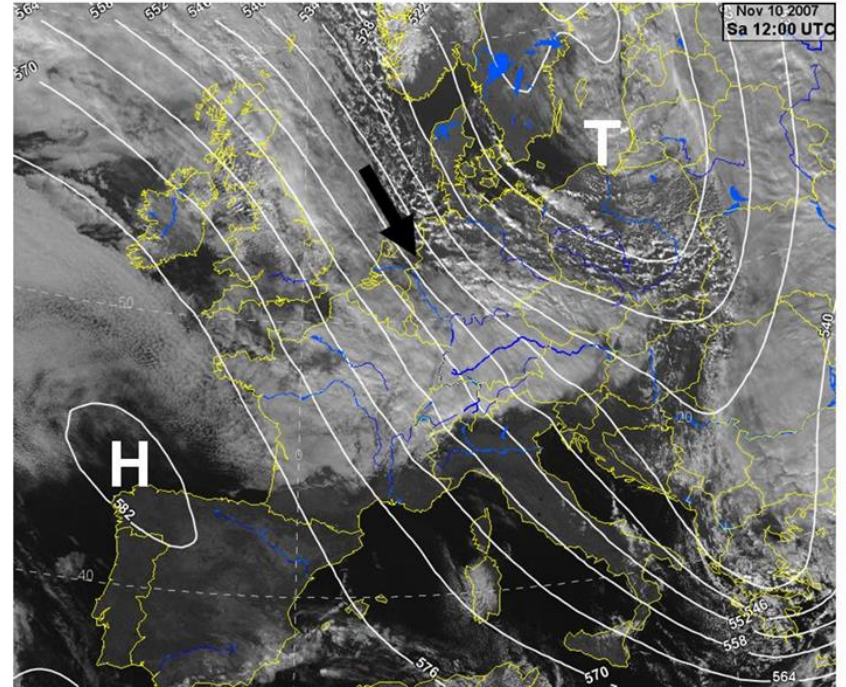
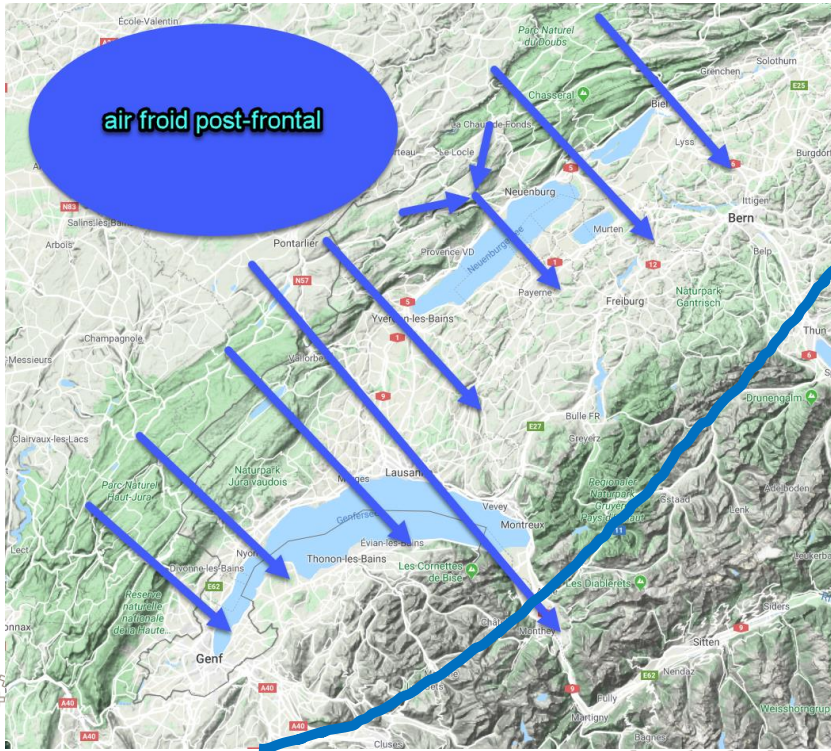
Le joran



MétéoSuisse



Schémas du Joran post-frontal et trajectoire des vents



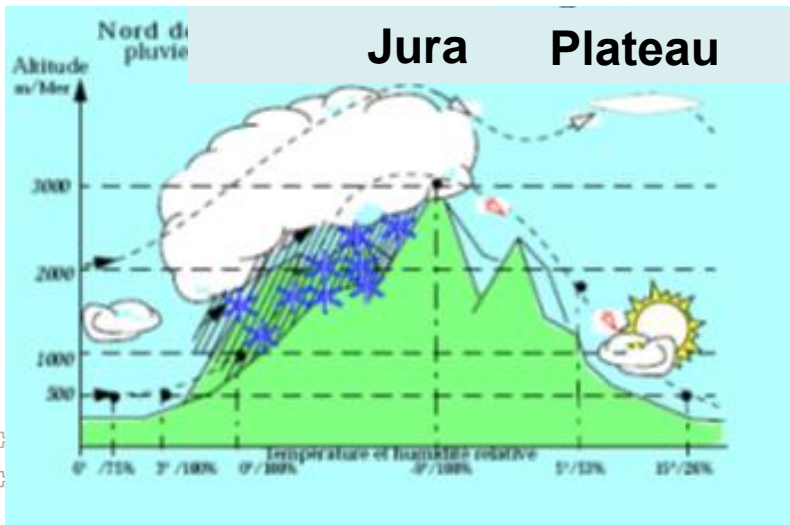


Le Joran de gradient post-frontal : comment l'anticiper..?

Ce que le navigateur voit
et
ce qui doit l'alerter..?

Une coiffe sur les crêtes du Jura

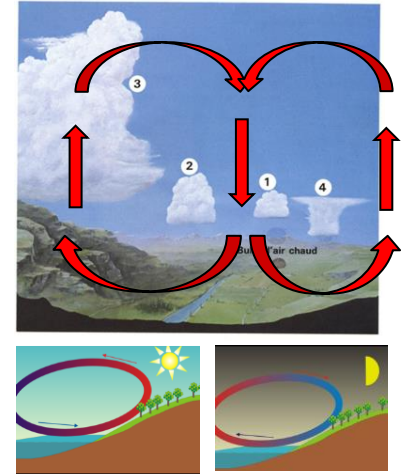
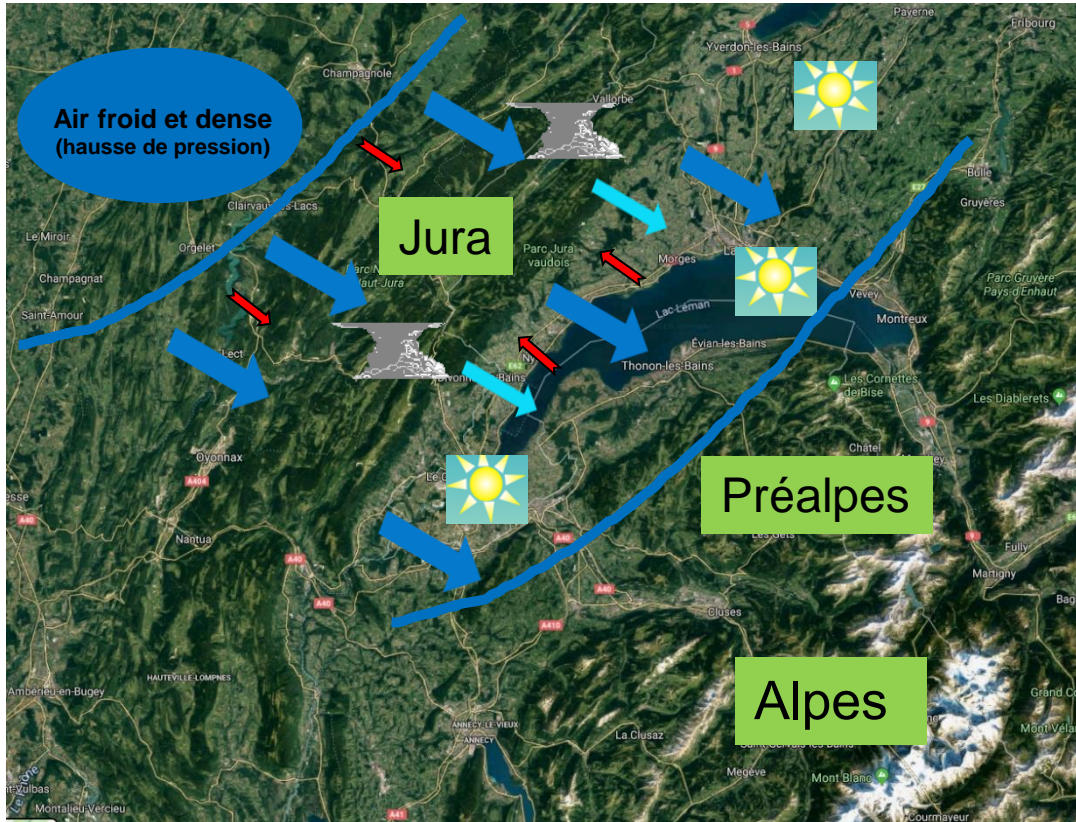
- Indique que l'air froid est en train de franchir la barrière du Jura :
- **risque imminent de rafales de joran au pied du Jura/Léman**



MétéoSuisse



Le Joran d'orage : comment l'anticiper..?

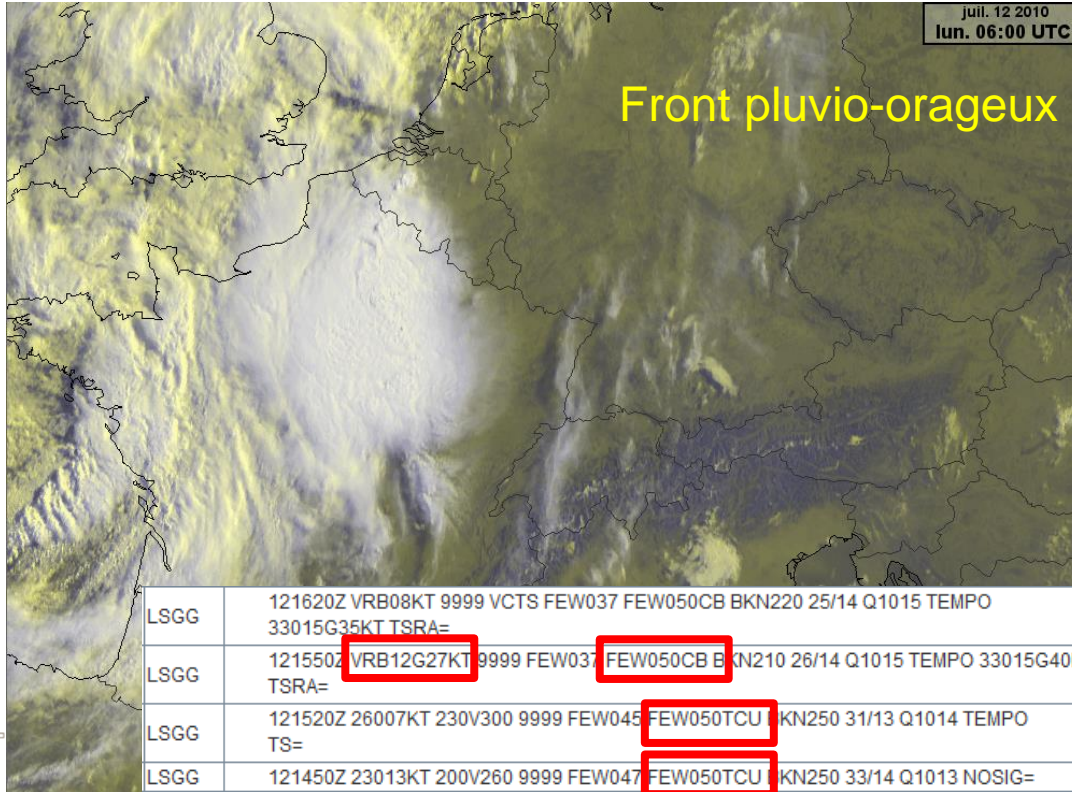


- Joran d'orages, 2 cas de figure :
- Situations de marais barométrique (champ de pression faible)
 - Rafales soudaines, ponctuelles durant 10-20 minutes
- Situations pré-frontales
 - Rafales soudaines, violentes et pouvant durer > 30 minutes.



Ce qui peut se passer... Exemple du 12 juillet 2010

Cas de joran d'orage préfrontal couplé au joran de gradient

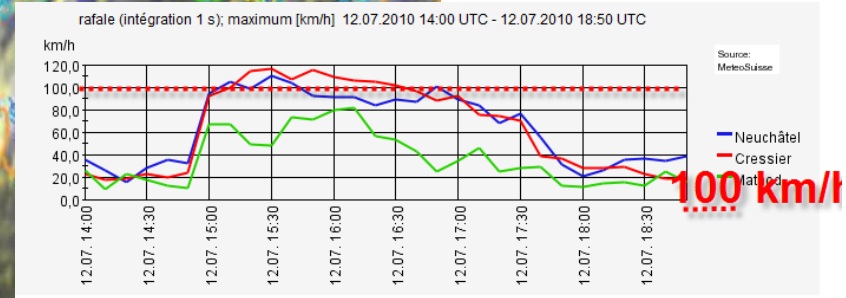
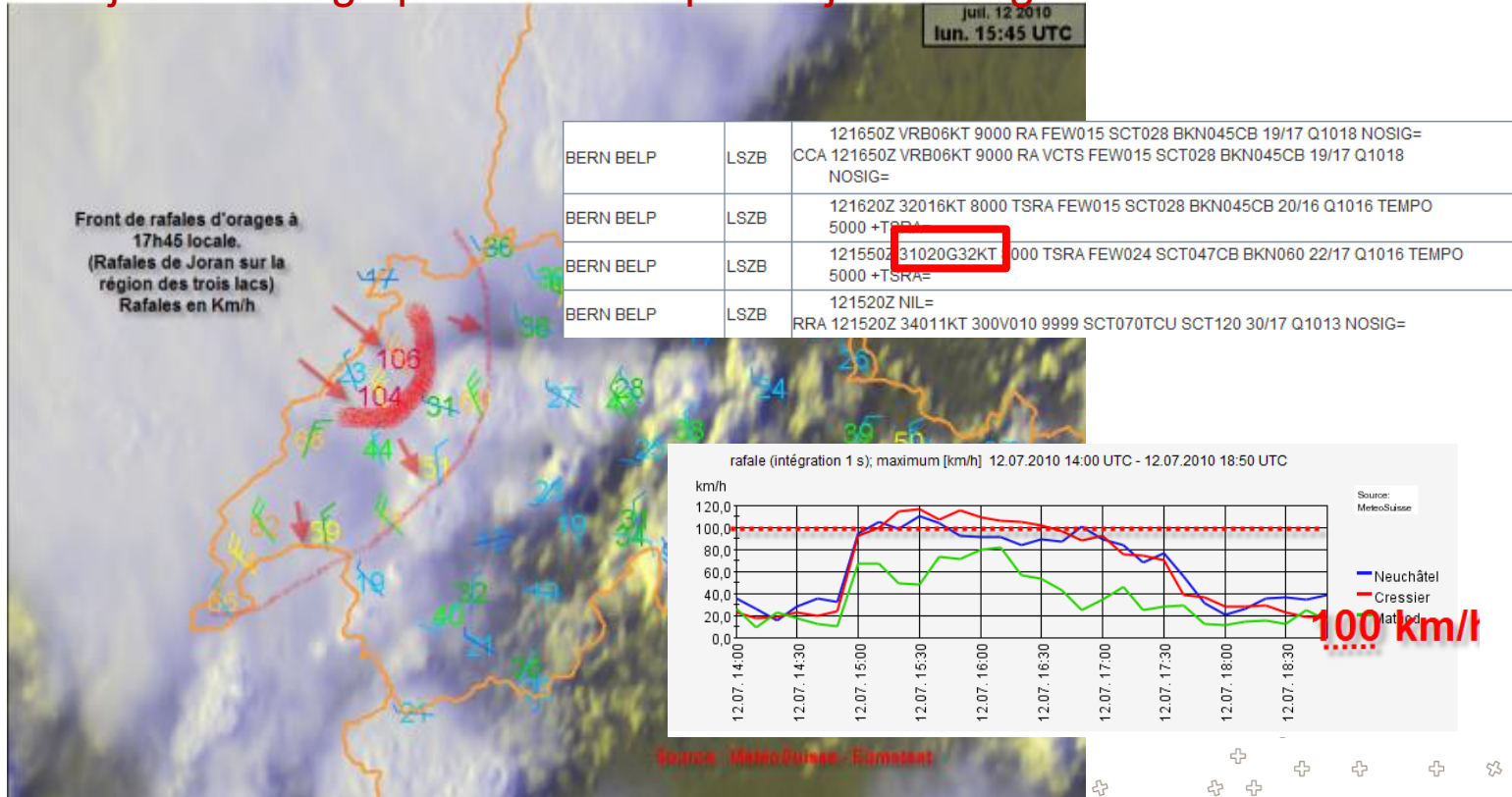


MétéoSuisse



Ce qui peut se passer... Exemple du 12 juillet 2010

Cas de joran d'orage préfrontal couplé au joran de gradient

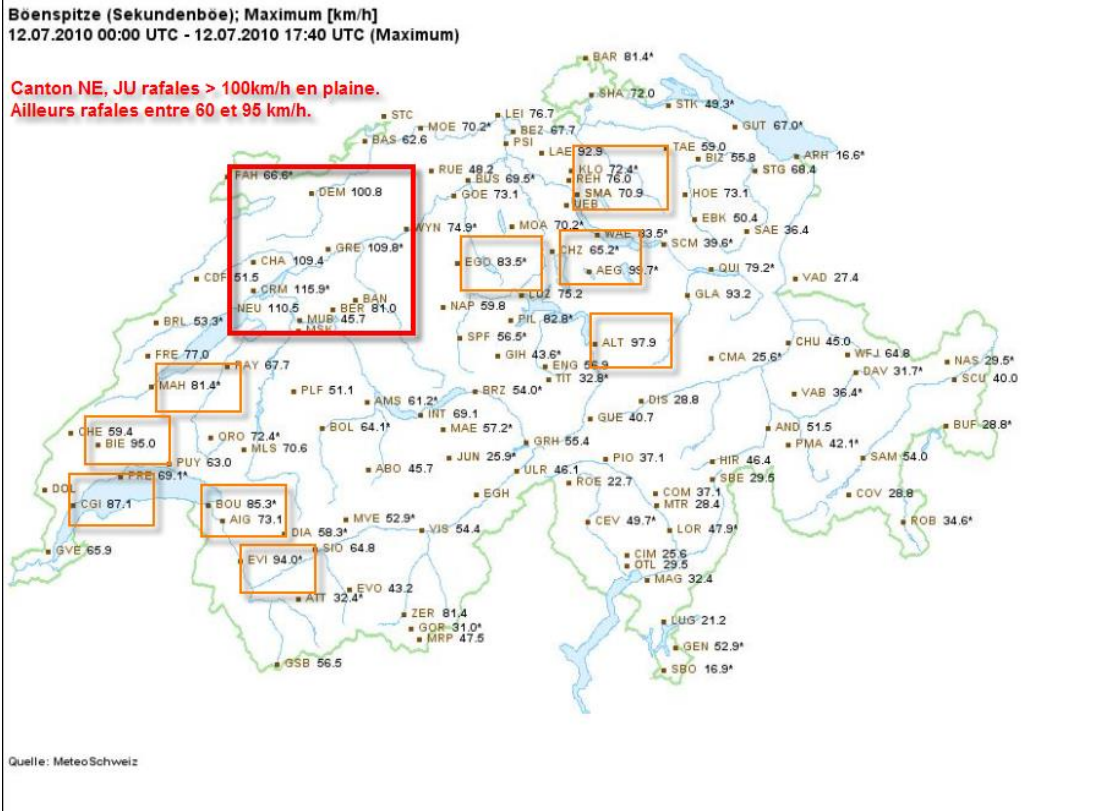


MétéoSuisse



Ce qui peut se passer... Exemple du 12 juillet 2010

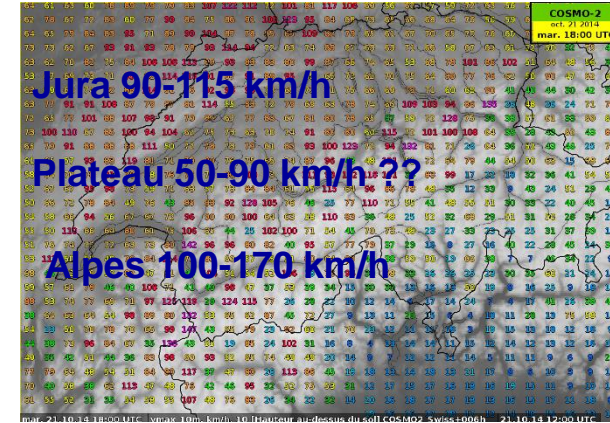
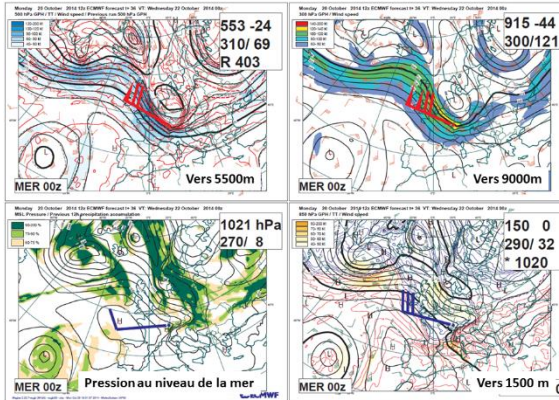
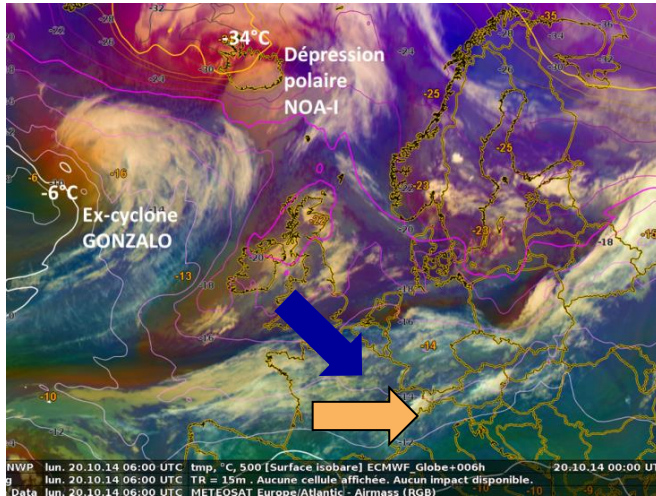
Cas de joran d'orage préfrontal couplé au joran de gradient





Barrage de NW / Foehn du nord

Puissante dépression le 20.10.2014 :
Chute de 15°C prévu en 24h quasi-certaine!



MétéoSuisse



Barrage de NW / Foehn du nord

rafales (intégration 1 s); maximum [km/h]
21.10.2014 12:20 UTC - 22.10.2014 03:30 UTC (maximum)

Chasseral 178 km/h



Toit de hangar
Arraché (NE)

Jura et Plateau
100-125 km/h

Alpes
115-135 km/h

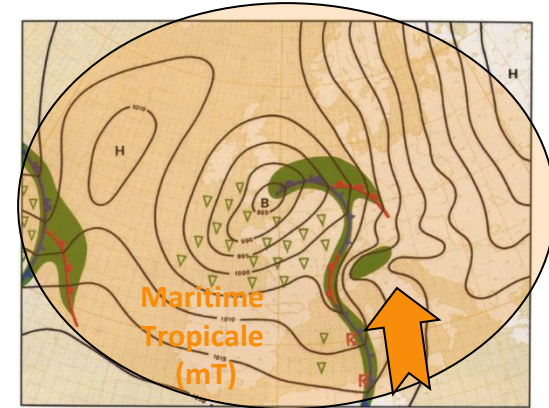
Source: MétéoSuisse

MétéoSuisse

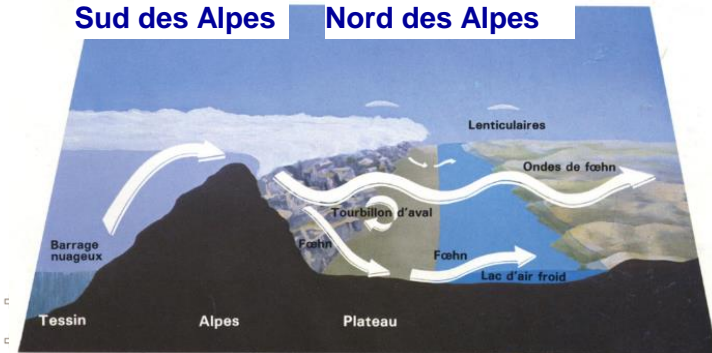


Foehn du sud / barrage au sud des Alpes

- Conditions météo dominantes
 - Advection d'air maritime tropical depuis le sud contre le versant sud des Alpes
 - Favorise un temps très humide au sud des Alpes par barrage de précipitations (Alpes TI, versant sud Alpes VS)
 - Engendre du foehn dans les vallées alpines du VS et le long du versant nord des Alpes (éclaircies foehniques)
 - Conditions typiques rencontrées par flux du sud en altitude à l'avant de profond couloirs dépressionnaires sur la France



Mur de foehn



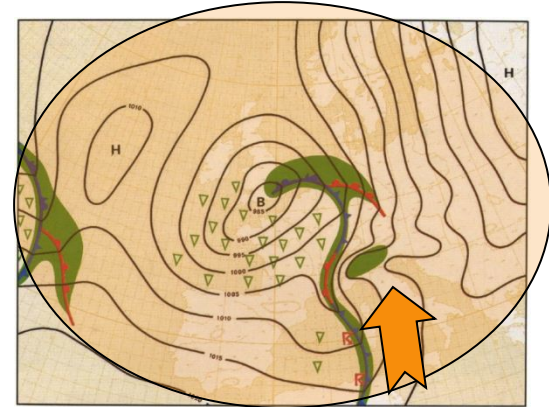
MétéoSuisse



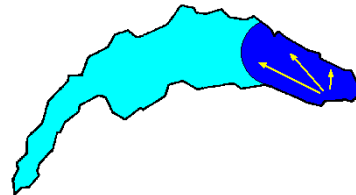
Foehn du sud / barrage au sud des Alpes

La Vaudaire (de foehn)

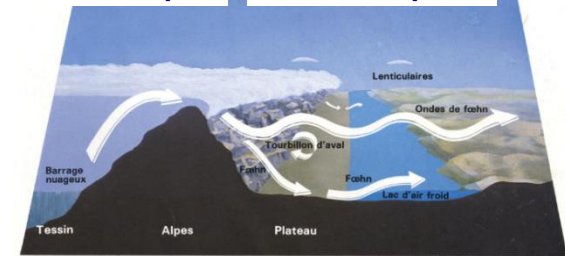
- Direction : sud à sud-est
- Souffle en rafales sur le Haut-Lac (hausse des températures)
- Améliore d'un coup la visibilité en cas de brume (vent très sec)
- Parfois précédé par le contre-foehn (vent de nord-ouest)
- Parfois le foehn souffle à Aigle et Oron mais n'atteint pas le Haut-Lac (lac d'air froid sur le Plateau/Léman)
- Souffle surtout au printemps et de moindre mesure en automne
- Lorsque des orages estivaux se situent au-dessus des crêtes préalpines ou la vallée du Rhone=> risque de vaudaire d'orages (vent froid et humide)



La vaudaire

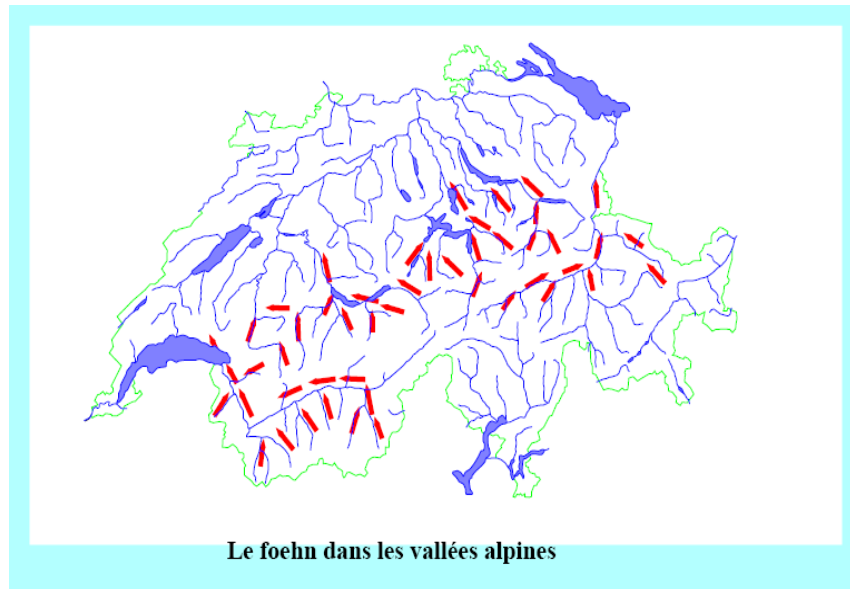
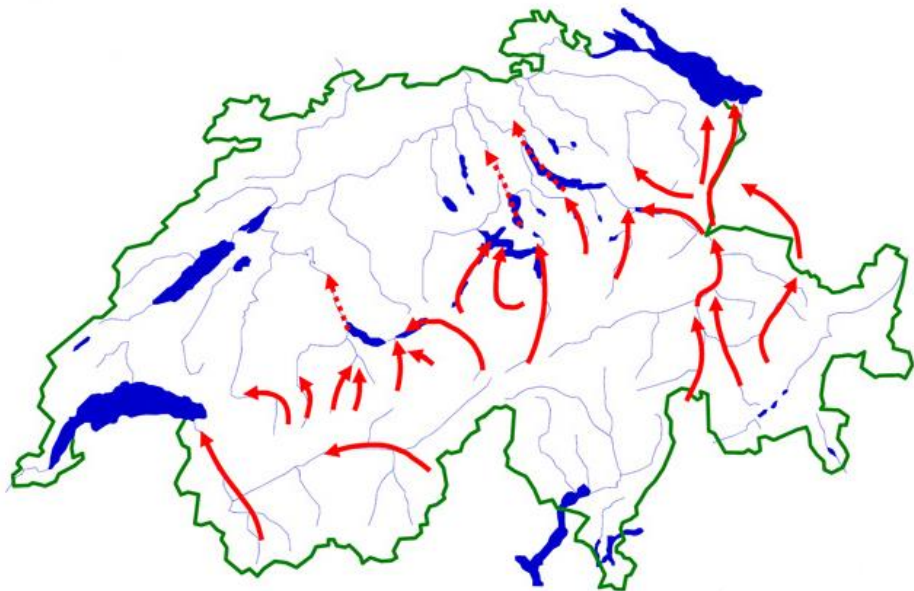


Sud des Alpes Nord des Alpes





Vallées à foehn au nord des Alpes et trajectoire des rafales

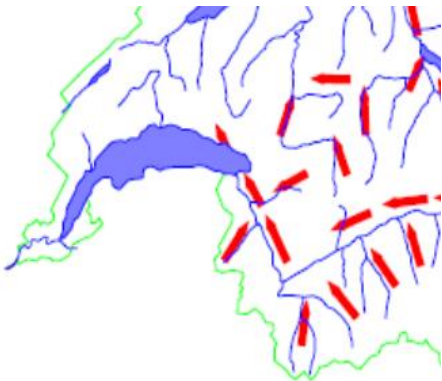
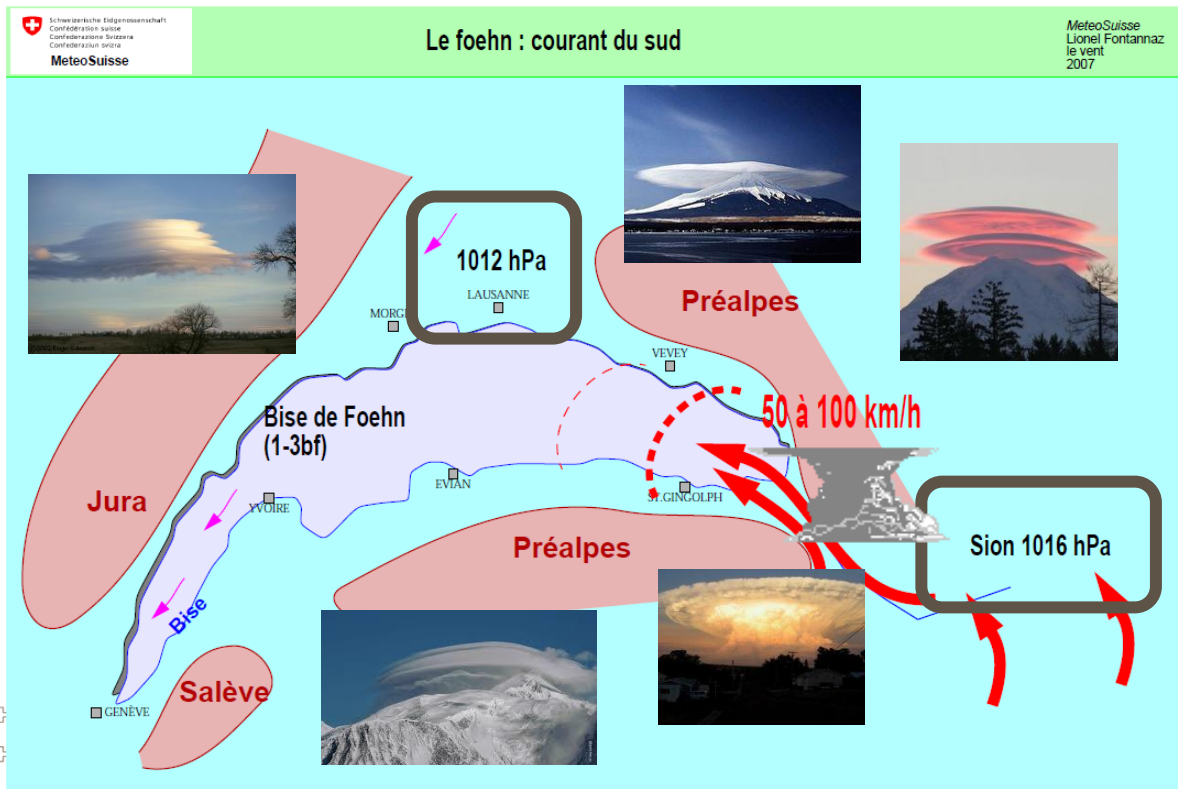


Les vallées à foehn de Suisse (Source: Stephan Bader, Vorlesung Atmosphäre und Klima, Universität Zürich)

MétéoSuisse



La vaudaire de foehn sur le Haut-Lac Léman : comment l'anticiper..?



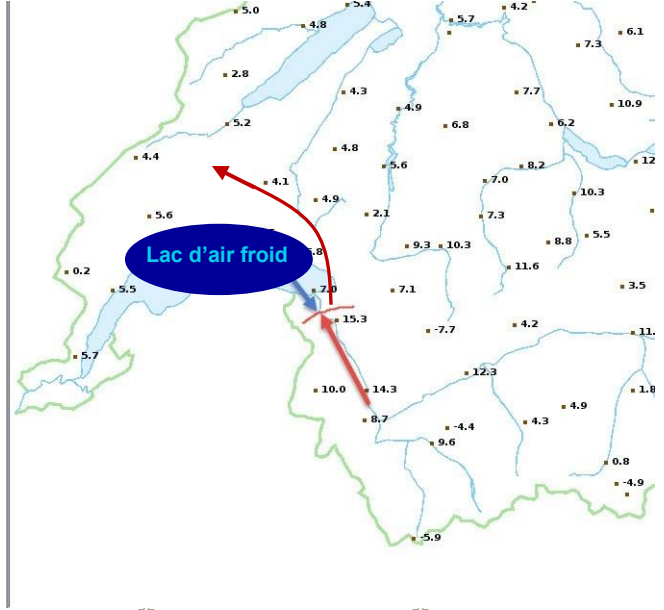
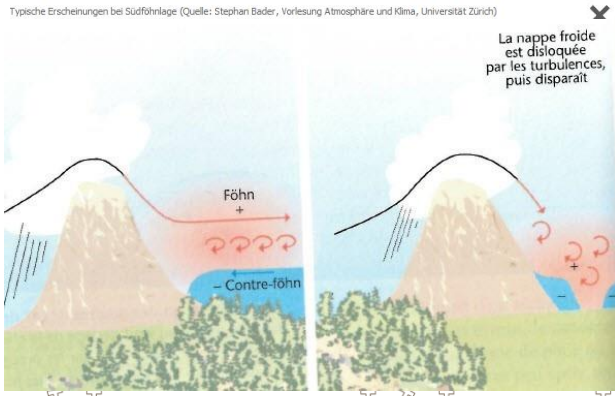
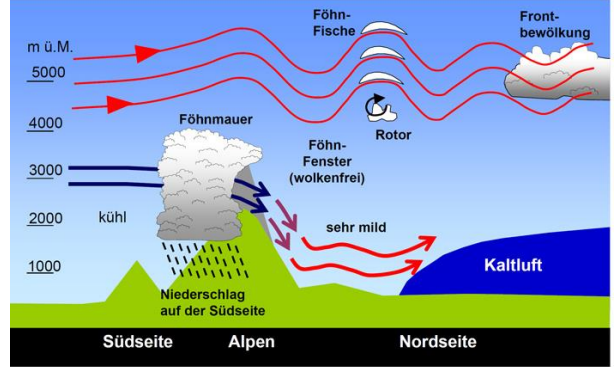
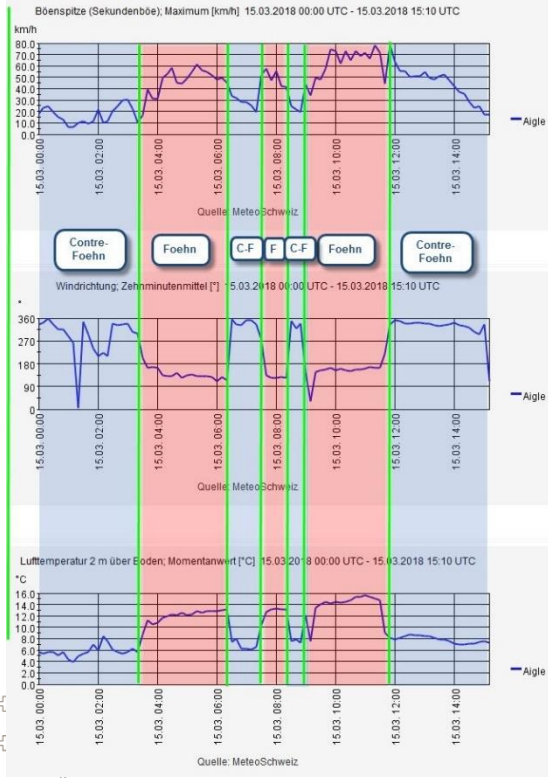
- 4 hPa de différence de pression entre Sion et Pully sont souvent nécessaire pour que la vaudaire de foehn atteigne le Haut-Lac...
- Bien distinguer entre la vaudaire :
 - de foehn (air chaud et sec)
 - d'orage (air froid et humide)

MétéoSuisse



La vaudaire de foehn sur le Haut-Lac Léman : phénomène difficile à prévoir !

Exemple du 15.03.2018 : alternance de vaudaire de foehn et de contre-foehn toute la matinée

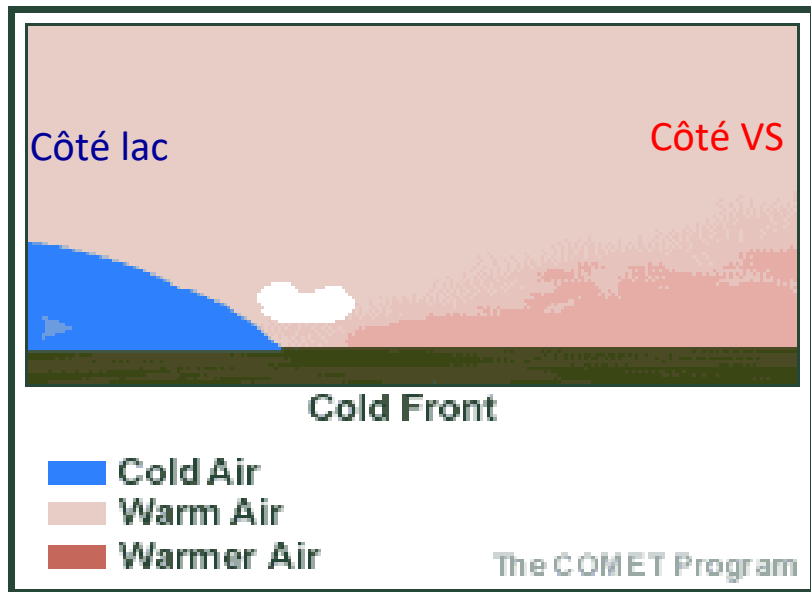




La vaudaire de foehn sur le Haut-Lac Léman : phénomène difficile à prévoir !

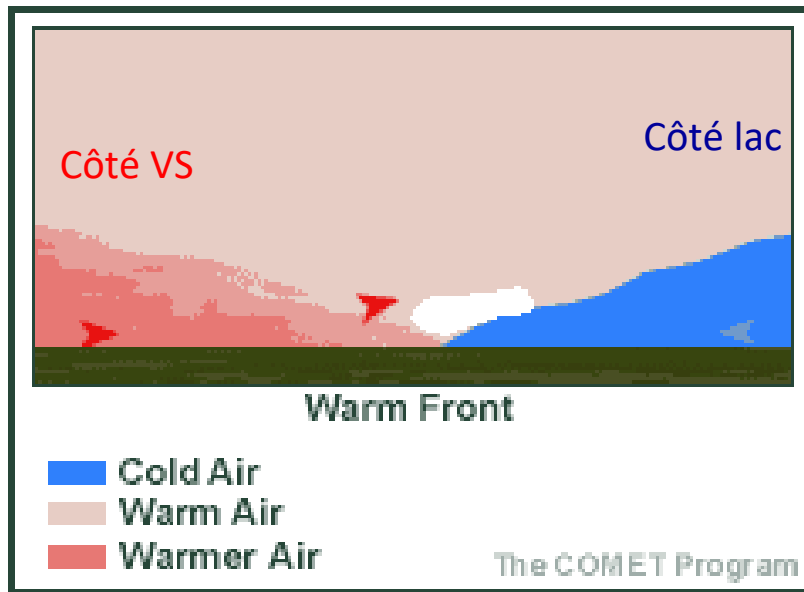
Contre-foehn sur le Haut-Lac

Bleu : lac d'air froid (froid et humide) fait reculer le foehn



Vaudaire sur le Haut-Lac

Rouge : air foehné (chaud et sec) fait avancer le foehn vers le lac

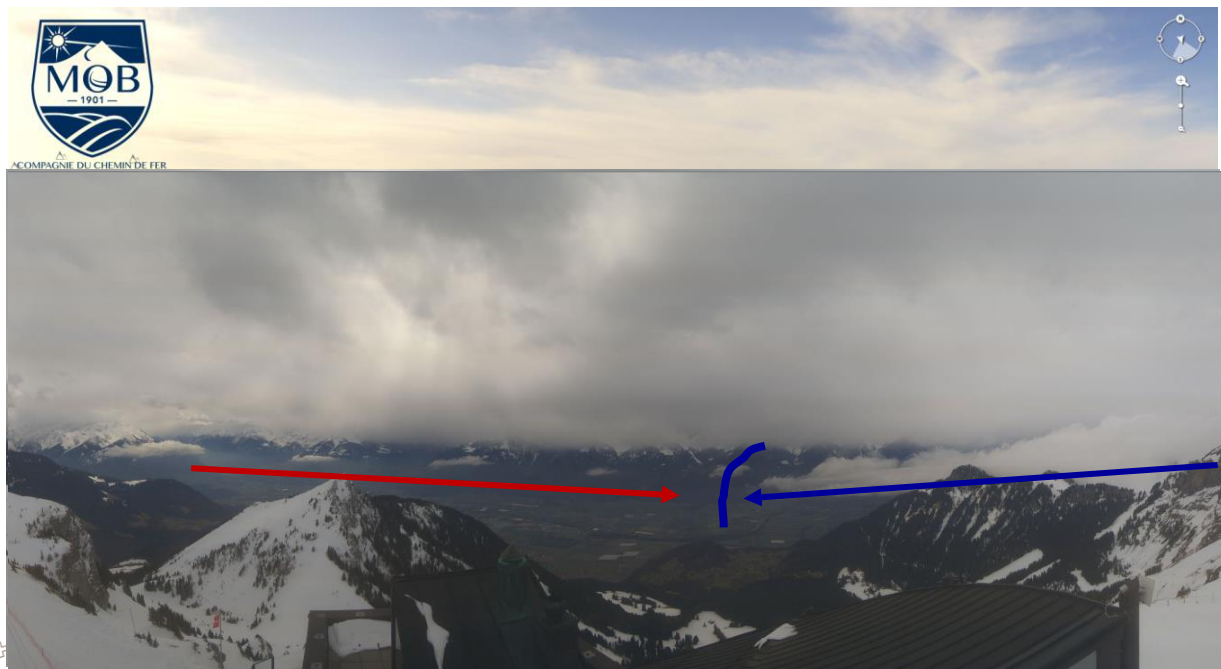
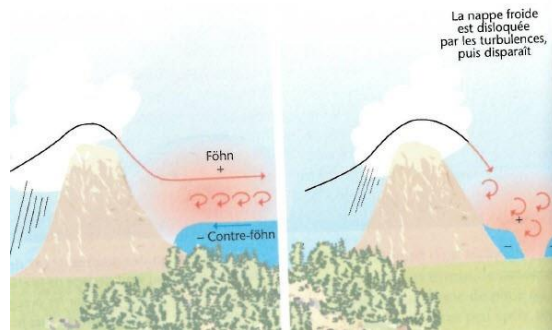
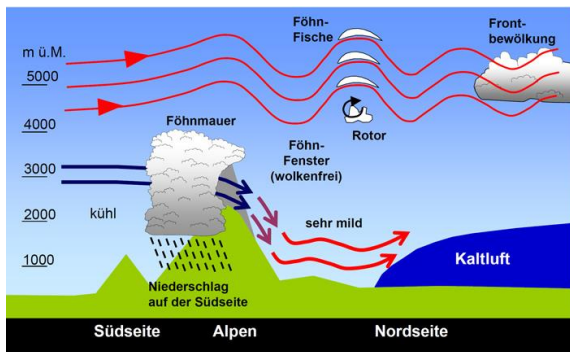




La vaudaire de foehn sur le Haut-Lac Léman : phénomène difficile à prévoir

Ce que le navigateur voit et ce qui doit l'alerter..?

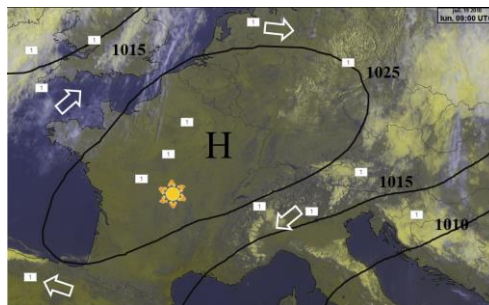
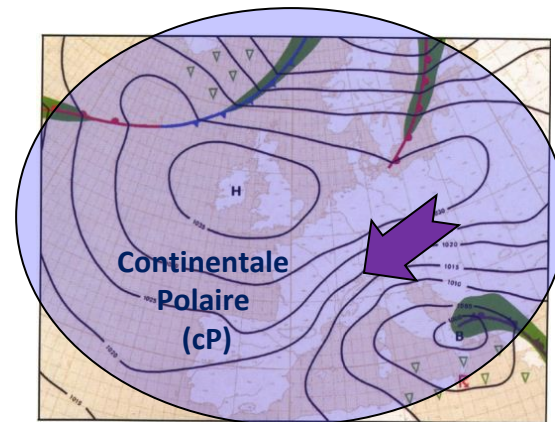
Une frontière au sol entre l'air limpide (foehn) et l'air brumeux (lac d'air froid)



MétéoSuisse

Les situations de bise

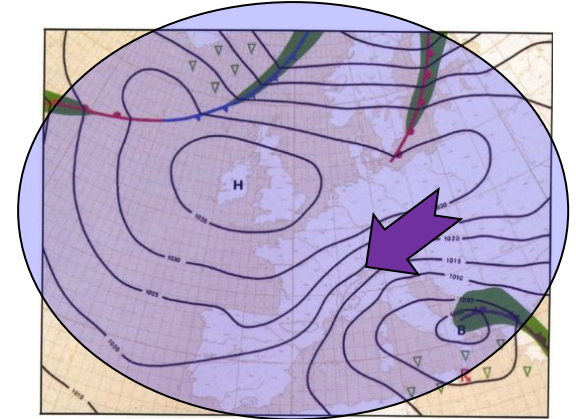
- Conditions météo dominantes
 - Vent en provenance du nord-est faisant affluer de l'air plus froid et plus sec depuis l'intérieur du continent (masse d'air continental polaire/arctique)
 - Se met en place avec l'établissement des zones de haute-pression en provenance du NW
 - Lorsque un centre de basse pression se trouve sur la Méditerranée, le gradient de pression augmente
 - Plus le gradient de pression est serré, plus la bise est forte



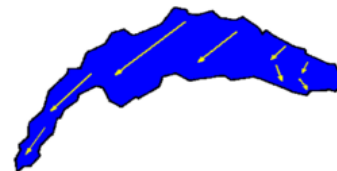
La Bise

- La Bise

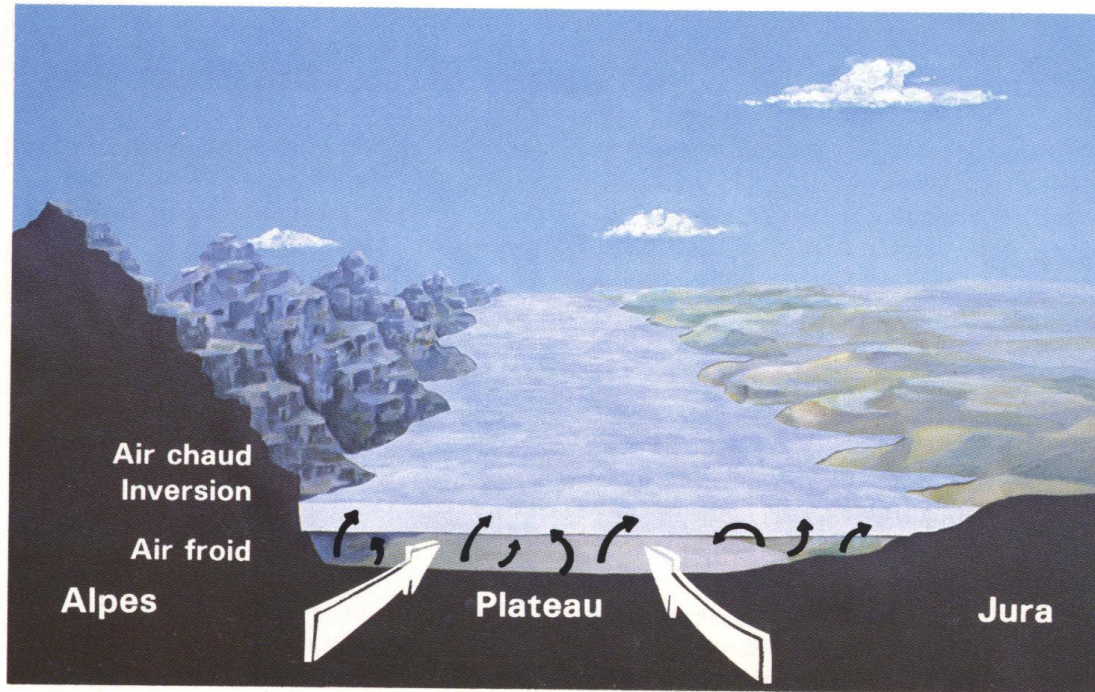
- Direction : nord-est à est
- Se met en place progressivement à l'arrière des fronts froid après le joran et souffle plus fort du côté de l'ouest lémanique (effet Venturi entre le Jura et les Alpes).
- Les épisodes de fortes bises peuvent souffler pendant plusieurs jours d'affilés (2 à 14 jours)
- Souvent annonceur d'une amélioration du temps car c'est un vent sec (continental) par définition
- En cas de bise noire, l'amélioration du temps n'a pas lieu (enroulement de l'humidité autour des Alpes)
- Particulièrement redouté lors de forts épisodes en hiver par températures négatives (embruns gelés aux abords des rives (vague de froid de février 2012))



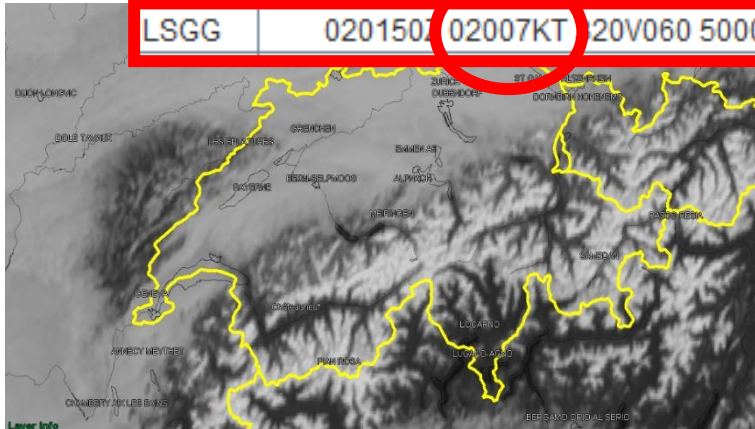
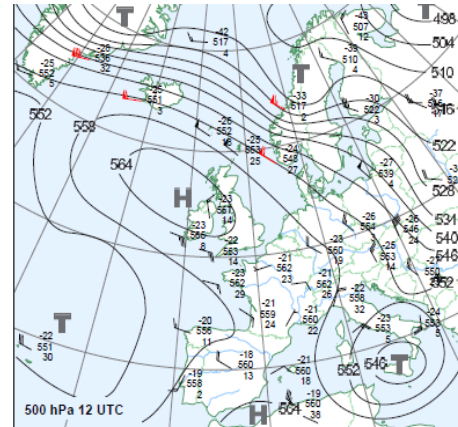
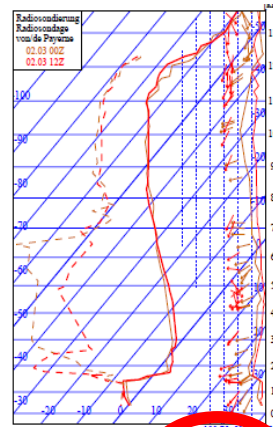
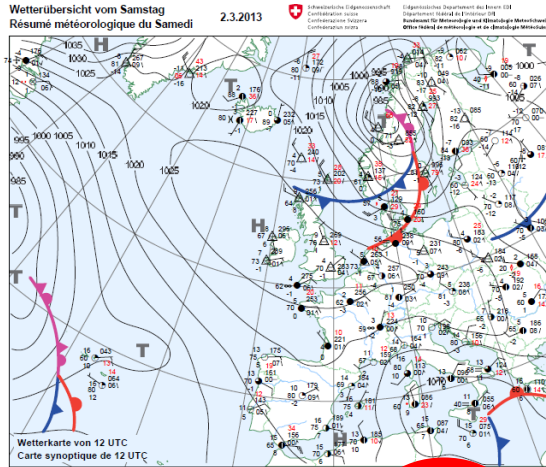
La bise



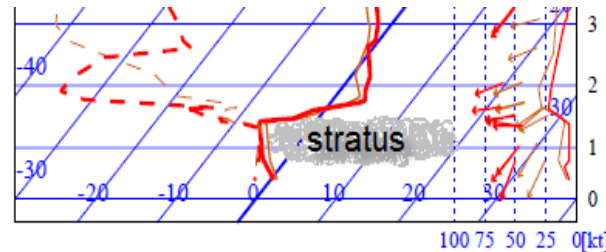
En hiver, la bise est souvent synonyme de stratus sur le Plateau/Léman



En hiver, la bise est souvent synonyme de stratus sur le Plateau/Léman



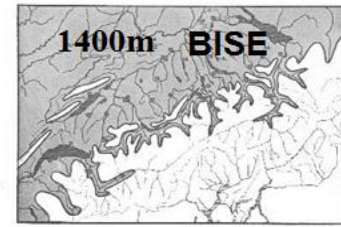
LSGG 020150 02007KT 20V060 5000 BR OVC019 2/M02 Q1019 NOSIG=



Sommet stratus 1700-1900m

MeteoSwiss

2007-12-15 08:40 UTC

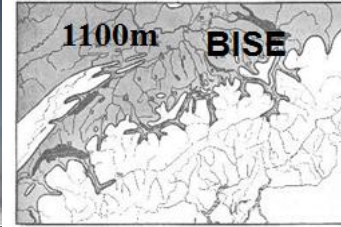


Limite supérieure de la mer de brouillard voisine de 1100 m

Sommet stratus 1400-1500m

MeteoSwiss

2007-12-16 08:40 UTC

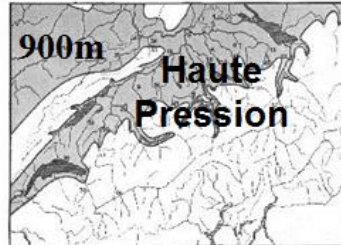


Limite supérieure de la mer de brouillard voisine de 920 m

Sommet stratus 1200-1400m

MeteoSwiss

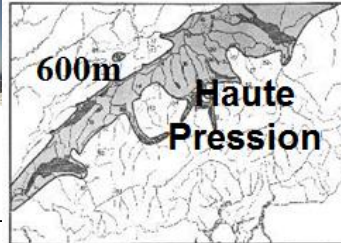
2007-12-17 08:40 UTC



Limite supérieure de la mer de brouillard voisine de 760 m

Sommet stratus 900-1100m

MeteoSwiss



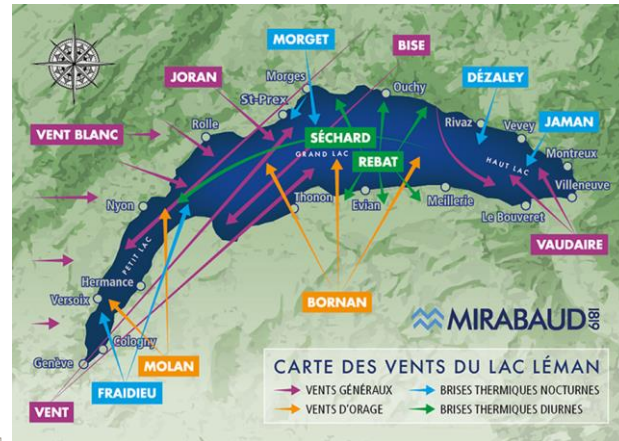
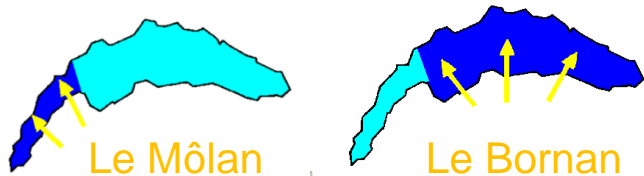
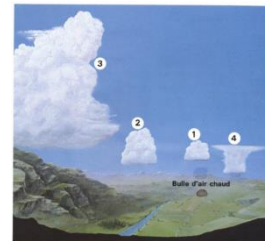
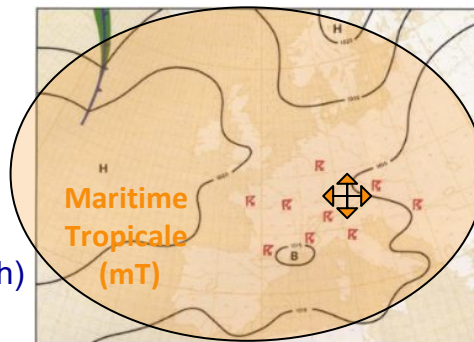
Force de la bise



Situation de marais barométrique : les vents d'orages

Le Bornan, le Môlan, le Joran d'orages, la Vaudaire d'orages

- Direction : sud côté français, nord à nord-ouest côté CH
- Arrive subitement et souffle en rafales (calme plat à 100 km/h)
- Vent froid et humide (courant descendant d'un orage; dure 20m à 1h)
- L'orage peut rester au loin sur les crêtes (peut faire beau sur le lac)
- Souvent rencontré à la débouchée des vallées transversales bordant la rive sud du lac
- Pour l'anticiper, scruter les crêtes avoisinantes pour des gros cumulus pouvant évoluer en orage (Cb) surtout si ceux-ci sont stationnaires et surplombent des vallées Préalpines menant au lac.

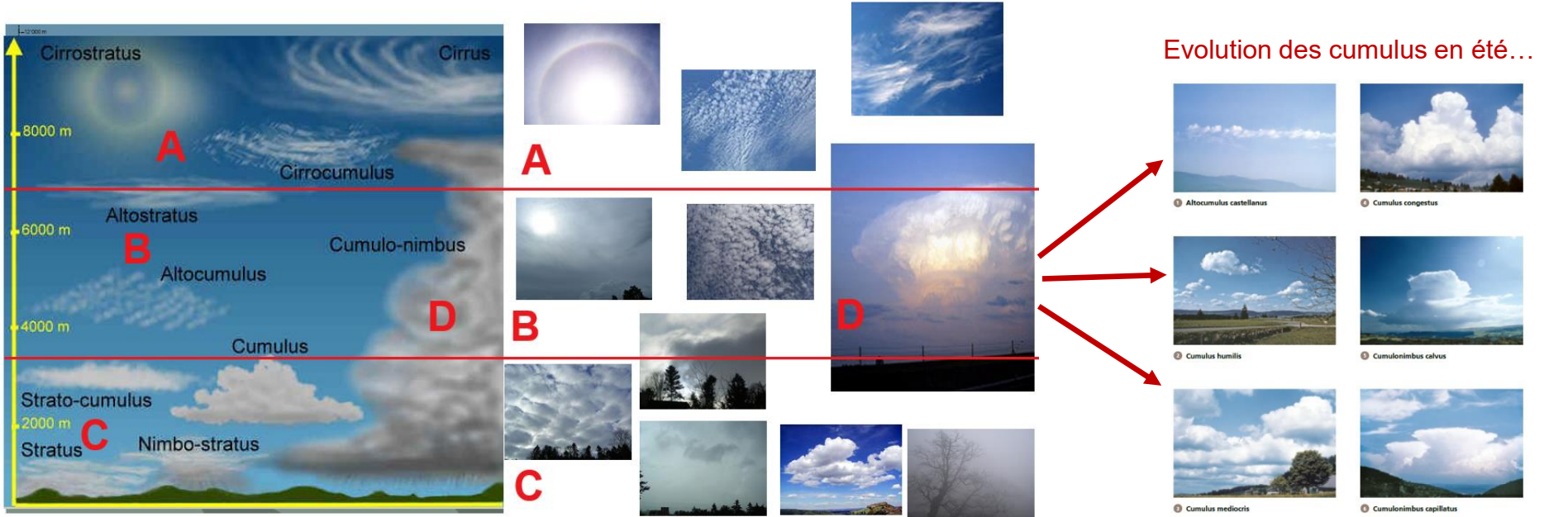


MétéoSuisse



La lecture du ciel : 1^{er} conseil => bien savoir lire les nuages

Les nuages se déclinent en plusieurs genres et espèces et se distinguent selon les altitudes auxquelles ils se trouvent



Evolution des cumulus en été...





Situation de marais barométrique : évolution des cumulus

Aspect visuel : évolution en cours de journée

Cumulus humilis
(cumulus de beau temps)



2 Cumulus humilis



Situation de marais barométrique : évolution des cumulus

Aspect visuel : évolution en cours de journée

Alto cumulus castellanus



1 Alto cumulus castellanus





Situation de marais barométrique : évolution des cumulus

Aspect visuel : évolution en cours de journée

Cumulus mediocris





Situation de marais barométrique : évolution des cumulus

Aspect visuel : évolution en cours de journée

Cumulus congestus



4 Cumulus congestus

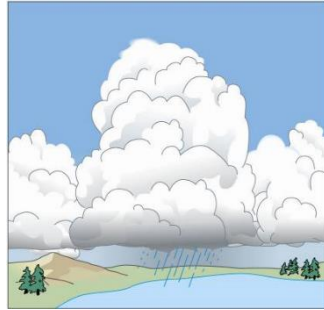




Situation de marais barométrique : évolution des cumulus

Aspect visuel : évolution en cours de journée

Cumulonimbus calvus
(orage phase initiale)



5 Cumulonimbus calvus

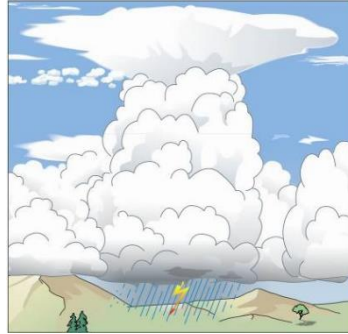




Situation de marais barométrique : évolution des cumulus

Aspect visuel : évolution en cours de journée

Cumulonimbus capillatus
(orage phase mature)



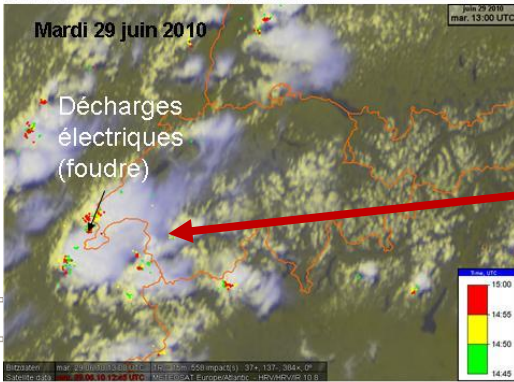
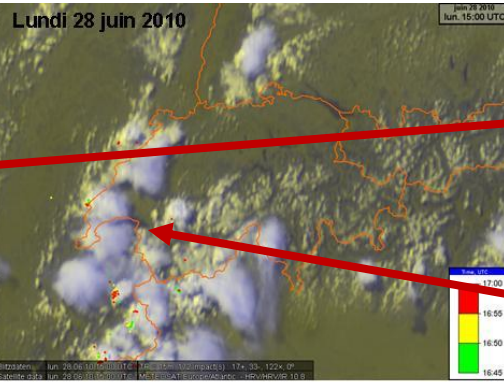
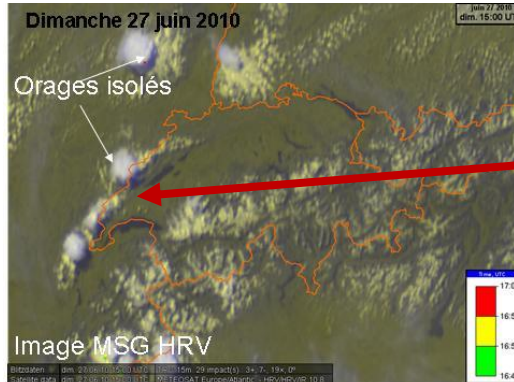
6 Cumulonimbus capillatus

Mammatus (sous l'enclume)





Situation de marais barométrique : évolution des cumulus et Cb



Situations de marais barométrique, par forte chaleur, avec le développement d'orages isolés sur le relief.

Entre le dimanche 27 et le mardi 29 juin 2010, l'activité orageuse a toujours été plus marquée sur le relief. Elle a augmenté passagèrement mardi avec l'arrivée d'air plus humide.

LSGG	271620Z 35004KT 260V050 9999 FEW070TCU 26/14 Q1017 NOSIG=
LSGG	271550Z VRB05K 9999 FEW070CB 28/14 Q1017 TEMPO TS=
LSGG	271520Z 07007KT 030V100 9999 FEW070CB 29/10 Q1017 TEMPO TS=
LSGG	271450Z 09006KT 050V120 9999 FEW070CB 30/09 Q1017 TEMPO TS=
LSGG	271420Z 10006KT 9999 FEW070TCU 29/11 Q1017 NOSIG=

LSGG	281320Z VRB03KT 999 VCTS FEW060CB FEW070 SCT230 27/14 Q1018 NOSIG=
LSGG	281250Z 04007KT 330V060 9999 VCTS FEW060CB 28/14 Q1018 TEMPO TS=
LSGG	281220Z 05007KT 350V110 9999 VCTS FEW050TCU FEW060CB 29/13 Q1018 NOSIG=
LSGG	CCA 281220Z 05007KT 350V110 9999 VCTS FEW050TCU FEW060CB 25/15 Q1019 TEMPO TS=
LSGG	281150Z 04006KT 350V080 9999 FEW050 FEW060TCU 28/13 Q1019 NOSIG=

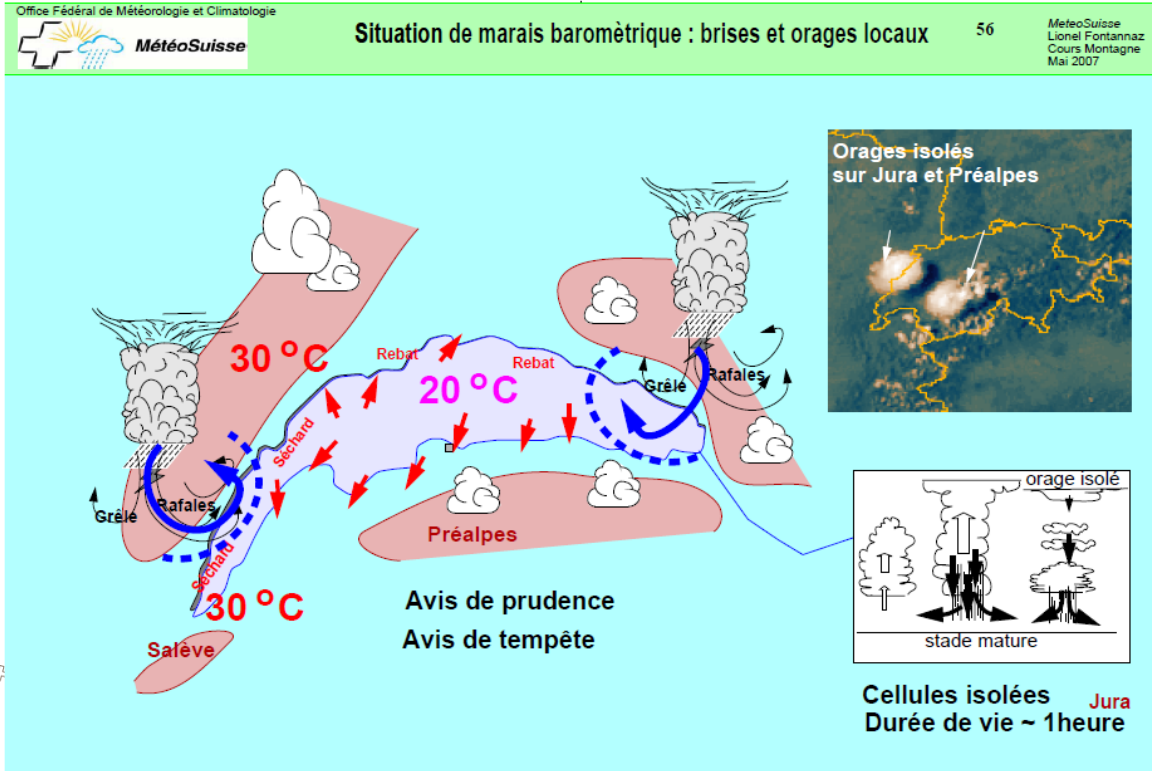
LSGG	291120Z 30006KT 230V010 9999 -TSRA FEW038 FEW055CB SCT090 BKN160 22/16 Q1019 RETSRA TEMPO TSRA=
LSGG	291050Z 05005KT 330V080 9999 VCSH TS FEW040 FEW055CB SCT120 27/17 Q1019 TEMPO TSRA=

© MétéoSuisse

MétéoSuisse



Situation de marais barométrique : évolution des cumulus et Cb



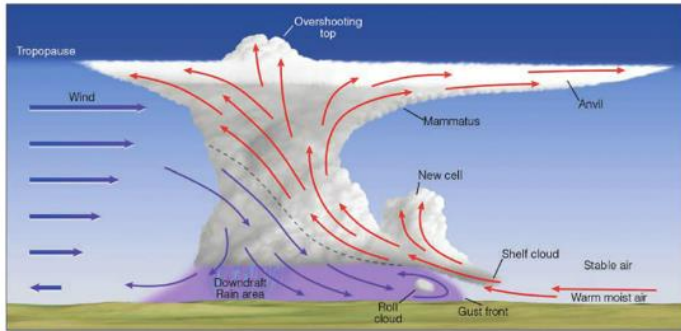
MétéoSuisse



Les phénomènes dangereux liés aux orages

Les lignes de grains avec fronts de rafales

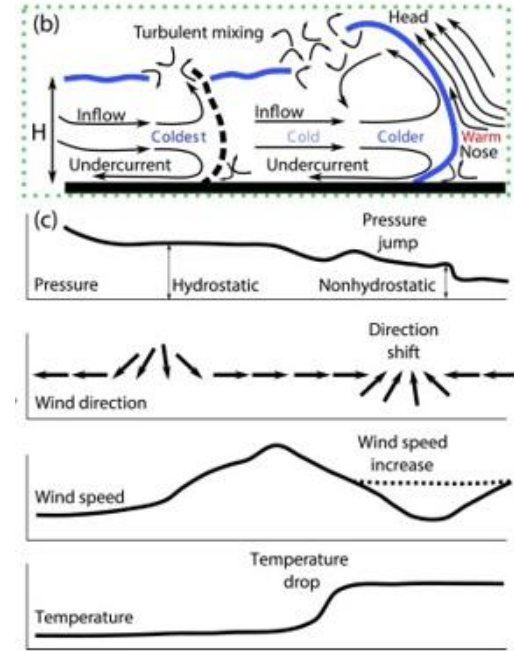
- Schémas conceptuels et définition du front de rafale orageux
- **Ligne de grain** : une ligne orageuse constituée d'orages multicellulaires, parfois supercellulaires et souvent précédée au sol d'un **front de rafales** repérable par un **nuage arcus**, signalant l'arrivée de l'air froid et dense du **courant descendant**
- Elle se constitue le plus souvent lorsque le mécanisme de soulèvement est **linéaire** ⇒ le long d'un **front froid** dans le secteur chaud



Active FIGURE 10.5 A simplified model describing air motions and other features associated with an intense multi-cell thunderstorm that has a tilted updraft. The severity depends on the intensity of the storm's circulation pattern.



FIG. 1. A conceptual model of a gust front moving from left to right. The illustration includes features that are often associated with gust fronts (from Droegemeier and Wilhelmson 1987).





Les phénomènes dangereux liés aux orages

Les lignes de grains avec fronts de rafales

- Aspect visuel : Ligne de grain avec arcus (shelf cloud)

Nuage arcus : indication visuelle de l'arrivée du front de rafales de l'orage

Représentation radar

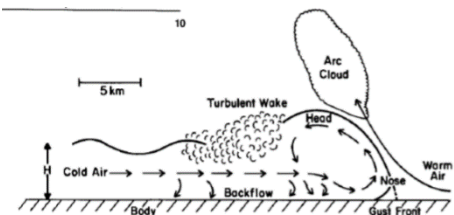
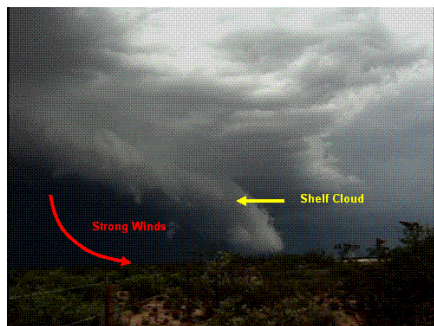


FIG. 1. A conceptual model of a gust front moving from left to right. The illustration includes features that are often associated with gust fronts (from Droegemeier and Wilhelmson 1987).



MétéoSuisse



Les phénomènes dangereux liés aux orages

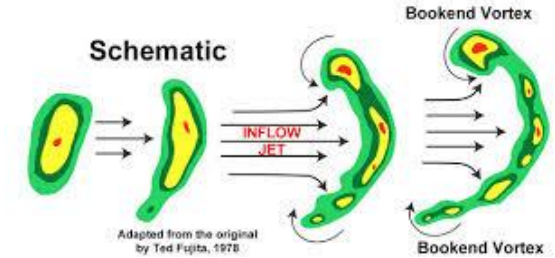
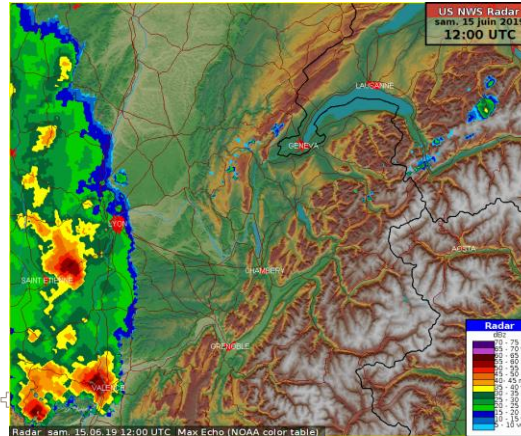
Les lignes arquées, orages en arc (bow echoes)

Qu'est-ce qu'un « orage en arc » ?

- Ligne orageuse de petite ou plus grande taille courbée vers l'avant et souvent annonciatrice de fortes/violentes rafales de vent (rafales linéaires)
- Elle peut se constituer soit à partir d'une cellule isolée (transition supercellule \Rightarrow orage en arc), soit le long d'une ligne de grain (LEWP)

Caractéristiques des orages en arc

- Producteurs prolifiques de fortes rafales de vents (micro/macro rafales)
- Il s'agit d'orages où le courant de densité est dominant contrairement aux orages supercellulaires
- Par contre, comme pour les supercellules, les orages en arc évoluent dans des environnements très cisailés et très instables (orages hautement organisés)





Les phénomènes dangereux liés aux orages

Les lignes arquées, orages en arc (bow echoes)

Aspect visuel : Lignes arquées, orages en arc (bow echoes)

USA



CH



MétéoSuisse



Les phénomènes dangereux liés aux orages

Les lignes de grain arquées, orages en arc (bow echoes)

Aspect visuel d'une ligne de grain arquée : exemple du Bol d'Or 2019 à bord «Morpho»

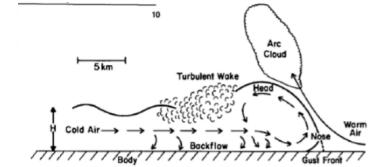
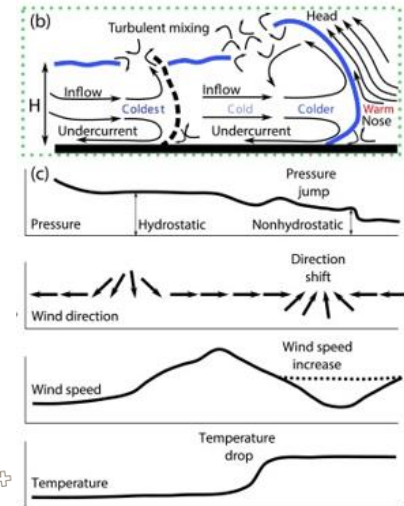


FIG. 1. A conceptual model of a gust front moving from left to right. The illustration includes features that are often associated with gust fronts (from Drogemier and Wilhelmson 1987).





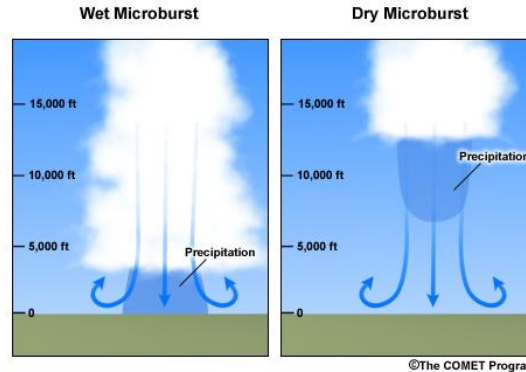
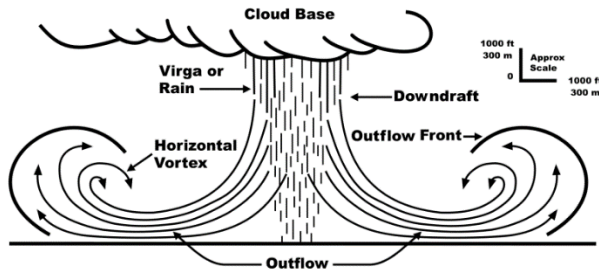
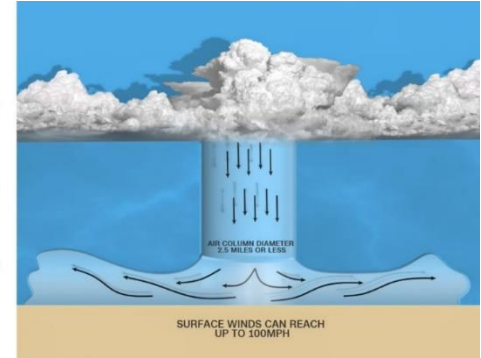
Les phénomènes dangereux liés aux orages

Les micro/macro-rafales (microbursts, macrobursts)

Qu'est-ce qu'une « microrafale » ?

- Il s'agit d'un puissant courant descendant au sein d'une cellule orageuse d'un **diamètre d'environ 1km**, qui vient frapper violemment le sol.
- Une fois qu'elle frappe le sol, la microrafale part en éventail et produit un « **pied de pluie**»... elle est génératrice de **violentes rafales de vent** (rafales linéaires)

- DRY MICROBURST**
- 1 WATER DROPLETS ARE LOFTED IN A THUNDERSTORM BY THE UPDRAFT
 - 2 WATER DROPLETS EVAPORATE AND COOL THE AIR WITHIN THE STORM
 - 3 COOL AIR ACCELERATES TOWARDS THE GROUND AS IT GETS HEAVIER





Les phénomènes dangereux liés aux orages

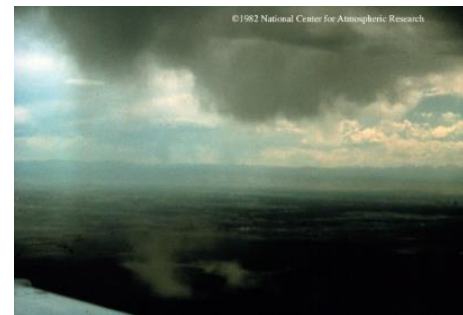
Les micro/macro-rafales

Aspect visuel : microrafales humides et sèches

Microrafales humides : vidéos et photos



Microrafales sèches



https://youtu.be/a_G2KRzha7o



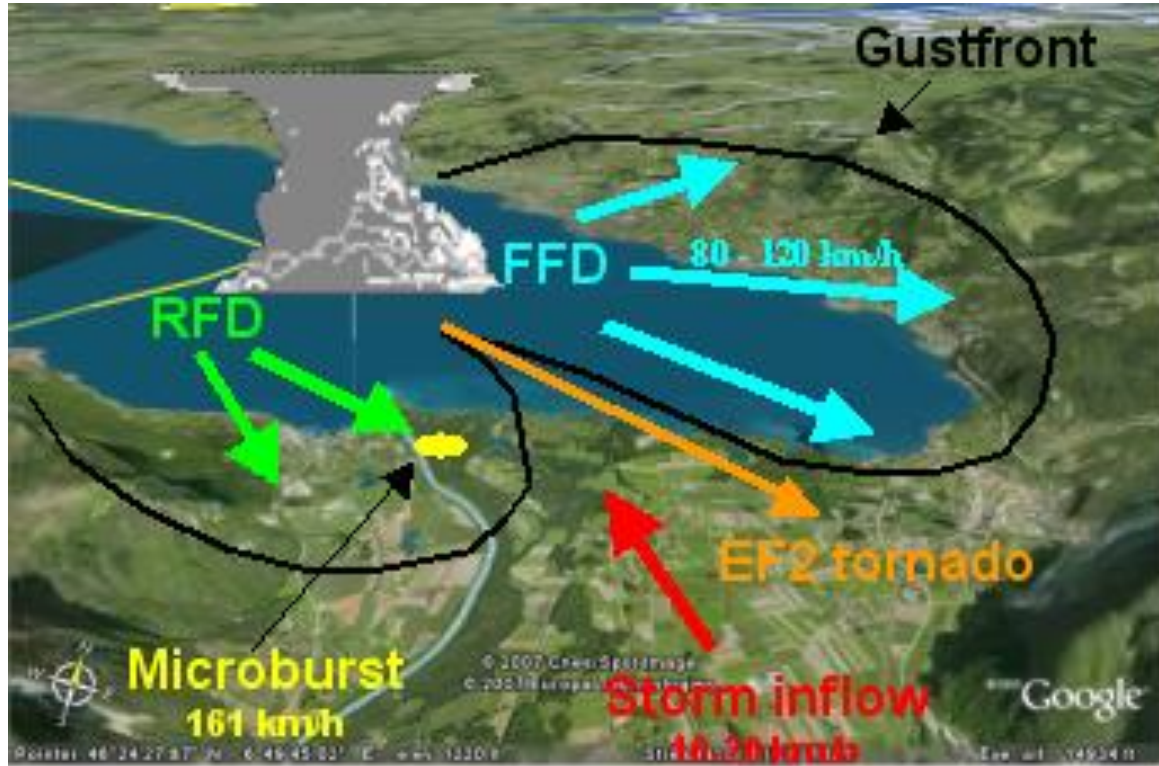
MétéoSuisse

<https://youtu.be/ObYRYF3d38Y>



Les phénomènes dangereux liés aux orages

Orage supercellulaire du 18 juillet 2005 sur le Léman : microrafale au Bouveret





Les phénomènes dangereux liés aux orages

Microrafale humide du 18 juillet 2005 au Bouveret



MétéoSuisse



Les phénomènes dangereux liés aux orages

Microrafale humide du 18 juillet 2005 au Bouveret



MétéoSuisse

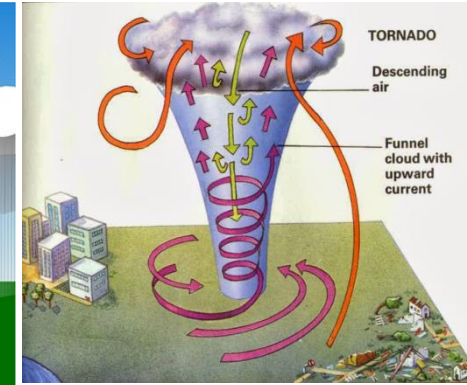
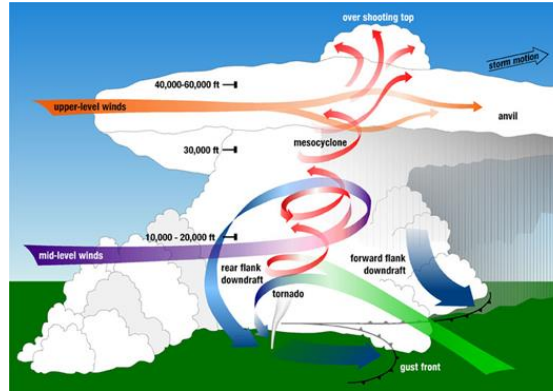


Les phénomènes dangereux liés aux orages

Les tornades

Qu'est-ce qu'une « **tornade** » ?

- Il s'agit d'un **tuba rotatif** composé de vapeur d'eau qui s'étire depuis la base nuageuse du courant ascendant d'un Cb (orage) jusqu'au sol.
- Les tornades sont classées selon **l'intensité des dégâts** qu'elles provoquent (échelle Fujita de 0 à 5)... les plus violentes sont produites par les orages supercellulaires... elles sont responsables de **violentes rafales de vent** (rafales rotatives)
- Sur l'eau, il s'agit de distinguer entre une **trombe tornadique** (tornadic waterspout) et une **trombe dite « de beau temps »** (fair weather waterspout)... ces dernières sont nettement moins violentes.



Enhanced Fujita Scale

The Enhanced Fujita Scale is used to measure the strength of tornadoes in Canada and the United States. In 2007, it replaced the Fujita Scale with updated wind speeds.

EF Rating	EF-Scale (wind speed rounded to 5 km/h)	Damage
0	90-130 km/h	Light
1	135-175 km/h	Moderate
2	180-220 km/h	Considerable
3	225-265 km/h	Severe
4	270-310 km/h	Devastating
5	315 km/h or higher	Incredible

Source: Environment Canada © Global News



MétéoSuisse



Les phénomènes dangereux liés aux orages

Les tornades

Aspect visuel des différents types de tornades

Cone / V-shaped



Stovepipe, cylinder, hourglass



Wedge



Rope, needle



L'aspect visuel d'une tornade ne renseigne en rien sur son intensité.... Même si les «wedges» ont tendance à être les plus violentes, l'on ne peut pas conclure une intensité sur l'échelle Fujita uniquement basée sur son apparence....

Les phénomènes dangereux liés aux orages

Les tornades



Tornade (trombe tornadique) du 18 juillet 2005 sur le Haut-Lac Léman et le camping des Grangettes



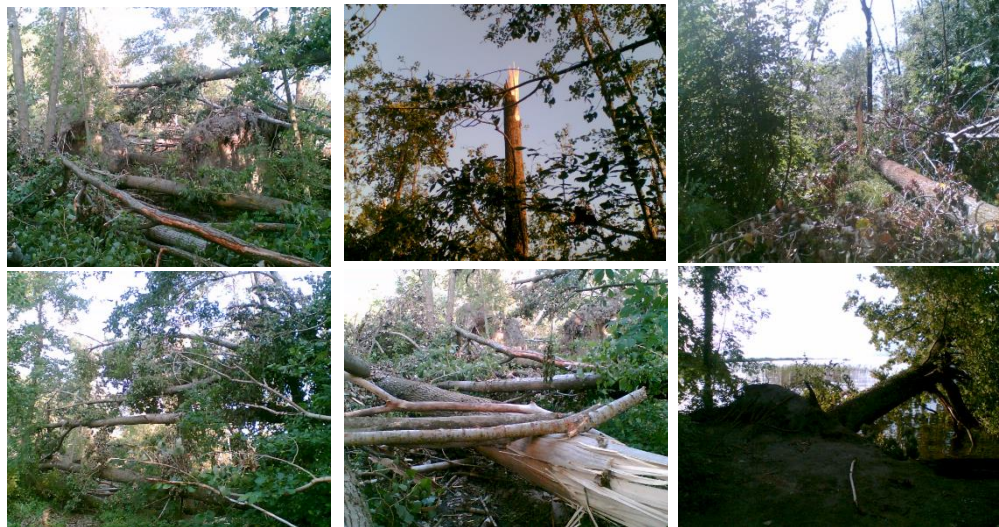
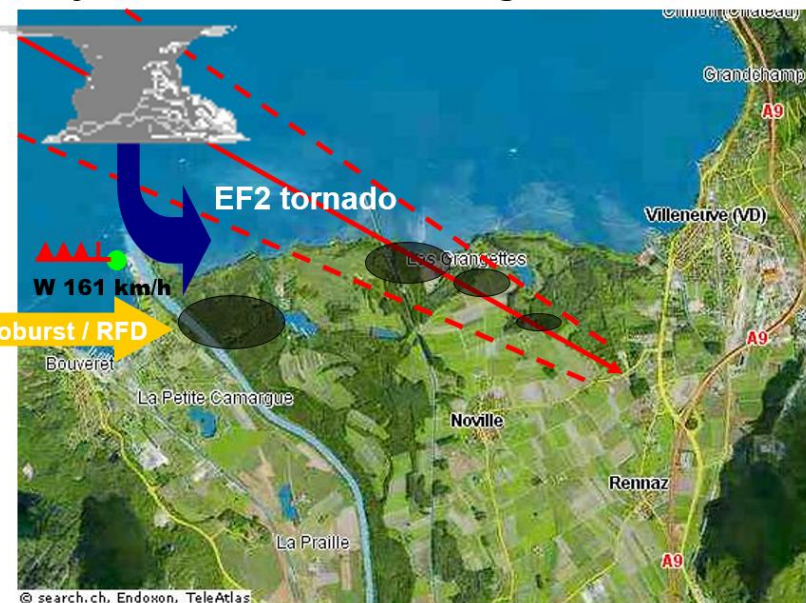
Photo prise par
Yannick Barton



Les phénomènes dangereux liés aux orages

Les tornades

Tornade (trombe tornadique) du 18 juillet 2005 sur le Haut-Lac Léman et le camping des Grangettes



La signature des dégâts aux arbres et à la végétation

- Tornades : dégâts torsadés et convergents sur la végétation le long d'un couloir étroit
- Microrafales : dégâts d'applatissage linéaire et en éventail de la végétation

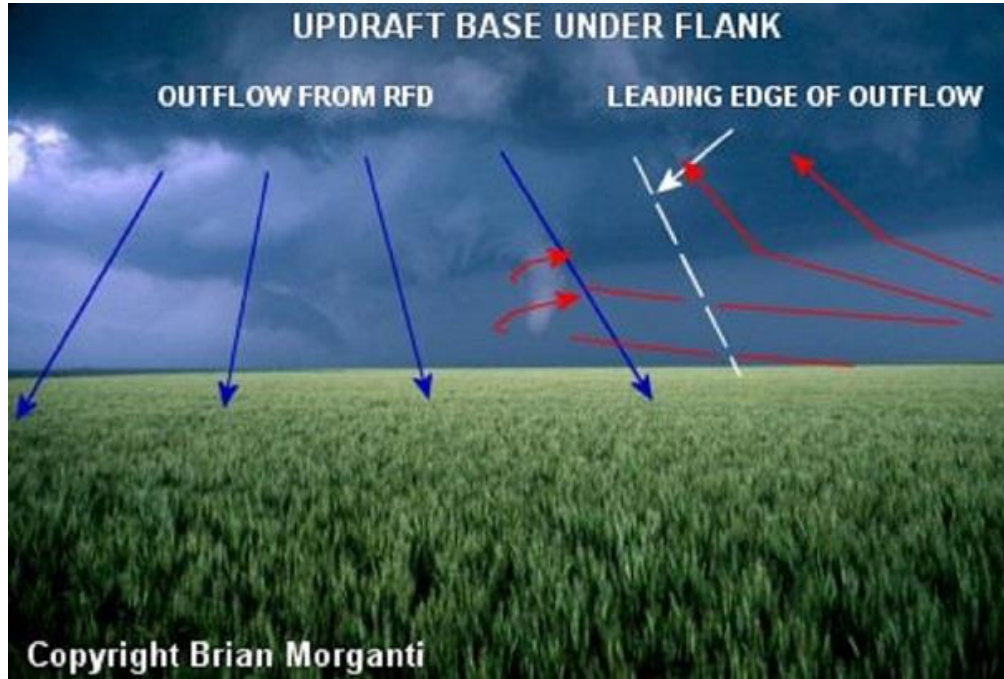


Les phénomènes dangereux liés aux orages

Tornades : comment les anticiper..? Quelles structures orageuses repérer?

Repérer le courant ascendant de l'orage
(la partie sombre et sans pluie de la base orageuse)

Repérer le nuage mur : indicatif d'un courant ascendant puissant
(dans une minorité de cas, une tornade peut se former en-dessous)





Les phénomènes dangereux liés aux orages

Autres types de circulations tourbillonnaires...moins violentes

Landspout

Trombe terrestre



Waterspout

Trombe marine



Gustnado



Dust Devil

Diabole de poussière



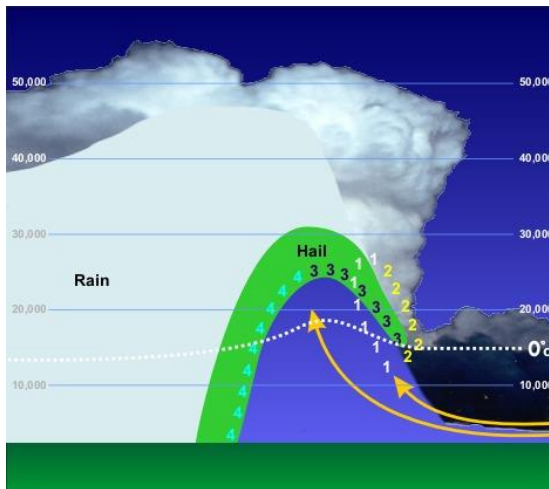
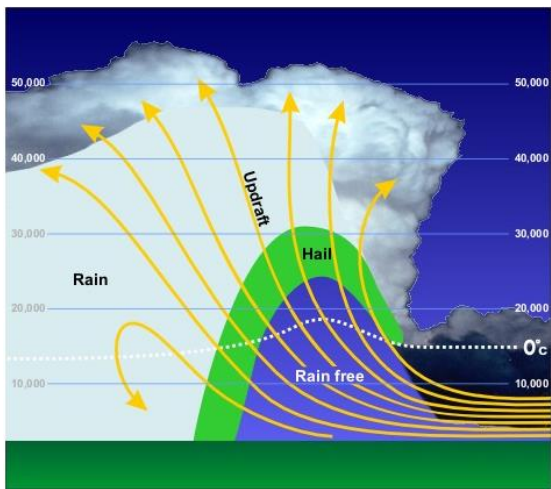
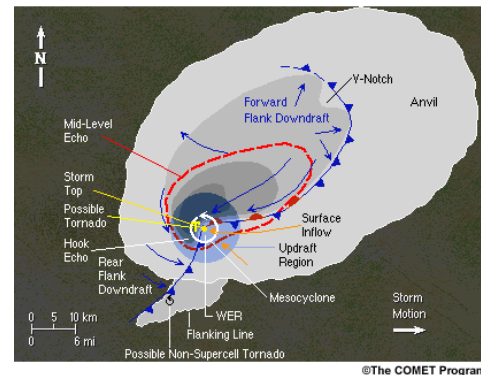


Les phénomènes dangereux liés aux orages

La grêle

Qu'est-ce la grêle?

- Agglomération/accrétion de glace autour d'un noyau de condensation qui prend du volume à fur à mesure de sa trajectoire et temps de résidence dans les températures négatives d'un orage
- Plus le **courant ascendant** de l'orage est **puissant**, plus le potentiel de produire des **gros grêlons** est important
- Les **orages supercellulaires** sont des **producteurs prolifiques de grêle**



Hailstone size	Measurement		Updraft Speed	
	in.	cm.	mph	km/h
bb	< 1/4	< 0.64	< 24	< 39
pea	1/4	0.64	24	39
marble	1/2	1.3	35	56
dime	7/10	1.8	38	61
penny	3/4	1.9	40	64
nickel	7/8	2.2	46	74
quarter	1	2.5	49	79
half dollar	1 1/4	3.2	54	87
walnut	1 1/2	3.8	60	97
golf ball	1 3/4	4.4	64	103
hen egg	2	5.1	69	111
tennis ball	2 1/2	6.4	77	124
baseball	2 3/4	7.0	81	130
tea cup	3	7.6	84	135
grapefruit	4	10.1	98	158
softball	4 1/2	11.4	103	166

MétéoSuisse



Les phénomènes dangereux liés aux orages

La grêle : comment l'anticiper..?

Aspect visuel : ciel verdâtre...

... indicatif de la présence de grêle



Vol EasyJet GVA-LHR Sept. 2003



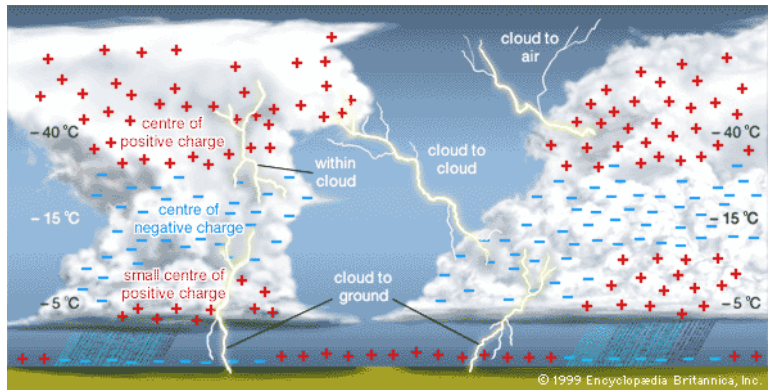


Les phénomènes dangereux liés aux orages

La foudre

Le danger des éclairs à polarité positive et de la foudre en air clair

- **Foudre en air clair (bolts from the blue)** : Emanent du **haut du CB** et peuvent frapper jusqu'à 10-15 km de distance lorsque l'orage s'est déjà éloigné
- **Eclairs à polarité positive** : sont très puissants, transfèrent un courant électrique en moy. 2x plus fort que les décharges (-) et peuvent provoquer d'importants dégâts
 - Eclair - : moy. 30 kA, jusqu'à 120 kA
 - Eclair + : moy. 60 kA, jusqu'à 400 kA
- Génèrent des **longs courants en continu** et donc plus susceptible de **provoquer des incendies** par la chaleur dégagée
- **Sont plus rares** (5-10% des coups de foudre) **mais plus dangereux** et souvent responsable des phénomènes TLE (sprites) au-dessus des Cb... n'ont **pas de traceurs descendants...**



MétéoSuisse



Les phénomènes dangereux liés aux orages

Foudre et sécurité

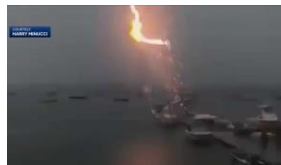
Conseils pour la protection contre la foudre à terre :

- Éviter le contact avec des **objets conducteurs d'électricité**, éviter de prendre une douche, de s'approcher de l'eau, ou **d'arbres isolés**, rester à l'intérieur d'un bâtiment fermé ou dans un **véhicule fermé**.



Conseils pour la protection contre la foudre sur un bateau :

- Ôter tous les **objets métalliques** sur vous (bijoux, etc...)
- Rester à l'écart des objets métalliques et des **prises électriques et antennes** et débranchez-les
- Descendre les balanciers et ranger les cannes à pêche
- Si le bateau arbore une cabine, rentrer dedans sinon **accroupissez-vous** le plus bas possible **au milieu du bateau**
- Préparez un chemin sûr pour la foudre : un **cheminement de faible résistance** entre le point le plus haut du bateau (le mât) et l'eau via une **plaque métallique de mise à l'eau**.



MétéoSuisse

<https://jaumesoler.net/un-rayo-cae-sobre-un-velero-en-boston-y-pasa-esto/>

La Tour-de-Peilz

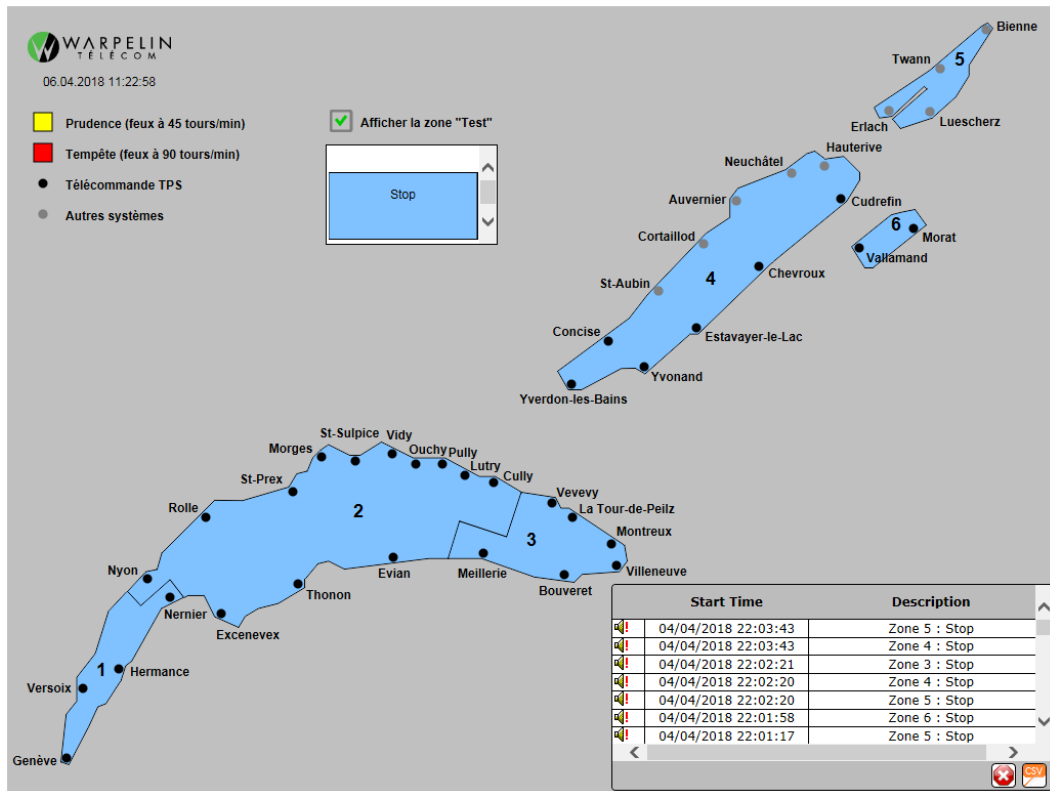




Dispositif d'avis lacs : feux à éclipses

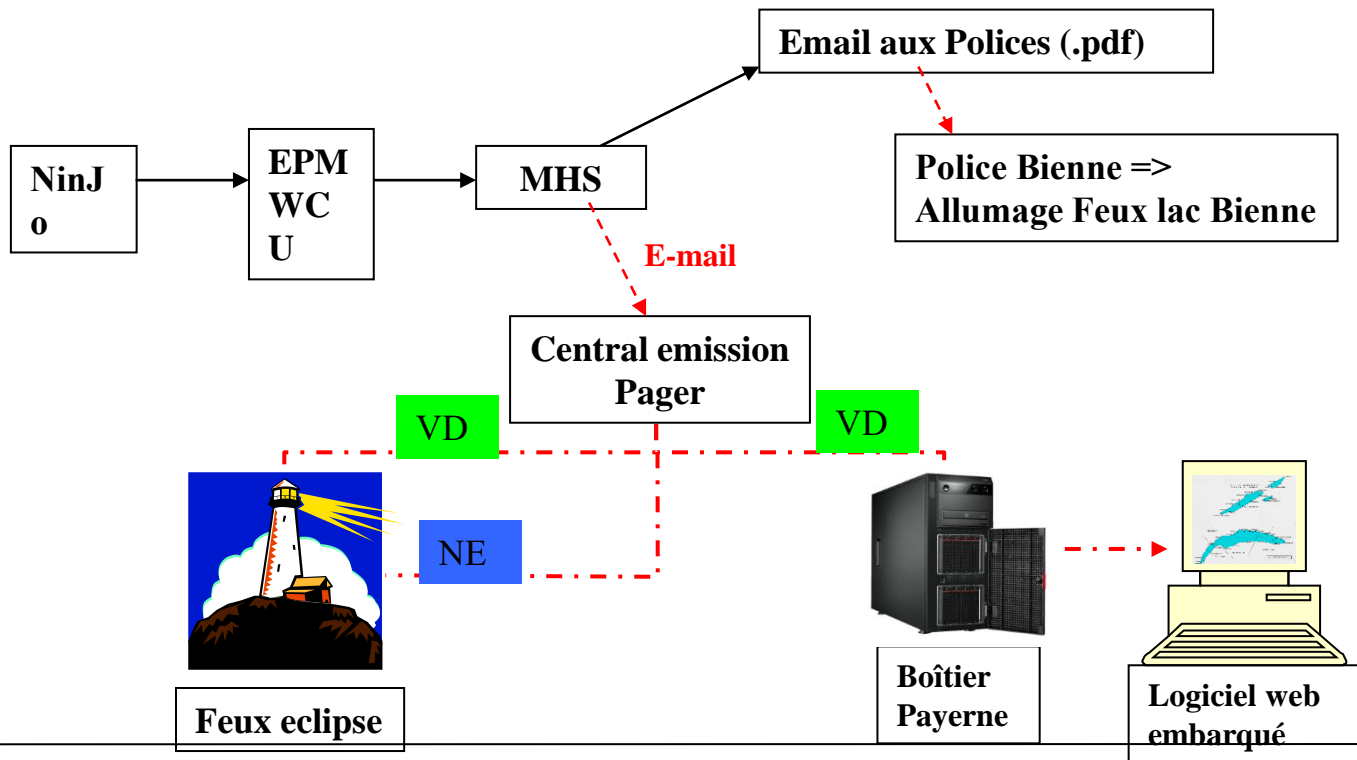
40 feux à éclipses

- 23 pour le Léman
 - 4 Petit-Lac
 - 13 Grand-Lac
 - 6 Haut-Lac
- 11 pour Lac Neuchâtel
- 2 pour Lac Morat
- 4 pour Lac Biemme
(enclenché par police)





Dispositif avis lacs : émission d'un avis



Rappel sur la procédure d'envoi des avis lacs





Procédure d'envoi des avis lacs

- Il existe un découplage partiel entre la période d'allumage des feux à éclipses et la durée des avis lacs sur notre carte de danger internet/app (procédure en application depuis nov 2017)

- Une fois émis, un avis lac :

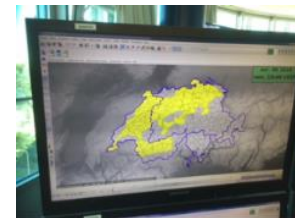
- Reste actif sur la carte de danger sur notre site internet/application pour la durée de l'avis (càd durant la période prévue de l'épisode venteux)

mais

- Les feux à éclipses tournent uniquement durant les 2 premières heures de l'épisode avisé (càd durant la période de mise-en-place de l'épisode venteux)

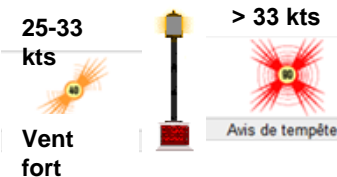
- Le but de cette procédure est de pouvoir assurer à la fois :

- la meilleure sécurité possible sur les plans d'eau
- une crédibilité optimale des feux vis-à-vis des différents utilisateurs de nos lacs (navigateurs, autorités lacustres, plaisanciers)
- satisfaire le principe d'homogénéité de procédure d'avertissement souhaité par MétéoSuisse



Carte de danger : avis reste actif durant l'entier de l'épisode avisé

But : aviser les périodes d'épisodes venteux sur les plans d'eau



Feux : avis reste actif durant les 2 premières heures max, sauf si renouvellement

But : aviser les navigateurs d'un danger imminent de rafales sur les plans d'eau



Procédure d'envoi des avis lacs

• Procédure d'envoi pour les différents types de vent

• **Rafales liées à la bise et au vent de sud-ouest** (vents qui par définition montent en puissance graduellement et agissent sur une longue durée)

- **Le météorologue avertit l'entier de l'épisode venteux > 25 kts**
- **Carte de danger internet/ application** : l'avis reste actif durant l'entier de l'épisode venteux
- **Les feux à éclipses** : tournent uniquement durant les 2 premières heures de mise en place de l'épisode

• **Rafales liées aux orages, au joran et à la vaudaire de foehn** (vents qui par définition se mettent en place brusquement et agissent par à-coups)

- **Le météorologue avertit ces évènements par tranches de 30 minutes à 2 heures selon la durée estimée de l'épisode venteux et renouvelle l'avis ou monte en puissance si le risque de rafales se poursuit**
- **Carte de danger internet/application** : l'avis reste actif durant l'entier de l'épisode (la tranche spécifiée)
- **Les feux à éclipses** : tournent également durant l'entier de la tranche spécifiée (qui est égale ou inférieure à 2 heures de temps).



Bise et sud-ouest

Météorologue : avertit l'épisode
Carte danger : affiche l'épisode
Feux éclipses : tournent 2hrs



Orages, Joran, Foehn

Météorologue : avertit 30min-2hrs
Carte danger : affiche 30min-2hrs
Feux éclipses : tournent 30min-2hrs
Avis renouvelés si besoin



Procédure d'envoi des avis lacs

- Cette procédure est en accord avec l'article 40 de l'ordonnance sur la navigation intérieure (ONI) qui stipule qu'un avis de vent fort ou de tempête « attire l'attention sur le danger de l'arrivée de vents dont les rafales... » peuvent atteindre ou dépasser les seuils.

Teneur de l'Article 40 de l'Ordonnance sur la Navigation Intérieure (ONI)

Art. 40¹ Signaux d'avis de tempête

¹ L'avis de gros vent (feu orange scintillant à environ 40 apparitions de lumière par minute) attire l'attention sur le danger de l'arrivée de vents dont les rafales peuvent atteindre 25 à 33 noeuds (env. 46 à 61 km/h), sans indication précise de l'heure. Il est émis aussi tôt que possible.

² L'avis de tempête (feu orange scintillant à environ 90 apparitions de lumière par minute) attire l'attention sur le danger de l'arrivée de vents dont les rafales peuvent dépasser 33 noeuds (env. 60 km/h), sans indication précise de l'heure.

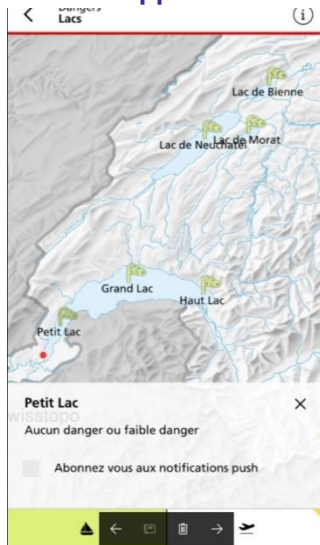
¹ Nouvelle teneur selon le ch. I de l'O du 15 janv. 2014, en vigueur depuis le 15 fév. 2014 ([RO 2014 261](#)).



Procédure d'envoi des avis lacs : Les plateformes et dispositifs

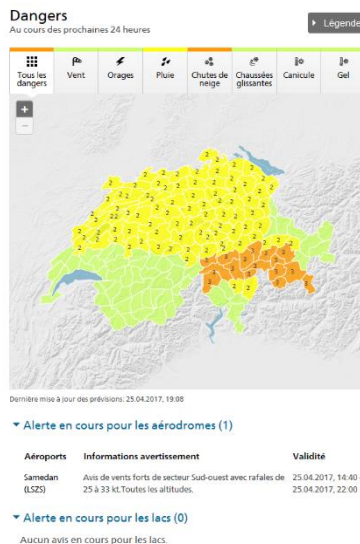
L'avis lac sur la carte de danger

de l'application



Reste valide durant l'entier de l'épisode avisé

du site internet



Reste valide durant l'entier de l'épisode avisé

Sur les lacs (feux à éclipses)



Restent allumés durant les 2 premières heures max (sauf si risque de brusques rafales d'orages, de joran ou de foehn persiste - renouvellement d'avis)

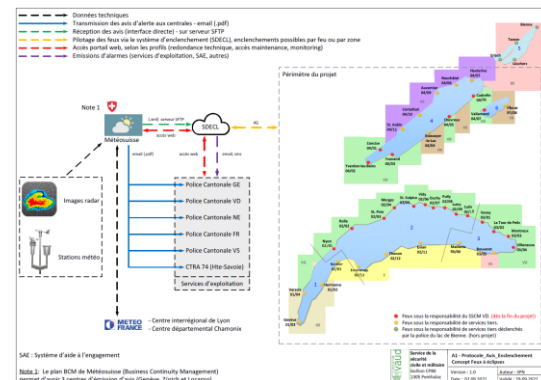
Renouvellement des feux à éclipses et de son système de commande





Projet de rénovation des feux à éclipses des lacs romands ainsi que de son système de commande

- Un projet est actuellement en cours pour remplacer le système de commande des feux à éclipses et des feux eux-mêmes.
- Ce renouvellement relève de la compétence des cantons et c'est le service de la sécurité civile et militaire du canton de Vaud qui pilote ce projet en collaboration avec les autres cantons.
- MétéoSuisse collabore activement avec ce service afin d'assurer une transition harmonieuse vers le nouveau système de commande et de renouvellement des feux à éclipses et afin que nous puissions communiquer de manière efficace avec le nouveau dispositif pour envoyer nos avertissements lacs.
- Monsieur Steve Papilion (steve.papilion@vd.ch) du service de la sécurité civile et militaire du canton de Vaud est le responsable du projet
- Ce projet est actuellement dans sa phase de réalisation





Projet de rénovation des feux à éclipses des lacs romands ainsi que de son système de commande

- Ce projet est composé de deux volets
 - 1) Remplacement du dispositif d'enclenchement (technologie 4G/5G)
 - 2) Remplacement des feux actuels par des feux LED
 - Entreprise : Logilux SA basée à Payerne (remporté mise en concours publique)
 - Pilotage du projet : service civil et militaire du canton VD (Steve Papillon)
- Ce projet est actuellement dans sa phase de réalisation
 - Dispositif d'enclenchement et de visualisation : en phase de réalisation
 - Les nouveaux feux : mise-en-place entre juin-octobre 2024 sur les différents sites autour des lacs romands (remplacement des anciens feux sur les même sites)
 - Finalisation du projet prévu pour février 2025





Merci de votre attention...

...prudence...

... et bons vents! 😊



MétéoSuisse