



## Thermiques d'hiver à Verbie, le pourquoi du comment...

**Quelles sont les différences de températures et d'humidité entre l'air du thermique et l'air ambiant? Je n'ai pas trouvé de réponse entièrement satisfaisante à cette question dans la littérature que j'ai réunie péniblement au fil des ans. Mais j'ai toujours espéré un jour, avec l'évolution de la technologie, obtenir un petit appareil précis pour mesurer et enregistrer moi-même les paramètres atmosphériques durant un vol.**

Jean Oberson [www.soaringmeteo.ch](http://www.soaringmeteo.ch)

Par ailleurs, il me semble que le parapente, par sa lenteur et sa précision de pilotage, est idéal pour réaliser une telle expérience. A la fin 2006, la maison JDC, connue des libéristes pour les célèbres Windwatch, a enfin sorti le petit bijou dont je rêvais: le Skywatch GEOS 11. J'ai donc commencé par mesurer les petits thermiques de fin d'année. Cela ne tombe pas trop mal, car les thermiques d'hiver sont naturellement source d'étonnements. Je me réjouis cependant d'effectuer des mesures dès ce printemps.

### Matériel et méthode

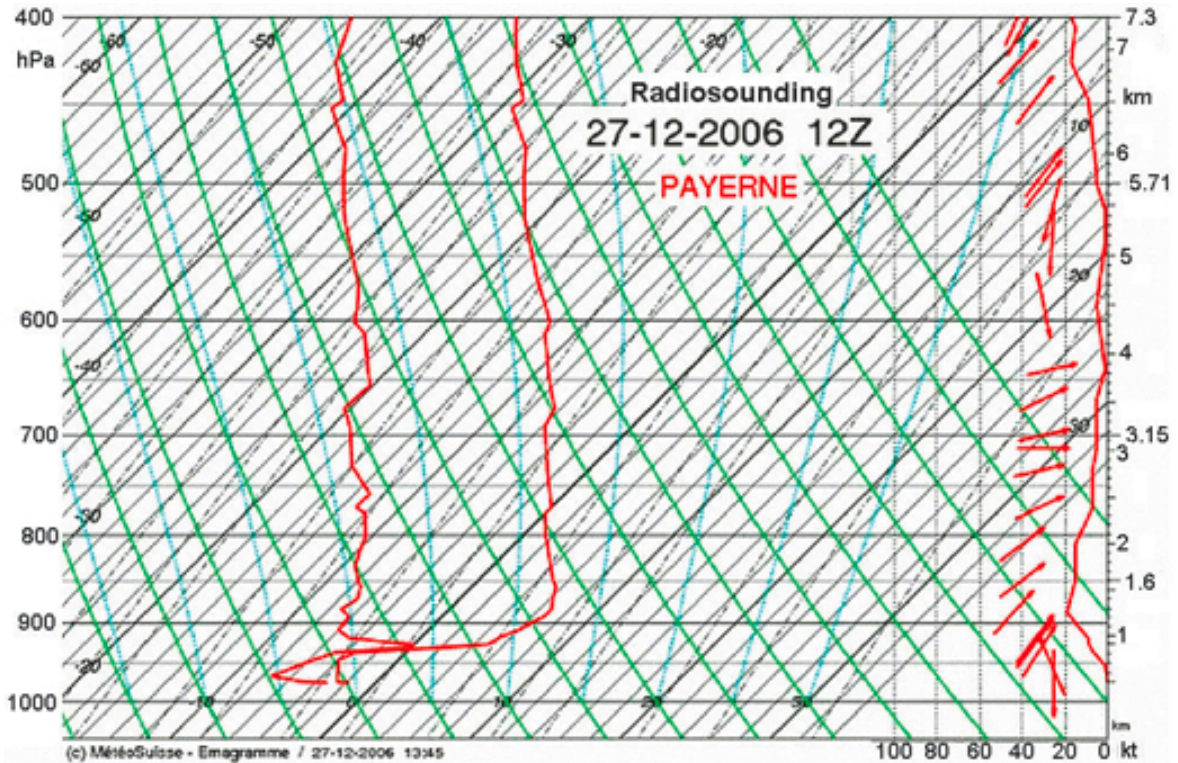
Situation météo au 27.12.2006: Puissant et large anticyclone. Vents faibles W à SW en altitude. Très importante inversion entre 800 et 1000 m sur Payerne comme le montre le radiosondage de 12Z (=12h UTC) ou 13h local (figure 1). Le soir avant, le modèle suisse aLMo (alpine model) donnait sa prévision d'éogramme pour le lendemain à 12Z (figure 2).

Région de vol choisie: Vallée de Bagnes - Verbier, connue pour son thermique d'hiver situé devant la station des Ruinettes (figure 3). Décollage vers 2400 m à 12 h local (point jaune en haut). Les deux phases de montée en thermique avec des mesures valables, la première descente hors thermique et la seconde descente (finale) sont respectivement représentées par les flèches mauve, bleu foncé et bleu clair. Atterrissage à 13 h au fond de la vallée à 860 m d'altitude (point jaune du bas).

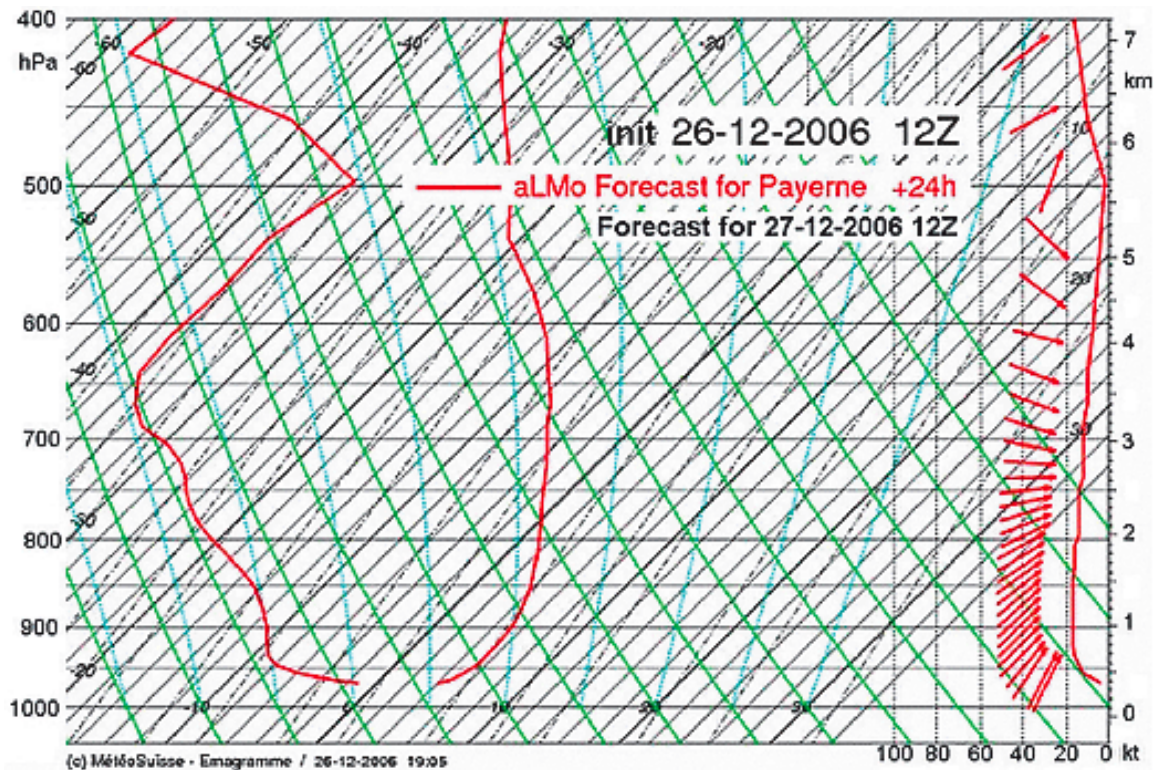
Appareil de mesure: Skywatch GEOS 11 dont la mémoire est réglée sur un groupe de mesures (par exemple dans notre cas l'altitude, la température et l'humidité) par seconde. On peut enregistrer un peu plus de 24000 groupes de mesures. Les données techniques de l'appareil sont disponibles sur le lien: [www.jdc.ch/fr/geos11.html](http://www.jdc.ch/fr/geos11.html). Le fabricant insiste sur sa précision. Il doit être cependant protégé contre le rayonnement solaire et surtout être bien ventilé pour obtenir des mesures valables. Ceci est obtenu en le plaçant dans un tube en carton, de fabrication artisanale et personnelle, d'environ 8 cm de diamètre pour 33 cm de longueur, ouvert à chaque bout et entouré d'une mousse de 5 mm d'épaisseur comme isolant thermique puis à l'extérieur d'une feuille d'aluminium pour réfléchir le maximum de rayonnement. Le tube est fixé sur le côté de la sellette de façon à ce que son grand axe soit parallèle à la trajectoire de vol et que l'intérieur du tube reçoive le maximum de ventilation due au vent relatif.

Logiciels utilisés: Skywatch Log avec son interface USB permet d'une part de télécharger toutes les données horodatées et enregistrées sur GEOS 11 vers le PC et d'autre part de visualiser sous forme de graphique l'évolution de ces données en fonction du temps. De plus, une fonction permet d'exporter sous forme de fichier texte toutes les données. Ce fichier peut être ensuite repris dans le

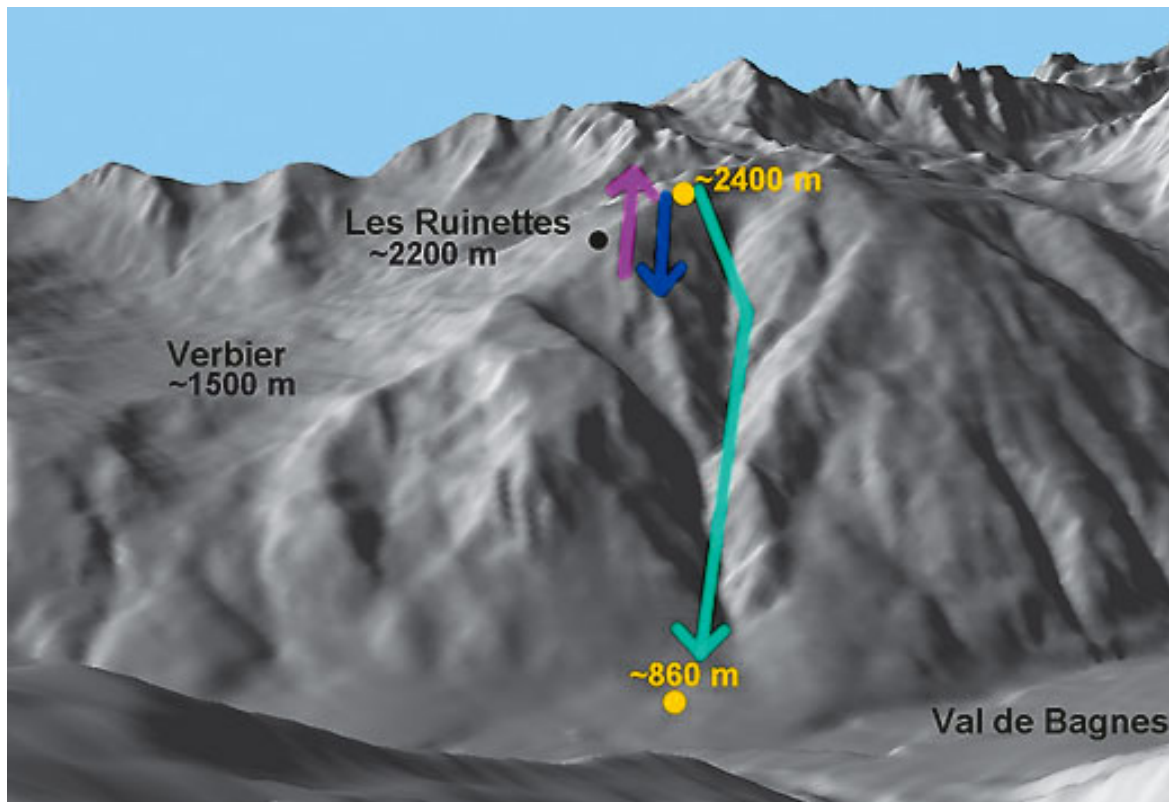
tableur MS-Excel et être converti automatiquement et globalement en valeurs numériques réparties dans chaque cellule du tableau qui peuvent être soumises aux calculs et aux graphiques. En particulier, on peut réaliser des graphiques altitudes (axe y) – températures ou températures de point de rosée (axe x). Les données du radiosondage de Payerne de 12Z peuvent aussi être intégrées dans les graphiques pour comparaison.



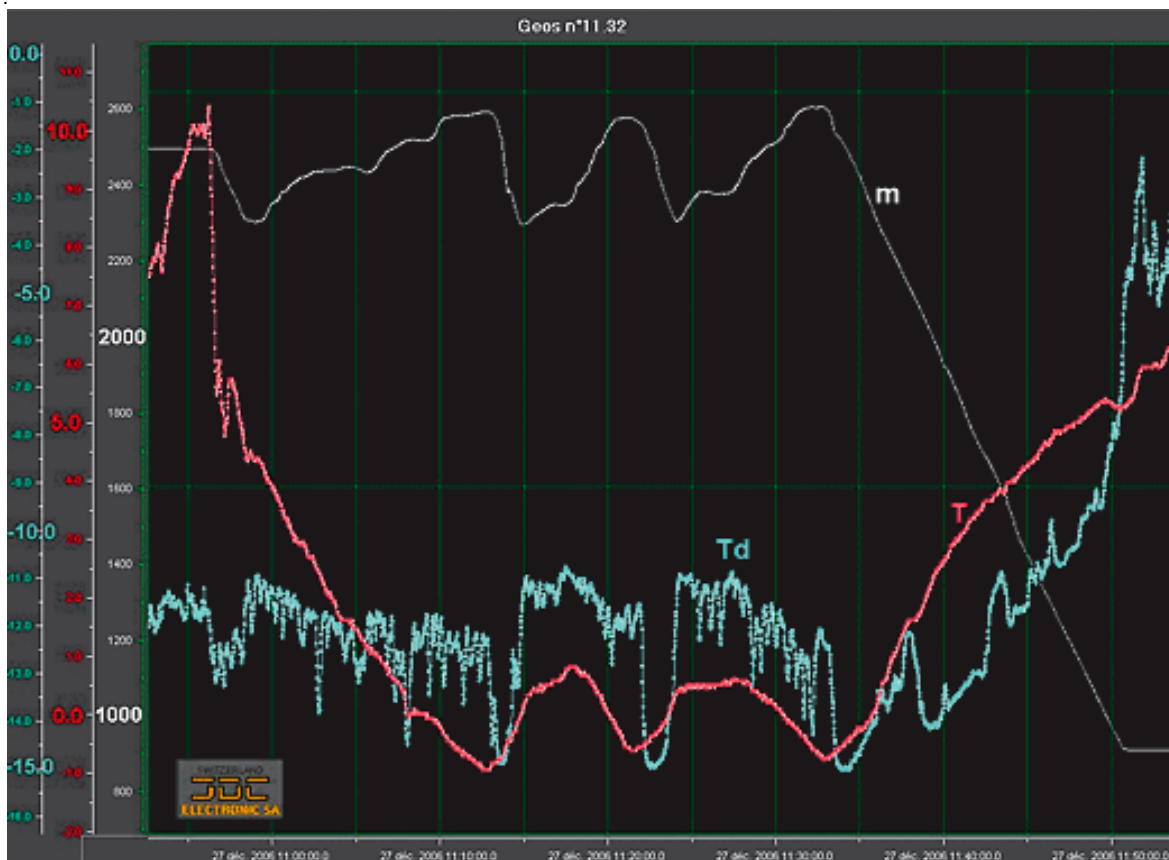
III. 1



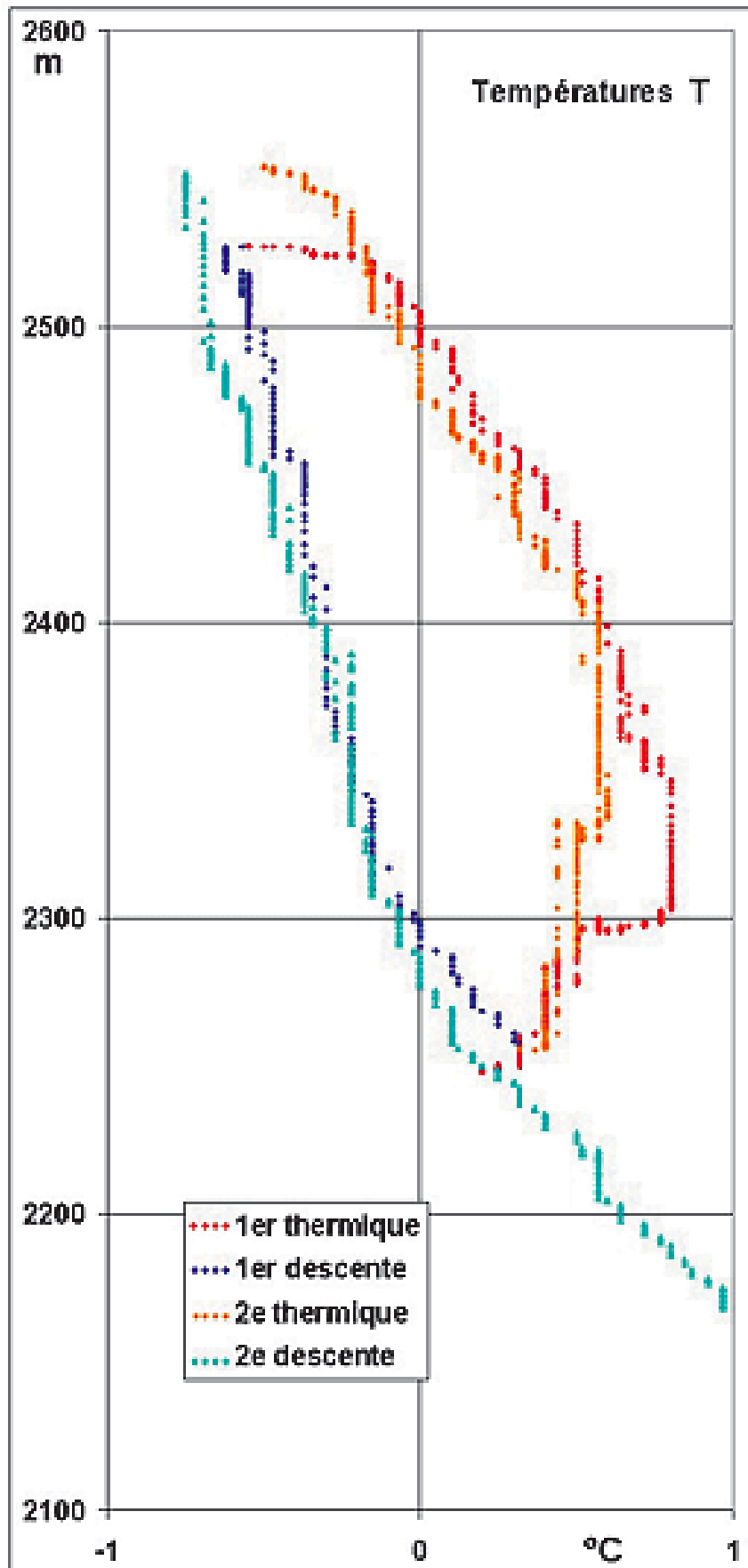
III. 2

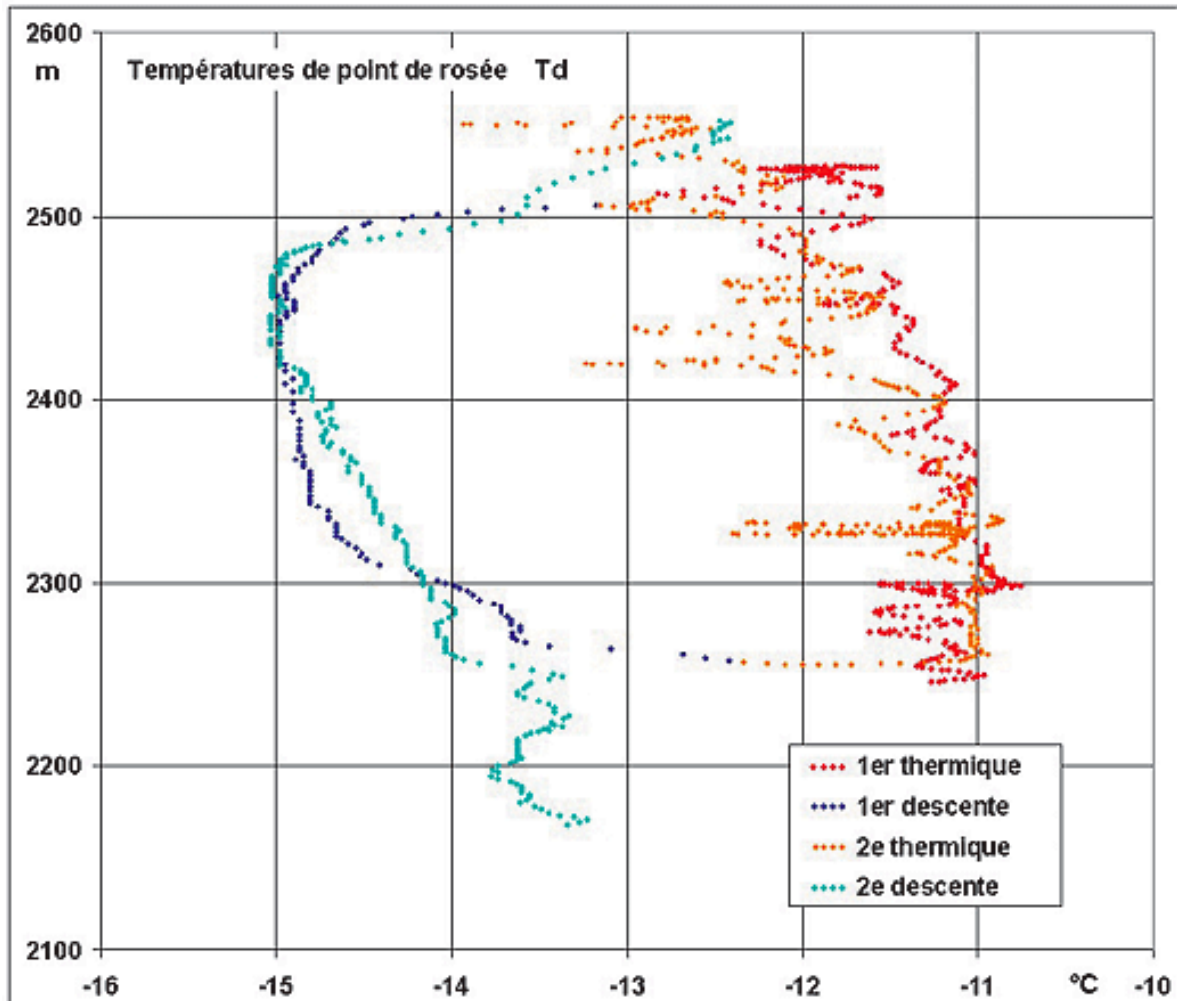


III. 3



III. 4



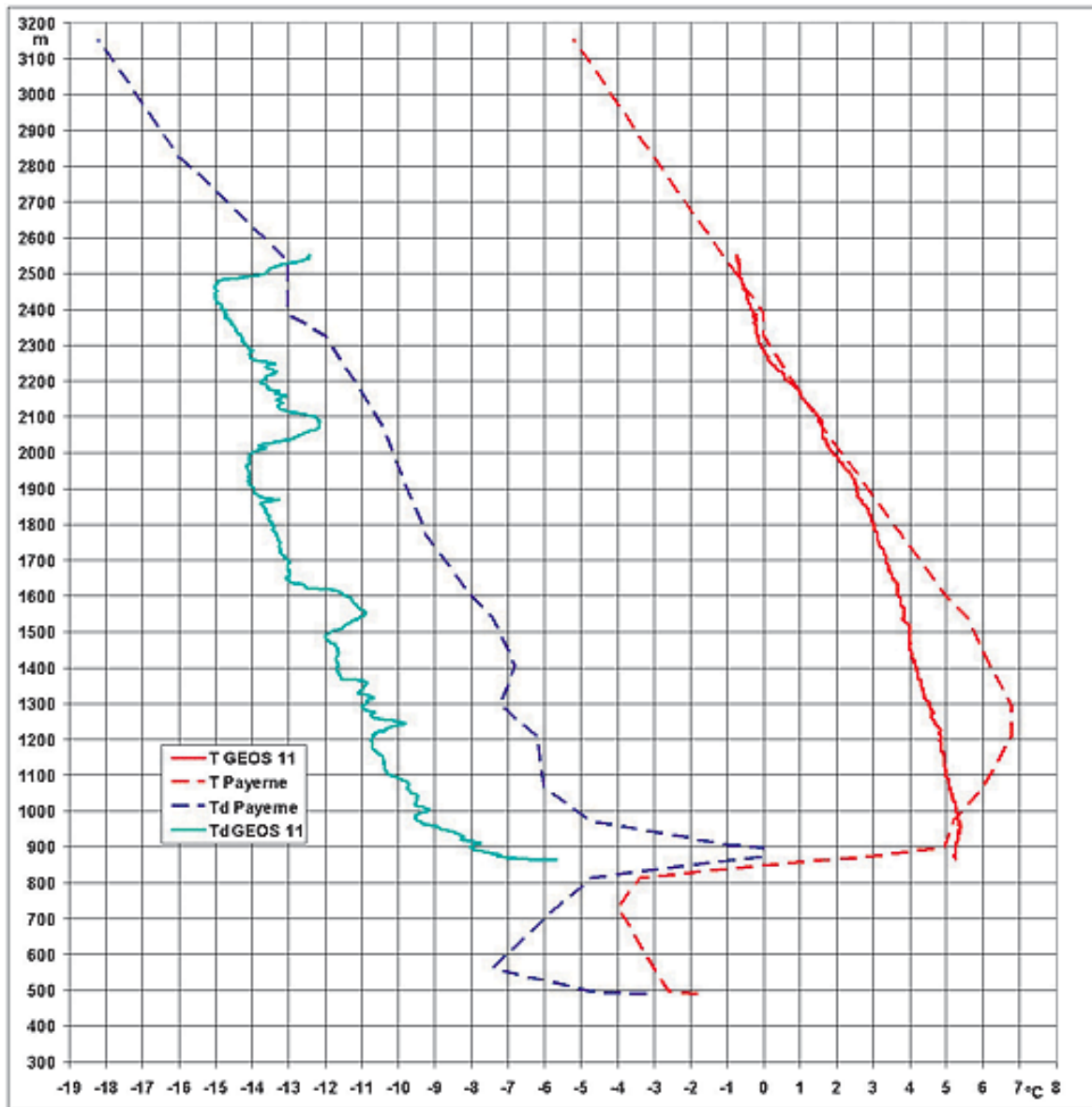


III. 6

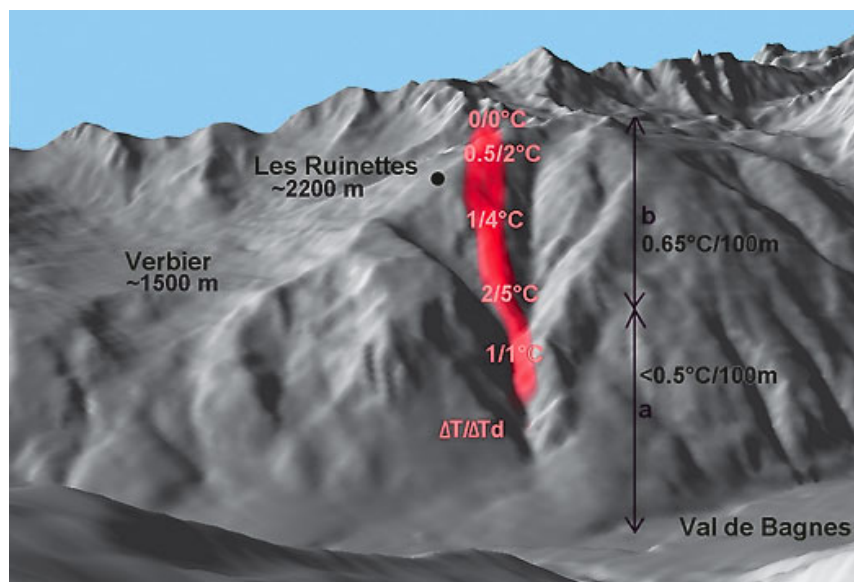
### Résultats

Sur le graphique de Skywatch Log (figure 4), on voit l'évolution des 3 paramètres choisis (température T en °C, humidité en températures de rosée Td en °C et altitude en m) par rapport au temps (en heure UTC). Mais les graphiques du tableau sont plus utiles pour comprendre la différence entre air ambiant et air du thermique (figures 5 et 6). On remarque que les températures et les températures de point de rosée (humidité) mesurées dans et hors du thermique sont très semblables pour les deux séries de montée-descente. A l'intérieur du thermique, l'air est entre 0,5–1°C plus chaud et 2–4°C plus humide que l'air ambiant.

La figure 7 montre une comparaison entre les mesures du GEOS 11 au centre de la vallée et celles du radiosondage à peu près au même moment (environ 13 h local). L'air de la vallée de Bagnes est un peu plus froid entre 900 et 1700 m et globalement plus sec (points de rosée plus petits) que celui au-dessus de Payerne. Par contre il n'y a évidemment pas dans la vallée la forte inversion du Plateau vers 800–900 m. Les gradients de températures sont faibles (<0,5°C/100 m) entre le fond de la vallée et 1800 m environ alors que plus haut, ces gradients sont d'environ 0,65°C/100 m. Ceci peut expliquer le fait qu'en dessous de 2000 m, le thermique était faible voire inexistant. Par contre, entre 2200 et 2600 m, il était exploitable, bleu, pas très fort et bien organisé.



III. 7



III. 8

## Conclusions

On peut essayer maintenant de s'imaginer comment évoluent vraisemblablement la température et l'humidité dans un thermique depuis le sol jusqu'à son sommet par rapport à l'air ambiant (figure 8). Dans la tranche «a», l'air accolé à la pente se réchauffe au contact du sol ensoleillé et devient plus léger. Mais cet air ne monte que lentement dans un premier temps en glissant sur la pente, à cause de son inertie et d'un gradient de température faible de l'air ambiant, ce qui lui permet par contre d'emmagasiner de la chaleur et de l'humidité supplémentaires. On peut imaginer des différences de température augmentant jusqu'à 1 à 2°C et de point de rosée allant jusqu'à 4 à 5°C. Puis plus haut, dans la tranche «b», le gradient de température est plus fort, ce qui contribue à l'augmentation de la vitesse de l'air ascendant. Cette masse d'air se détache ensuite du sol, se coupe donc de l'apport de chaleur et d'humidité terrestre et devient enfin un vrai thermique. A partir de ce moment, les différences de températures et d'humidité diminuent progressivement, par détente et aussi par mélange (turbulences marginales) avec l'air ambiant, et finalement s'annulent au sommet de l'ascendance qui s'arrête.

Un gradient plus faible dans la couche «b» n'aurait probablement pas permis une extension verticale convenable de l'ascendance. D'autre part, les températures mesurées dans cette couche sont très semblables à celles du sondage, mesuré et prévu, de Payerne aux mêmes altitudes (figures 1, 2 et 7). C'est donc entre 1500 et 3000 m que notre attention doit se porter la prochaine fois sur l'émagramme aLMO pour prévoir une journée intéressante de vol thermique en hiver à Verbier. Les inversions en dessous de 1500 m sur Payerne n'ont pas d'influence dans la vallée de Bagnes et peuvent donc être oubliées. L'article original, plus développé, se trouve sur mon site Internet: [www.soaringmeteo.ch](http://www.soaringmeteo.ch)

# Winterthermik in Verbier.

## Wieso, weshalb, warum.

Welches sind die Temperatur- und Feuchtigkeitsunterschiede zwischen der thermischen Luft und der sie umgebenden Luft? In der Fachliteratur, die ich mühselig im Laufe der Jahre sammelte, konnte ich keine zufriedenstellende Antwort finden. Ich hoffte aber immer, dank der technologischen Entwicklung eines Tages ein Gerät zu finden, mit dem ich während dem Flug die atmosphärischen Parameter selber messen kann.

Jean Oberson

[www.soaringmeteo.ch](http://www.soaringmeteo.ch)

Im Übrigen denke ich, dass der Gleitschirm dank genauem Steuern und langsamem Flug ideal ist, um solche Experimente durchzuführen. Ende 2006 brachte die Firma JDC (Windwatch-Geräte) das kleine technologische Juwel auf den Markt, von dem ich geträumt hatte: Skywatch GEOS 11. Ich begann also, damit kleinere Thermik zu messen. Das traf sich gut, Winterthermik kann immer wieder erstaunlich sein. Ich freue mich jedoch darauf, im Frühling weitere Messungen durchführen zu können.

## Material und Vorgehen

Wetterlage am 27.12.2006: ein ausgedehntes und mächtiges Hoch. Schwache W- bis SW-Winde in den Höhenlagen. Sehr starke Inversion zwischen 800 und 1000 m über Payerne, wie auf der Radiosonde von 12Z (=12h UTC) oder 13 Uhr Lokalzeit ersichtlich (Abb. 1). Am Vorabend erschien

das Emagramm des Schweizer Modells aLMo (alpine model) mit den Prognosen für den folgenden Tag um 12Z (Abb. 2).

Ausgewählte Flugregion: Verbier im Vallée de Bagnes, bekannt für seine Winterthermik vor der Bergstation Les Ruinettes (Abb. 3). Start um 12 Uhr (Lokalzeit) auf 2400 m (gelber Punkt oben). Die zwei messbaren Steigphasen in der Thermik, die erste Sinkphase ausserhalb der Thermik und die zweite Sinkphase (Endanflug) sind jeweils mit einem lila, dunkelblauen und hellblauen Pfeil dargestellt. Landung um 13 Uhr auf dem Talboden, 860 m (gelber Punkt unten).

Messgerät: Skywatch GEOS 11, dessen Arbeitsspeicher auf eine bestimmte Messgruppe eingestellt ist (z.B. hier: Höhenangaben, Temperatur und Feuchtigkeit; jeweils pro Sekunde). Es können etwas mehr als 24000 Messgruppen gespeichert werden. (Technische Daten: [www.jdc.ch/fr/geos11.html](http://www.jdc.ch/fr/geos11.html)). Um gültige Messdaten zu erhalten, muss das Gerät jedoch gegen Sonnenstrahlen geschützt und vor allem gut ventiliert sein. Dies erreicht man, indem man das Gerät in eine selbst gebastelte Kartonröhre platziert. Diese sollte 8 cm Durchmesser und 33 cm Länge haben, auf beiden Seiten geöffnet sein, wegen der Isolierung in 5 mm dickem Schaumstoff eingewickelt sein und schliesslich in Alufolie eingepackt werden, um die Sonnenstrahlen möglichst gut abzuwehren. Die Röhre wird seitlich am Sitz so befestigt, dass die Längsachse parallel zur Flugrichtung ist, und sie innen so stark wie möglich vom anströmenden Fahrtwind ventiliert wird.

Eingesetzte Software: Skywatch Log mit USB Interface, mit dem alle im GEOS 11 chronologisch gespeicherten Angaben auf dem PC heruntergeladen werden können. Die zeitliche Evolution der Daten kann dann grafisch dargestellt werden. Dank einer weiteren Option können alle Daten auch als Textdatei exportiert werden. Weiter kann die Datei als Excel-Tabelle erscheinen, und sie wird automatisch und gesamthaft in Zahlenangaben konvertiert. Mit diesen Zahlen können dann die Berechnungen oder Grafiken gefüttert werden. Insbesondere können Grafiken von Höhen (Y Achse), Temperatur oder Tautemperatur (X Achse) erzeugt werden. Zum Vergleich kann man auch die Daten der 12Z-Radiosonde von Payerne in die Grafiken integrieren.

## Ergebnisse

Auf der Skywatch Log Grafik (Abb. 4) ist die Entwicklung der drei gewählten Parameter (Temperatur T in °C, Luftfeuchtigkeit als Taupunkttemperatur Td in °C und Höhe in m) gegenüber dem Zeitablauf (UTC) ersichtlich. Anhand der Grafiken, die mit dem Kalkulationsprogramm erstellt werden, versteht man den Unterschied zwischen umgebender Luft und Thermikluft jedoch besser (Abb. 5 und 6). Bemerkenswert ist, dass die innerhalb und ausserhalb der Thermik gemessenen Temperaturen und Taupunkttemperaturen (Luftfeuchtigkeit) in beiden Steig- und Sinkphasen sehr ähnlich sind. In der Thermik ist die Luft 0,5 bis 1°C wärmer und 2 bis 4°C feuchter als in der sie umgebenden Luft.

Abbildung 7 vergleicht die Angaben des GEOS 11 in der Mitte des Tals mit denjenigen der Radiosonde um etwa die gleiche Lokalzeit (ca. 13 Uhr). Zwischen 900 und 1700 m ist die Luft in der Vallée de Bagnes etwas kälter und allgemein trockener als über Payerne. Dagegen ist die starke Inversion über dem Mittelland auf 800–900 m im Tal natürlich nicht vorhanden. Die Temperaturgradienten zwischen dem Talboden und ca. 1800 m sind schwach (<0,5°C/100 m), während sie weiter oben 0,65°C/100 m betragen. Dies ist vielleicht eine Erklärung dafür, dass die Thermik unter 2000 m schwach, bzw. nicht vorhanden war. Zwischen 2200 und 2600 m war die Blauthermik dagegen zwar nicht sehr stark, aber dennoch gut organisiert und brauchbar.

## Schlussfolgerung

Nun kann man sich vorstellen, wie sich Temperatur und Luftfeuchtigkeit in einer Thermik gegenüber der sie umgebenden Luft vom Boden bis zu ihrem Höhepunkt vermutlich entwickeln (Abb. 8). Im Abschnitt «a» erwärmt der von der Sonne bestrahlte Boden die über ihm liegende Luft, die leichter wird. Doch diese Luft ist träge, und der Temperaturgradient der sie umgebenden Luft schwach. So



steigt sie zuerst nur langsam dem Hang entlang, wobei sie aber immer mehr Wärme und Feuchtigkeit speichert. Möglicherweise betragen Temperaturunterschiede 1 bis 2°C und Taupunktdifferenzen bis zu 4 oder 5°C. Weiter oben, im Abschnitt «b», ist der Temperaturgradient stärker, was dazu führt, dass die Geschwindigkeit der steigenden Luft zunimmt. Diese Luftmasse löst sich dann vom Boden, und somit auch von ihrer Wärme- und Feuchtigkeitsquelle, und wird schliesslich zu einer richtigen Thermik. Jetzt nehmen die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsunterschiede mit der umgebenden Luft durch Ausdehnen und Vermischen (Randturbulenzen) schrittweise ab, bis sie sich angleichen und somit dem Steigen ein Ende setzen. Ein schwächerer Temperaturgradient im Abschnitt «b» hätte eine gute vertikale Ausdehnung der Thermik wohl verhindert. Ausserdem sind die Temperaturen, die in diesem Abschnitt gemessen wurden, den Messungen und Prognosen der Radiosonde von Payerne auf gleicher Höhe sehr ähnlich (Abb. 1, 2 und 7). Also müssen wir uns das nächste Mal beim Emagramm aLMO auf die Abschnitte zwischen 1500 und 3000 m konzentrieren, um in Verbier einen interessanten Winterthermikflug zu planen. Inversionen über Payerne unterhalb von 1500 m haben in der Vallée de Bagnes keinen Einfluss und können entsprechend ignoriert werden. Die ausführlichere Originalversion dieses Artikels (Französisch) befindet sich auf der Homepage [www.soaringmeteo.ch](http://www.soaringmeteo.ch)