

# ANALYSE MICRO CLIMATOLOGIQUE DES VARIATIONS DU VENT EN FONCTION DES TEMPERATURES AU SPITSBERG

R. FURY<sup>(1)</sup> et D. JOLY<sup>(2)</sup>

(1) Météo-France, 36 avenue. de l'observatoire, 25000 Besançon ; email : [rene.fury@meteo.fr](mailto:rene.fury@meteo.fr)

(2) ThéMA, CNRS, 32 rue Mégevand, 25030 Besançon cedex ; email : [daniel.joly@univ-fcomte.fr](mailto:daniel.joly@univ-fcomte.fr)

## Résumé :

A échelle fine, la température et le vent sont liés : l'air se met en mouvement dès lors qu'un écart thermique sensible apparaît. Mais le degré de dépendance entre ces deux variables n'est pas fixé une fois pour toutes. Il dépend de nombreux facteurs au nombre desquels interviennent la configuration du terrain et les conditions atmosphériques qui règlent l'entrée d'énergie dans le système. C'est pour préciser ces liaisons que des mesures de températures à échelle fine couplées à 2 mesures de vent lors d'une campagne de terrain en Baie du Roi, au Spitsberg, ont été effectuées durant l'été 1999.

## Abstract :

At fine gray resolution, temperature and wind are highly correlated: sea-land or slope breeze appears correlatively with temperature variation between two areas. This link changes according to different factors: land structure, kind of weather (sunshine, cloudy, rainy, windy weather). To precise this process, a field sensors (temperature and wind) network was build close to Ny-Ålesund, Kongsfjorden area on Svalbard. Measurements at high spatial time and spatial resolution were carry out in July and August 1999.

**Mots-clé** : température, vent, micro climatologie, mesure

**Key-words** : temperature, wind, micro-climatology, measurements

---

## Introduction

Lorsque deux lieux contigus présentent des températures contrastées, il s'en suit, en règle générale, un mouvement de l'air visant à réduire l'écart thermique. Ce processus fonctionne à toute échelle, depuis le niveau planétaire où il est responsable des vastes échanges entre zone tropicale et zone polaire, jusqu'au niveau micro-local avec l'apparition des brises de mer ou de versant. Des mouvements d'air à échelle encore plus fine peuvent prendre naissance entre les faces opposées de supports métalliques par exemple.

Pour se mettre en place, ce processus nécessite toutefois des écarts de température sensibles. Aussi est-il surprenant de le rencontrer dans les régions polaires, où, suite à la faible hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, l'énergie solaire incidente reste modeste, même au cœur de l'été. Deux études en avaient décrit les grandes lignes au Spitsberg. Joly (1994) a montré que la température et le vent varient quotidiennement de manière cohérente dans le cadre d'un phénomène de brise de mer, et ce, avec d'autant plus de force, que le temps est plus ensoleillé. Par ailleurs, Brossard et Joly (2002), ont décrit la variation spatiale de la température et de la fréquence du vent en Baie du Roi, sur un petit milieu situé entre des glaciers et un fjord (voir figure 1). Une forte

corrélation lie ces deux variables du climat local : les sites qui présentent la température la plus élevée se situent au cœur du strandflat, à l'abri des vents froids issus du fjord et des glaciers. Inversement, la frange littorale, fraîche, est affectée plus d'un jour sur deux par des vents d'est ; le pourtour froid des glaciers est presque en permanence sous l'influence de vents catabatiques.

Or, en raison des contraintes qu'ils supportent, les écosystèmes arctiques sont très sensibles aux variations des conditions environnementales, la température et le vent notamment (Brossard et al., 2002). Pour comprendre les modalités de la distribution des plantes à grande échelle et évaluer leur adaptation aux modifications climatiques, il importait d'acquérir une connaissance fine des modalités qui relient la température au vent en ce milieu extrême. C'est dans ce cadre qu'une mission de recherche au Spitsberg (été 1999) a eu pour objectif d'instrumenter un petit secteur d'étude proche de la Base Jean Corbel, en vue d'acquérir des mesures concernant ces deux variables, température et vent. Pour ce faire, nous avons installé 50 capteurs de température sur l'ensemble de l'aire d'étude ainsi que deux stations où étaient enregistrés vent et température. Nous présentons des résultats pour deux périodes contrastées : beau temps calme les 19 et 20 juillet, temps couvert avec vent synoptique modéré les 28 et 29 juillet.

## **1. Aire d'étude et mesures**

### **1.1. Terrain**

L'aire d'étude est localisée en Baie du Roi (Spitsberg du Nord-Ouest), sur un strandflat, à l'aval de deux glaciers de type alpin. Entre le front actuel des glaciers et le vallum frontal qui marque leur extension maximale à la fin du XIX<sup>ième</sup> siècle, prend place un amphithéâtre morainique complexe ; le paysage est composé de collines, de cuvettes et de chenaux secs le plus souvent. La végétation, a colonisé ces espaces vierges et se présente sous la forme d'un piquetis de plus en plus clairsemé à mesure que l'on se rapproche des aires les plus récemment déglacées. Au nord du vallum, de vastes sandurs peu inclinés et lisses assurent le transit des eaux proglaciaires et festonnent la côte de cônes coalescents. Ces derniers sont entrecoupés de plages soulevées qui, calées derrière des affleurements rocheux, sont recouvertes d'une toundra climacique.

### **1.2. Les mesures**

Les cinquante data-loggers HOBO, dispersés sur l'aire d'étude (fig. 1) permettent de stocker un grand nombre de mesures à échelle de temps réduite (Joly et al., 1999). Les températures ont été mesurées « sous abri », à l'intérieur d'un tube incliné, à 20 cm au dessus du sol et au pas de temps de 6 minutes, du 11 juillet au 8 août 1999. Une méthode d'interpolation des températures à échelle fine (Fury, Joly, 1995) a restitué les 240 champs thermiques quotidiens à résolution spatiale de 2 m

Parallèlement, deux stations météorologiques plus classiques ont été installées pour caler les mesures faites par les HOBO dispersés dans le voisinage. Ces stations de type CR2M stockent diverses mesures de températures ainsi que la vitesse du vent. Elles ont été localisées sur un petit relief d'orientation NO-SE quasi identique, à moins de 2 km de distance. Elles ont mesuré la température sous abri normalisé, à 2 m de hauteur, et 2 températures à 10 cm au-dessus du sol, une sur le versant nord, une sur le versant sud de la ride. Le vent est mesuré à 2 m de hauteur au-dessus de la crête. La station « Gåsby » est localisée à proximité du fjord ; la station « Spitz » a été implantée à la base française, à 500 m environ de l'arc morainique externe (fig. 1).

## **2. Analyse des températures**

L'analyse des températures à échelle fine (valeurs à 6 minutes) montre des fluctuations qui, dans certaines conditions, sont très rapides, quasi cycliques, comme une respiration. Des zones se

réchauffent puis se refroidissent rapidement. L'analyse pas à pas entre 14 h 00 et 15 h 18 le 20 juillet (fig. 2) montre les fluctuations du chaud et froid au niveau des moraines.

Les variations entre postes voisins, séparés les uns des autres à peine de 300 m, sont très rapides dès lors que le ciel est relativement dégagé, c'est à dire lorsque que le rayonnement direct est important par rapport au diffus (graph. 1). On voit l'air s'échauffer au-dessus des secteurs bien exposés et la température augmenter. Cet air chaud s'évacue par convection, ce qui génère un écoulement d'air froid provenant des sources froides voisines –le fjord et les glaciers- ; cette arrivée d'air froid provoque une baisse des températures, une stabilisation de la masse d'air et le cycle recommence.

### **3. Analyse du vent**

L'analyse des données vent au pas 6 mn qui ont été stockées pendant la période estivale permet de dégager 2 classes caractéristiques.

#### **3.1. Par temps couvert : exemple des 28 et 29 juillet**

Par vent synoptique dominant, les deux séries de vent enregistrées aux deux stations très proches sont identiques ou presque (graph. 2). Le vent à Gåsby proche du fiord est légèrement plus fort. Sur cette période des 28 et 29 juillet la vitesse du vent entre les 2 sites est bien proportionnelle, le site de Gåsby, plus « dégagé » que celui proche de la Base Corbel présente un vent plus fort. Les températures sous abri « normalisé » entre les 2 sites sont quasi identiques.

#### **3.2. Par temps ensoleillé : exemple des 19 et 20 juillet**

Au cours des situations météorologiques calmes à rayonnement direct important, le vent à un comportement de type brise. Son comportement est différent sur les 2 sites pourtant très voisins. Durant ces périodes de temps synoptiquement calme, le vent a une très forte variabilité. Sur une heure sa vitesse varie de 0 à 3 m/s et sa variabilité spatiale entre les 2 stations est corrélativement importante (graphiques 3 et 4).

### **4. Liaison vent / température**

Les 28 et 29 juillet, associées à un temps à rayonnement direct faible à modéré et à un vent synoptique régulier, les températures sont relativement étales. En revanche, dans le type de temps stable (19 et 20 juillet), on assiste à une forte fluctuation des 2 paramètres. Le vent mesuré sur le site proche des moraines (Base) est soumis à des écarts importants à intervalle rapproché. La situation à 7 h, le 19, est bien caractéristique du processus : échauffement, une rafale de vent, homogénéisation des températures et le cycle recommence.

Les variations de la température sous abri normalisé à la Base (site « Spitz ») sont énormes sur cette même période (graph 5). Les fluctuations approchent les 3 degrés sur une heure et sont irrégulières. On trouve là l'influence de « bulles d'air » chaud qui se forment par échauffement local. Les ascendances générées provoquent ou favorisent l'écoulement d'air froid voisin, issu du fjord ou des glaciers qui génère un mélange puis, corrélativement, retour à une température plus fraîche. On retrouve le même effet sur les données de la station « Gåsby » proche du fjord.

Les vents moyens sur les 2 sites sur ces 2 journées des 19 et 20 juillet montrent des variations proches plus faibles en intensité près des moraines où, vers la fin de journée du 20, après un fort échauffement du sol dans les moraines associé à un rayonnement direct important, le brassage d'air devient quasi continu.

## Conclusion

L'étude fine du comportement thermique et éolien sur un petit espace arctique montre que, dès lors qu'il y a rayonnement solaire direct, l'air se réchauffe rapidement sur les secteurs minéraux (moraines notamment) ; lorsque l'écart de température entre les milieux froids adjacents dépasse 3 à 4 degrés, on assiste à une circulation d'air. L'air qui s'est réchauffé sur le strandflat est remplacé alors par un air plus dense et plus froid issu, par advection, des glaciers et du fjord voisins. Lorsque le rayonnement direct est plus faible et que le vent synoptique favorise le mélange, on retrouve une température homogène à quelques dixièmes de degrés près sur l'ensemble de l'aire d'étude et le vent ne présente plus guère d'hétérogénéité.

Cette approche température / vent à échelle fine en milieu polaire illustre ce qui, sous nos latitudes plus basses, se passe lors des périodes anticycloniques calmes et froides ou de fortes chaleurs. Les hétérogénéités de l'occupation du sol en milieu urbain (bâtiments / espaces verts) peuvent générer, à échelle fine, des mouvements aérologiques entraînant, selon les cas, une aggravation ou au contraire une amélioration du vécu et du ressenti par les habitants grâce au gain ou à la perte quelques degrés. Cette première approche pourrait être poursuivie par une étude plus ciblée sur les phénomènes physiques associés. Des mesures plus complètes vent et direction ainsi que des températures à différents niveaux seront en ce cas nécessaires pour approfondir le sujet.

## Bibliographie

BROSSARD T., ELVEBAKK A., FURY R., JOLY D., NILSEN L., 2002. Spatial interpolation of temperature by coupling DEM and Remote Sensed Data; example taken on the forefield of the Loven Glaciers, Svalbard. Proposé à *International Journal of Climatology*.

BROSSARD T. ELVEBAKK A., FURY R., JOLY D., NILSEN L., 2002. Modèles spatiaux à grande échelle en climatologie : exemple de la température et du vent au Spitsberg. Accepté, à paraître dans le B.A.G.F.).

FURY R., JOLY D., 1995. Présentation d'une méthode pour l'interpolation à maille fine (100 m) des températures journalières. *La Météorologie*, 8<sup>ième</sup> Série, n° 11, pp. 36-43.

JOLY D. (1994). *Ambiances climatiques instantanées au Spitsberg ; pour une approche méthodique par niveau d'échelle*. Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté, n°529, Diffusion Les Belles Lettres, Paris, 404 p.

JOLY D., BROSSARD T., DUPONT G., ELVEBAKK A., FURY R., NILSEN L., 1999. Localisation optimale de capteurs en vue de la modélisation des températures sur le piémont de deux glaciers au Spitsberg. *Actes du 12<sup>ième</sup> colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Dakar, nov. 1999, in Publication de l'Association Internationale de Climatologie, Vol. 12, pp. 460-467.

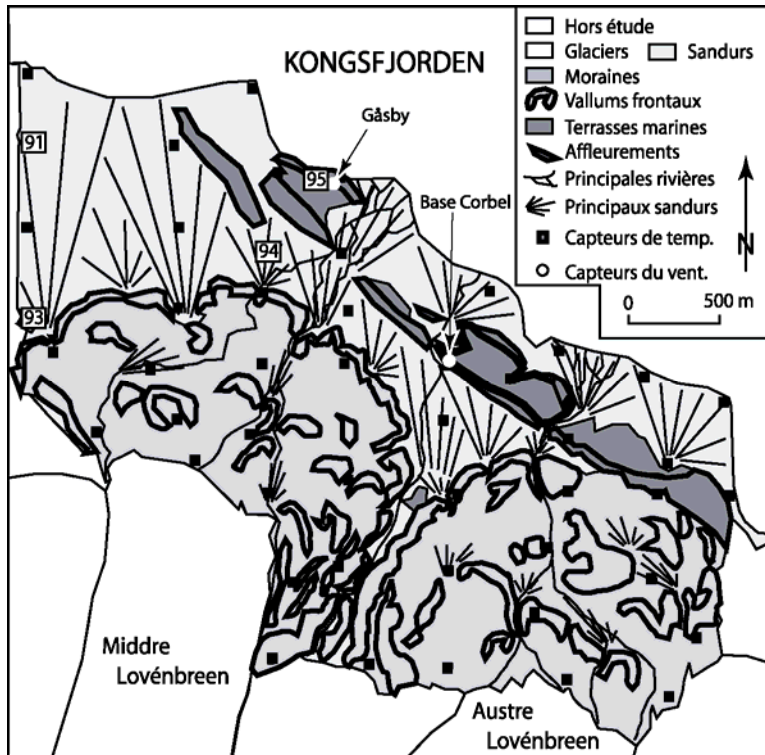
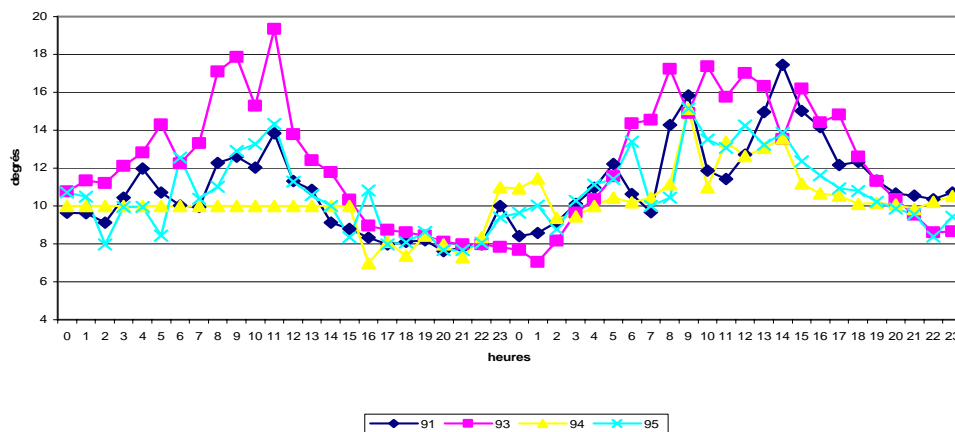


Figure 1 : Présentation de l'aire d'étude

4 HOBO les 19 et 20 juillet



Graphique 1 : Variation des températures horaires les 19 et 20 juillet en 4 stations

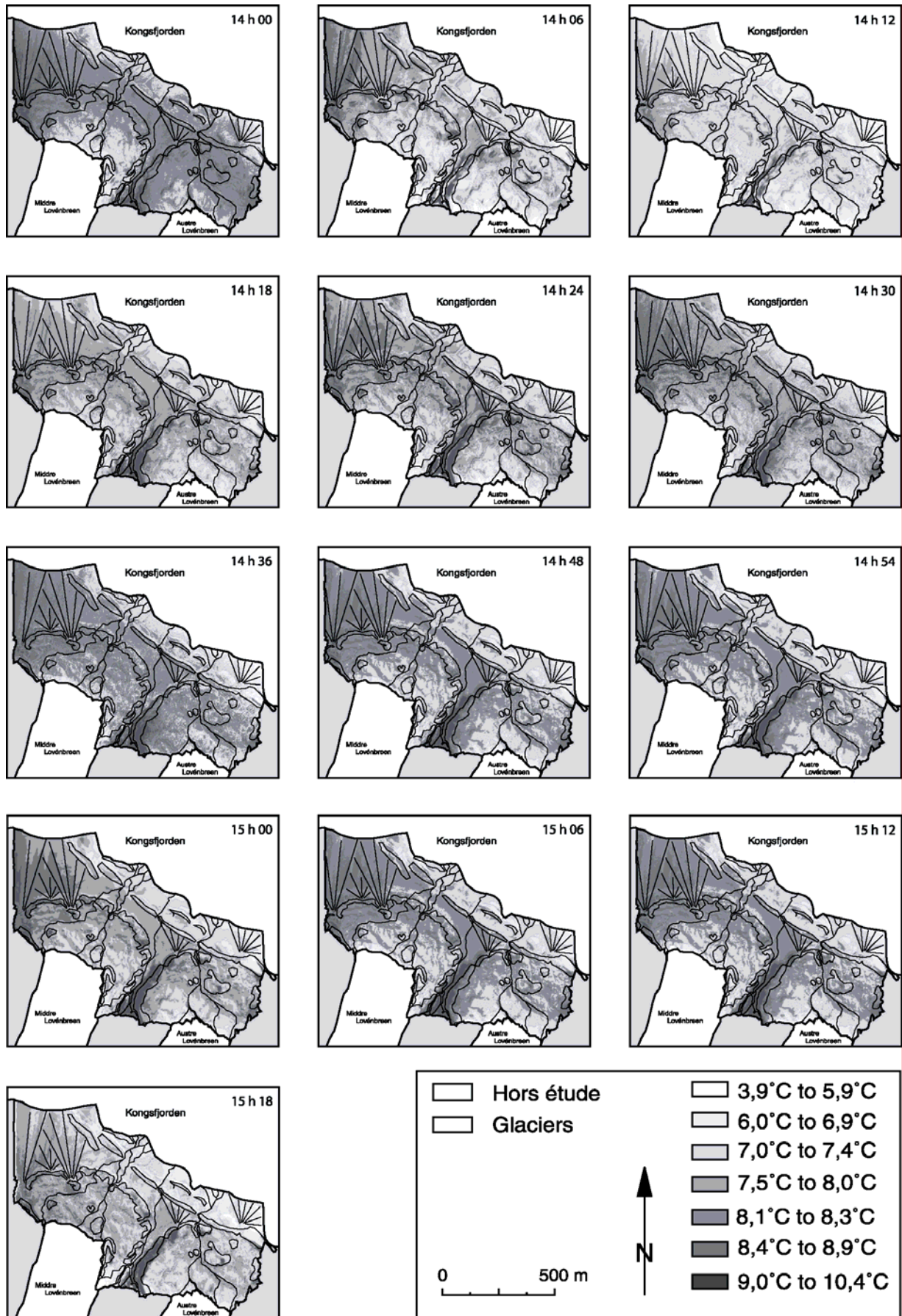
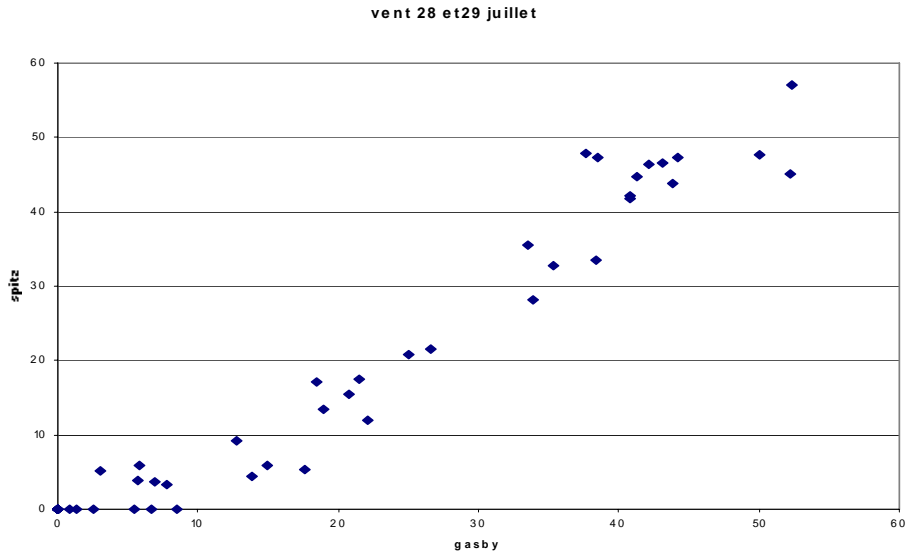
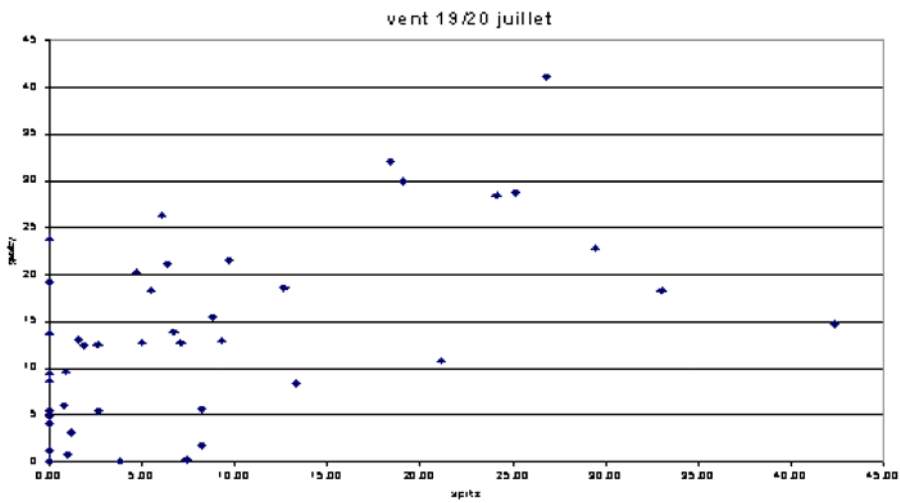


Figure 2 : Températures à intervalle de 6 minutes de 14 h 00 à 15 h 18 le 20 juillet 1999

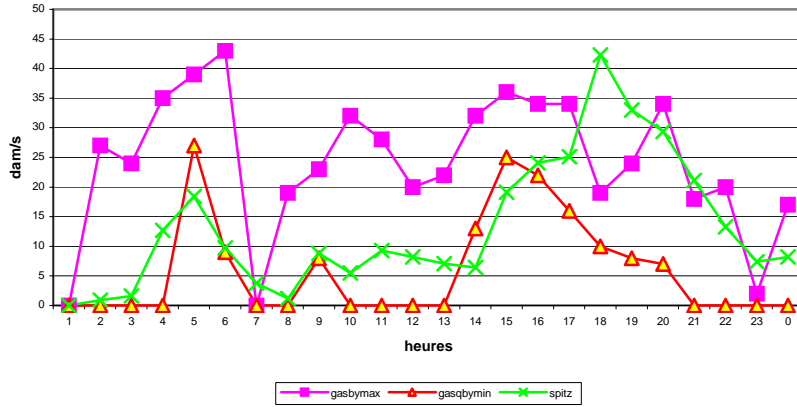


Graphique 2 : Variation du vent à Gásby et à la Base les 28 et 29 juillet (temps couvert)



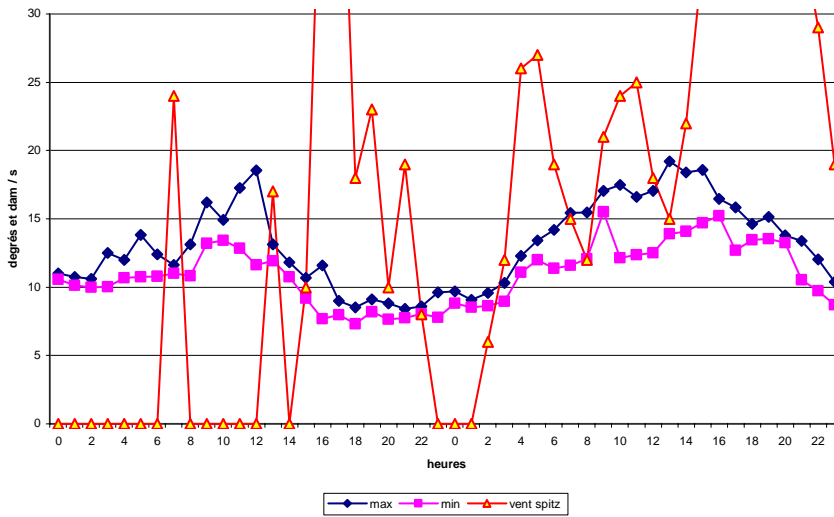
Graphique 3 : Variation du vent à Gásby et à la Base les 19 et 20 juillet (temps ensoleillé).

vent le 20 juillet



graphique 4 : Comparaison de la vitesse du vent entre les deux stations le 20 juillet

variations vent / tempé les 19 et 20 juillet



graphique 5 : Comparaison de la variation du vent et de la température les 19-20 juillet à la Base