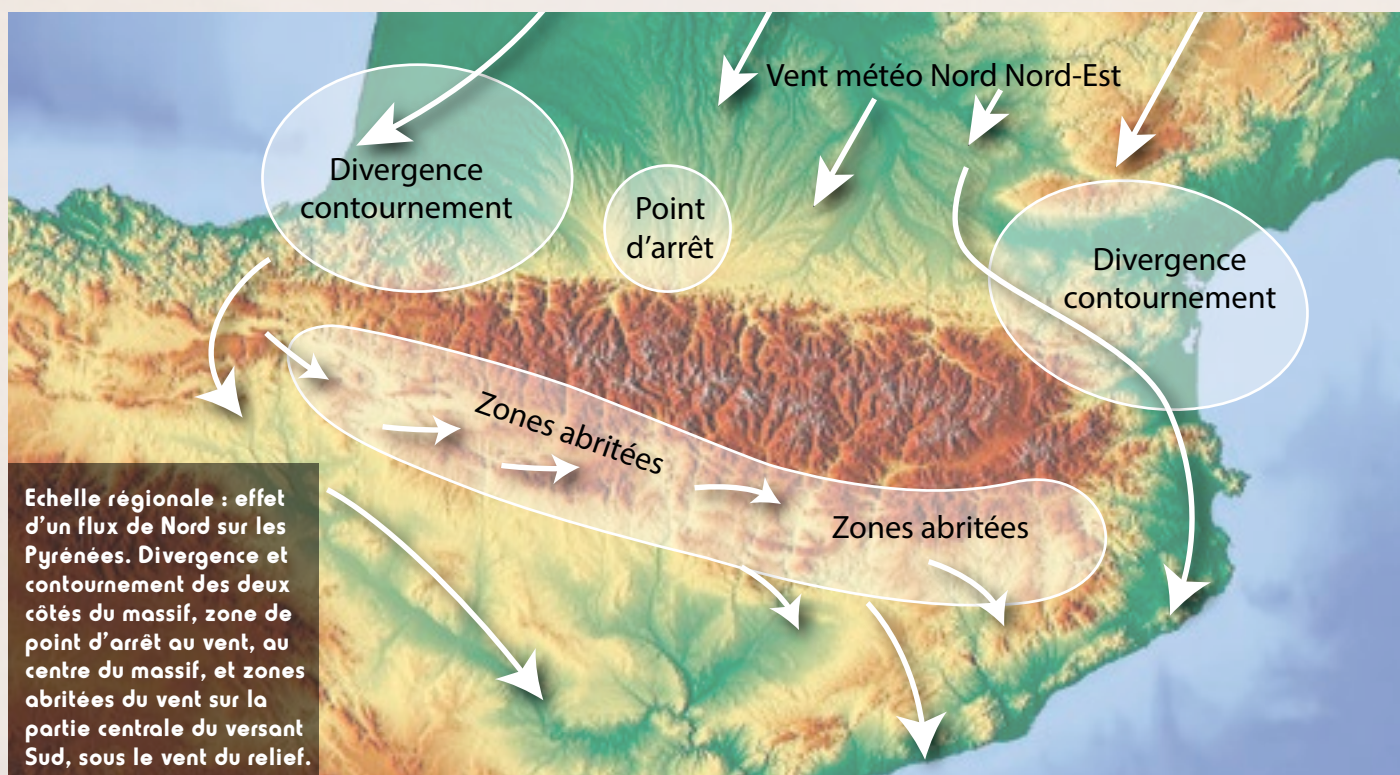


SOUS LE VENT

S'IL Y A UNE CHOSE À ÉVITER LORSQU'ON DÉBUTE, C'EST DE VOLER SOUS LE VENT. RIEN QUE L'EXPRESSION "VOLER SOUS LE VENT" FAIT PEUR. AVEC L'EXPÉRIENCE POURTANT, NOUS VOLONS RÉGULIÈREMENT SOUS LE VENT SANS POUR AUTANT PRENDRE DE RISQUES...



Echelle régionale : effet d'un flux de Nord sur les Pyrénées. Divergence et contournement des deux côtés du massif, zone de point d'arrêt au vent, au centre du massif, et zones abritées du vent sur la partie centrale du versant Sud, sous le vent du relief.

VOLER sous le vent signifie danger pour beaucoup de pilotes. Pourtant, pour progresser il faut nuancer cette idée. Car dans certaines situations, il y a de bonnes raisons de voler sous le vent. L'une des raisons pour lesquelles on va parfois se placer sous le vent d'un relief ou dans une zone d'air abrité, c'est qu'on y trouve d'excellents thermiques. Mais on ne le fera qu'à condition de bien comprendre l'aérodynamique et de prendre les bonnes décisions. Au final on est souvent sous le vent de quelque chose : du relief, du thermique, du terrain...

On analysera les situations de vol sous le vent en se basant sur trois critères essentiels. Par ordre d'importance :

- . 1. Taille et forme de l'obstacle sur lequel le vent va buter.
- . 2. Force et orientation du vent.

. 3. Caractéristique de la masse d'air : son niveau d'instabilité et la force de la convection.

1. TAILLE ET FORME DE L'OBSTACLE

Il faut raisonner en terme d'échelle de grandeur. Comme pour faire une analyse de l'aérodynamique, il faut d'abord réfléchir sur une grande échelle (région, massif, île...). Puis progressivement zoomer sur les phénomènes plus locaux qui touchent le site de vol et ses environs (crêtes, sommets, qui nous sont proches). On finit par s'intéresser aux petits mouvements de terrain tels que les épaules, dômes, talwegs, combes, éperons. En fin de vol, on pense aussi aux obstacles qui peuvent se présenter en approche : haies d'arbres, maisons...

Ainsi est-t'on amené à voler sous le vent d'un massif, d'une

île, d'une montagne, d'une crête, d'un épaulement, d'une haie d'arbres, d'une maison. Plus l'obstacle est grand et plus il nous protège. Plus l'obstacle est petit, plus on est près du sol et plus il faut se méfier. Un massif montagneux nous offre, sous le vent, des zones abritées, alors qu'une maison ne pourra offrir des zones abritées... qu'à un papillon.

La forme de l'obstacle détermine l'écoulement de l'air qui, à partir de 20 km/h, peut générer de la turbulence, au vent et sous le vent de cet obstacle. Les reliefs et obstacles à formes douces, rondes et progressives provoquent une déviation progressive des filets d'air. Sur les collines, les terrains vallonnés, l'écoulement reste laminaire partout, car l'air reste au contact du sol, y compris dans les zones sous le vent (le flux ne

fait que s'infléchir pour redescendre tranquillement derrière l'obstacle). Dans ces reliefs collinéens, le vent va s'engouffrer partout : il n'y aura pas de secteurs sous le vent ou abrités et les thermiques seront difficilement exploitables.

On trouve aussi de la turbulence au vent des reliefs abrupts, rugueux et accidentés. Elle se manifeste lorsque le flux dépasse les 20 km/h et lorsque l'air se décolle au niveau des ruptures, des cassures et des formes tourmentées. Toujours à partir de 20 km/h, quand le vent fait un angle supérieur à 40° avec la pente, on trouve un écoulement turbulent sous le vent du relief car l'air ne peut plus rester au contact du sol. Le flux d'air devient turbulent et il redescend en formant des rouleaux sous le vent du relief. A ne jamais oublier : l'air

cherche d'abord à contourner un obstacle plutôt qu'à le surmonter. Il diverge de chaque côté de l'obstacle avant de passer par-dessus. Il faut donc observer la forme de l'obstacle. Plus le relief est isolé et plus le vent aura de facilité pour le contourner. Le flux d'air va diverger "au vent" et converger "sous le vent".

On ne peut pas détailler toutes les formes existantes dans la nature pour prévoir les effets du vent, mais il est facile d'en distinguer deux : les reliefs isolés coniques et les reliefs allongés.

• Reliefs isolés et coniques

Le vent a plus de facilité à contourner le relief qu'à passer par-dessus. Plus la masse d'air est stable, et plus le phénomène est prononcé. Le flux d'air va diverger devant l'obstacle, puis après l'avoir contourné, il aura tendance à converger derrière l'obstacle. Pensez à l'eau qui s'écoule autour des gros cailloux dans une rivière. Dans la zone de convergence sous le vent de l'obstacle, si celui-ci est assez important pour abriter un volume d'air immobile, il peut y avoir de l'ascendance thermique. La présence et la qualité de ces thermiques dépend de la taille et de la forme du relief, mais aussi du niveau d'instabilité de la masse d'air et du rayonnement solaire.

• Reliefs allongés

Ils correspondent à des lignes de crête (exemple, la Chartreuse), des reliefs linéaires (exemple, Ager en Catalogne), des plateaux (exemple, Aguer gour au Maroc) qui bloquent et détournent en hauteur l'écoulement de l'air. Le vent est contraint de s'élever et de passer principalement par-dessus le relief, car il a moins la possibilité de passer sur les côtés. Sur ces types de reliefs, les effets venturi sont plus marqués (accélération au niveau des cols). Sous le vent de ces reliefs, à partir de 20 km/h de vent, il faut s'attendre à des turbulences. Mais tout dépend de l'orientation du vent arrivant sur ces reliefs et de la présence de thermique dans la zone sous le vent. Nous allons y venir.

2. FORCE ET ORIENTATION

Tout comme pour la taille et la forme de l'obstacle, il faut d'abord raisonner en fonction de l'échelle. On s'intéresse à l'échelle régionale (un massif, une région) avant de focaliser sur l'échelle locale.

À l'échelle régionale, plus l'obstacle est grand et plus la force du vent peut être grande. Pour un massif montagneux à l'échelle régionale, 50 km/h est une limite au-delà de laquelle il est difficile de trouver des zones sous le vent exploitables. Exemples connus : les îles de Tenerife ou de la Réunion. Mais l'exemple le plus frappant que je connais est le massif des Annapurnas au Népal. On vole toute l'année dans la région de Pokhara, sous le vent des géants de la terre que sont le Daulagiri et les Annapurnas. Ces énormes montagnes protègent toute la région en détournant les courants d'Ouest très forts qui soufflent régulièrement à très haute altitude.

À l'échelle locale, on a vu qu'à partir de 20 km/h, un flux peut générer de la turbulence au vent d'un relief et sous le vent. À partir de 20 km/h il faut donc tenir compte des turbulences générées par des reliefs ou obstacles qui nous sont proches. On se méfiera des sommets et crêtes qui nous surplombent directement. On n'oubliera pas qu'un vent de 10 ou 15 km/h régulier reste la plupart du temps inoffensif si on vole sous le vent, quelle que soit la forme de l'obstacle... alors qu'avec plus de 20 km/h de vent, ce n'est plus la même chanson ! Mais n'oubliez pas que la raison pour laquelle on vient se placer dans une zone sous le vent est que l'on espère y trouver de bons thermiques.

En résumé, la force du vent est déterminante. On analyse d'abord les effets du vent à l'échelle d'un massif (contournements, soulèvements, accélérations). La limite raisonnable du vol sous le vent d'un relief proche est d'environ 20 km/h de vent météo. Au-delà, le vent a assez de force pour venir perturber le système convectif en

place, et on s'expose à un niveau élevé de turbulences. Si on décide d'y aller, il est impératif de garder une bonne marge par rapport au relief et au sol : 80m est une hauteur minimale pour ressortir d'un incident de vol.

• Angle d'attaque du vent

La trajectoire du vent abordant un relief joue un rôle déterminant sur son écoulement. Il pourra être laminaire, turbulent, ralenti ou accéléré, selon l'angle avec lequel le vent arrive sur l'obstacle. Cet angle influe directement sur les effets de contournement et de soulèvement, et conditionne la localisation et la présence des turbulences sous le vent. Ainsi, derrière l'obstacle, on peut passer d'une zone abritée (inerte) à une zone d'accélération ou à une zone de turbulences. L'angle d'attaque du vent est particulièrement déterminant quand le relief est du type allongé. S'il s'agit d'un relief isolé, ce sont les phénomènes de divergence, convergence qui s'établissent. Voici trois effets que l'on rencontre couramment :

• **Effet de canalisation** : quand un flux aborde un relief ou un versant par le côté, en biais, il va être canalisé et accéléré par effet de convergence. Surtout si la masse d'air est stable. Le long du relief, le vent sera plus fort et il ne sera pas possible de trouver de bons thermiques.

• **Effet de divergence sous le vent** : quand le vent contourne un relief prononcé, on trouve sous le vent de ce relief une zone abritée. Une divergence induit un ralentissement du vent et si dans cette zone il y a un bon ensoleillement, on y trouvera de bons thermiques.

• **Effet d'aile** : quand le vent aborde un relief de forme plutôt linéaire avec moins de 20° d'angle, il se produit une accélération due au phénomène de dépression qui apparaît derrière le relief tout comme cela se produit sur nos profils d'ailes.

Toujours selon les mêmes principes de l'aérodynamique, on constate une diminution du vent

butant perpendiculairement sur une barrière montagneuse, au niveau du point d'arrêt. Le plus bel exemple en est les Pyrénées. Sur les secteurs situés à l'extérieur du point d'arrêt, le vent accélère plus ou moins en fonction de la forme du relief et des effets de canalisation induits.

3. CARACTÉRISTIQUES DE LA MASSE D'AIR

Pour comprendre les effets du vent sur le relief, il faut connaître les caractéristiques de la masse d'air, et notamment son **niveau d'instabilité** ainsi que les **différentes couches** qui la composent.

• Masse d'air stable :

On l'a vu : quand le vent rencontre un relief allongé, il est obligé de passer par-dessus. En atmosphère stable, les molécules d'air en butant sur l'obstacle ont plus de mal à monter. Le vent aura donc plutôt tendance à contourner le relief. Les couches supérieures en s'opposant à l'expansion du volume d'air soulevé, obligent le vent à accélérer par effet venturi. Les turbulences d'obstacles sont ainsi plus fortes. Ce phénomène est encore accentué lorsqu'il y a une couche d'inversion : l'effet venturi au sommet du relief en est augmenté.

Dans ces masses d'air stables, la convection déjà anarchique au départ, sera encore plus difficilement exploitable sous le vent des reliefs, malgré une bonne exposition et un bon ensoleillement. Voler sous le vent d'un relief dans une masse d'air stable est vraiment délicat.

• Masse d'air instable :

Lorsque la masse d'air est instable, le vent a plus de facilité pour passer au-dessus du relief et des obstacles car la contrainte verticale est faible. Ainsi les molécules d'air peuvent s'élever facilement au-dessus de l'obstacle. Les versants sous le vent du relief qui sont bien exposés aux rayons solaires vont pouvoir générer de la convection grâce à l'instabilité de la masse d'air. On vole ainsi fréquemment en thermique sur des versants glo-

blement Sud alors qu'un vent de Nord souffle au niveau des reliefs proches. 20 km/h de vent est une valeur au-delà de laquelle les conditions de vol sous le vent du relief deviennent délicates. En l'absence de convection sur ces versants Sud, le vol n'est plus possible. Pour voler sous le vent, il faut donc rassembler ces deux critères : force du vent ne dépassant pas environ 20 km/h sur les reliefs proches, et présence d'une bonne activité thermique sur les secteurs sous le vent. Plus la convection est forte et moins on ressentira les effets du vent dans la zone sous le vent. C'est ainsi que certains débuts ou fins de journées de vol sont difficiles lorsque l'activité thermique est en train de se mettre en place ou de diminuer, et que le vent météo vient contrarier et abîmer les thermiques sous le vent qui manquent alors de vigueur et de régularité. Quand la convection se renforce, à la mi-journée, les thermiques étant mieux organisés et les plafonds montant, la présence du vent météo se fait moins sentir. C'est ainsi que la zone au départ sous le vent devient plus saine grâce à une convection bien installée. Dès lors, sur les versants bien exposés, la convection organise et régule l'aérodynamisme selon ses propres règles : brises de pentes, thermiques de pente, colonne thermique. Elle impose au vent son propre fonctionnement.

A l'inverse, si le vent météo forçait et s'accompagne de voile en altitude, l'activité thermique se dégrade et il devient plus difficile voire impossible d'exploiter les thermiques sous le vent.

• **Les différentes couches** qui composent une masse d'air sont à prendre en compte. On vient de voir qu'une couche d'inversion au-dessus des reliefs joue un rôle important sur l'écoulement du vent sur un relief. En empêchant la masse d'air de s'élever, le vent va s'accélérer sur le relief.

Les basses couches qui composent les fonds de vallée sont intéressantes dans le sens où elles subissent moins les effets

du vent météo. Ces couches d'air situées près du sol se refroidissent la nuit grâce au rayonnement de la terre. La masse d'air plus froide et aussi plus humide, immobile dans les dépressions, les cuvettes et les fonds de vallée, va nous protéger d'un vent météo fort qui souffle au-dessus. Tant que les basses couches garderont leurs propriétés (température plus basse et humidité plus forte) le vent météo soufflera au-dessus de cette masse d'air. Cependant, et vous l'avez souvent constaté, en fin de matinée le vent météo qui souffle en altitude va descendre dans les reliefs et s'engouffrer dans les vallées. Ce phénomène va se produire quand les basses couches sont suffisamment

“Plus l'obstacle est grand et plus il nous protège. Un massif montagneux nous offre, sous le vent, des zones abritées, alors qu'une maison ne pourra offrir des zones abritées... qu'à un papillon.”

instables pour générer de la convection. Ainsi dans la matinée, cette masse d'air refroidie dans la nuit par le rayonnement terrestre, s'assèche sous l'effet du rayonnement et se met en mouvement sous l'effet de la convection. Et c'est alors que le vent météo va pénétrer dans les basses couches qui perdent leurs caractéristiques sous l'effet des turbulences liées à la convection. Le vent est appelé vers le bas grâce aux descentes, alors que l'air du fond de la vallée qui alimente la convection monte dans les ascendances. Tout ceci permet au vent météo de se mélanger à l'air des basses couches. Dans ce genre de situation, on pourra voler le matin dans une masse d'air stable et inerte, “protégée” du vent, mais sans l'espoir de trouver de bons thermiques.

Un autre schéma, plus favorable pour le vol en thermique, peut apparaître lorsque le vent souffle en altitude et sur les reliefs : avec la convection qui s'installe sur un massif, l'appel d'air et l'advection issue de

l'échange plaine-montagne se mettent en place avec l'apparition des brises de pente et des thermiques. L'air de la plaine (ou l'air maritime plus humide) alimente alors la machine convective. Dans les vallées (ou sur les régions côtières) souffle une brise amenant de l'air aux caractéristiques différentes de l'air transporté par le vent météo (plus sec) qui souffle au-dessus. Et vous le savez : les masses d'air ne se mélangent pas. Il faut du temps pour que leurs différences s'atténuent sous l'effet de la turbulence. C'est ainsi que l'on a l'habitude de dire que le vent de vallée, la brise de mer, la convection en général nous “protègent” du vent météo. On pourra donc voler dans des secteurs au départ

sous le vent grâce à l'apparition de ces différents phénomènes liés à la convection. J'ai coutume de dire que la machine convective nous protège des méfaits du vent.

ABRITÉ OU SOUS LE VENT ?

Je vous ai parlé précédemment tantôt de zones sous le vent et d'autres fois de zones abritées. Quelles sont les différences et comment les distinguer ?

• **Zone d'air abritée** (ou déventée) : elle accueille un volume d'air plutôt immobile, protégé du vent grâce au relief qui la surplombe. A l'intérieur de ce volume, la convection va pouvoir se mettre en place et les thermiques pourront bien se former. L'air au contact des collecteurs va pouvoir se réchauffer car il n'est pas constamment déplacé par le vent et la turbulence. On rencontre ainsi les meilleurs thermiques dans des zones abritées du vent ou de la brise. Là aussi les notions d'échelle sont importantes. On peut parler d'un petit volume d'air au-dessus d'un champ

entouré de haies d'arbres, d'un vallon à l'abri d'une crête, ou d'un relief linéaire de plusieurs kilomètres...

Lors de journées où souffle du vent en altitude et sur les reliefs, dans ces zones abritées du vent, en début de journée il est fréquent de voir le flux dégouliner gentiment le long des pentes; puis, dans la matinée, des périodes de calme, de vent descendant et de brise montante alternent; petit à petit la convection s'installe et impose ses règles, tout se met en place : brise de pente, brise de vallée, thermique de pente et colonnes thermiques, mouvements advectifs induits par l'échange plaine-montagne.

• **Zone sous le vent** : c'est une zone où l'air est constamment en mouvement, brassé par la turbulence et par le passage de thermiques très délicats à exploiter. La seule possibilité d'exploiter les thermiques de ces zones sous le vent est d'arriver dessus avec de la hauteur (au moins 100m) : le thermique est alors moins turbulent, donc plus exploitable, et l'on va pouvoir s'extraire si l'on arrive à spiraler efficacement. En dessous, c'est aléatoire. Seule une convection forte nous permettra de voler dans ces secteurs mais il faudra s'attendre à trouver de fortes turbulences générées à la fois par des thermiques forts et des turbulences d'obstacle. Le niveau d'engagement est très élevé. Il faut garder de la hauteur par rapport au sol !

Dans le prochain numéro, je vous parlerai de stratégie, de pilotage et d'expérience vécues. En attendant, retenez que voler sous le vent est possible et intéressant quand : 1) l'obstacle offre une bonne protection. 2) le flux ne dépasse pas 20 km/h sur les reliefs proches à l'échelle locale. 3) le vent ne dépasse pas 50 km/h sur les massifs à l'échelle régionale. 4) la masse d'air est instable. 5) il y a de la convection dans la zone sous le vent du relief. 6) on peut évoluer avec de la hauteur (+ de 80 m). 7) on peut évoluer dans les basses couches au-dessus desquelles souffle le vent météo. ■