

## Modèles spatiaux à grande échelle en climatologie : exemple de la température et du vent au Spitsberg

Brossard T.<sup>1</sup>, Elvebakk A.<sup>2</sup>, Fury R.<sup>3</sup>, Joly D.<sup>1</sup>, Nilsen L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *THéMA, CNRS, Univ.de Franche-Comté, 30, rue Mégevand, 25030 Besançon cedex*

*Email : [daniel.joly@univ-fcomte.fr](mailto:daniel.joly@univ-fcomte.fr)*

<sup>2</sup> *Institutt i Botani og Geologi, Drammensveien, 9000 Tromsø, Norvège*

*E-mail : [lennart@ibg.uit.no](mailto:lennart@ibg.uit.no)*

<sup>3</sup> *Météo-France Besançon, 30, rue de l'Observatoire, 25000 Besançon*

*Email : [rene.fury@meteo.fr](mailto:rene.fury@meteo.fr)*

**Résumé:** Le climat est l'un des facteurs clef de la distribution des plantes. Aussi, l'objectif de cet article est-il de présenter la méthode sur laquelle nous nous sommes appuyés pour acquérir de telles données à haute résolution (5 m). Des analyses spatiales appliquées aux couches d'information archivées dans un Système d'Information Géographique (SIG) permettent de modéliser la température et le vent observés, en une cinquantaine de postes climatologiques. L'aire d'étude (8 km<sup>2</sup>) est située sur le piémont de deux petits glaciers en Baie du Roi (Spitsberg du NO).

**Mots clé:** Analyse spatiale, topoclimatologie, Spitsberg.

**Abstract** The general frame of this study is to establish how the global change might modify both climatic features (temperature and wind) and plant distributions at micro scales. This paper presents the interpolation method we used for modelling temperature and wind distribution at a high resolution (5 x 5 m). It applies the resources of spatial analysis and GIS techniques coupled with a Geographical Information System (GIS). The method is applied on two glacier forefields on Kongsfjorden (8 km<sup>2</sup>).

**Key-words:** Spatial analysis, topoclimatology, Spitsberg.

---

### Introduction

En raison des contraintes qu'ils supportent, les écosystèmes arctiques sont très sensibles aux variations des conditions environnementales, la température et le vent notamment (Maxwell, 1992). Pour comprendre les modalités de distribution des plantes à grande échelle et évaluer leur adaptation aux modifications climatiques, il importe d'appréhender la réalité du terrain à ce niveau de précision ; ce qui implique la mise au point de méthodes d'interpolation fiables même en très haute résolution. L'ensemble des analyses repose sur des observations ponctuelles de terrain relayées par les moyens techniques des systèmes d'information géographique (SIG) et de l'analyse spatiale (Nilsen et al., 1999). Nous disposons, sur l'ensemble de l'aire d'étude (8 km<sup>2</sup>) de données relatives à l'occupation du sol et d'un MNT à résolution de 5 m. Ces données sont archivées dans un SIG sous la forme de couches d'information et interviennent dans la modélisation comme variables explicatives de la distribution spatiale des températures et du vent.

## 1. Aire d'étude et données disponibles

### 1.1. Terrain

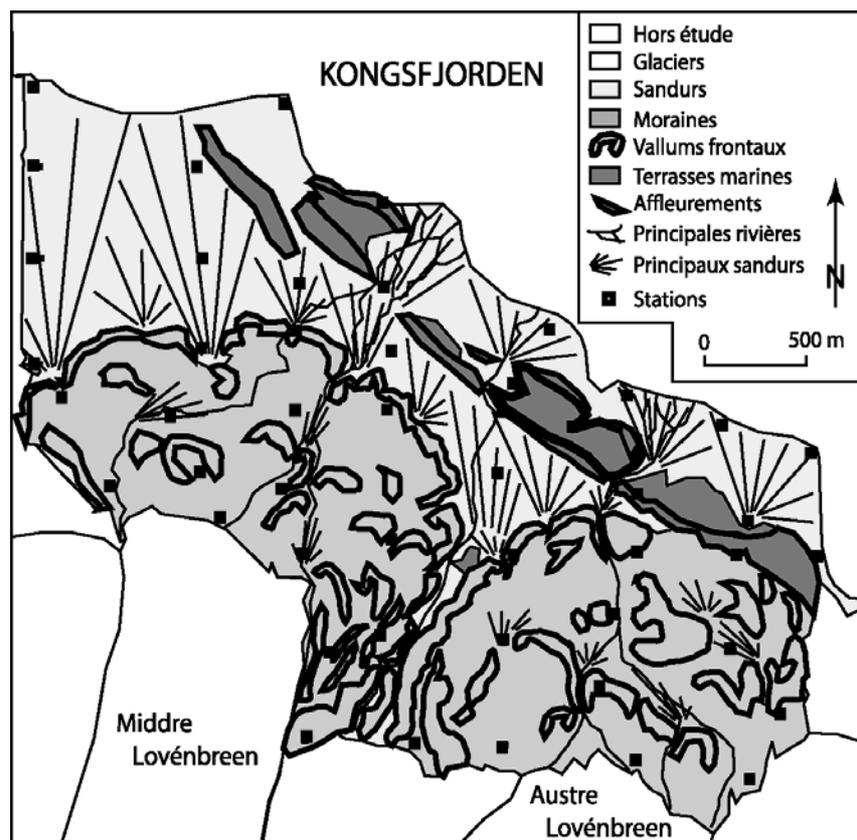


Figure 1 : Présentation de l'aire d'étude

L'aire d'étude est localisée dans la région du Kongsfjorden (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>ème</sup> siècle, prend place un amphithéâtre morainique assez mal organisé par les différents stades de retrait ; le paysage est composé de collines isolées, de cuvettes de fonte de culots de glace et de chenaux où transitent les eaux proglaciaires. 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 récemment déglacées situées au front des glaciers. Au nord du vallum, de vastes sandurs peu inclinés et lisses assurent le transit des eaux issues des glaciers et festonnent la ligne côtière d'une série de cônes coalescents. Ils sont entrecoupés de lambeaux de plages soulevées qui, calées derrière des affleurements rocheux, sont recouvertes d'une toundra climacique.

### 1.2. Base de données du SIG

Sur l'espace considéré, deux sources de données primaires sont disponibles à 5 m de résolution : une photo-aérienne infra-rouge numérisée et un Modèle Numérique de Terrain (MNT) résultant d'un lever GPS bi-fréquence de précision (Brossard et al., 1998).

Ces informations permettent, par calculs appropriés, de dériver d'autres données générées dans le SIG (Brossard T, Joly D. 1994). De la photographie, on obtient : (1) la probabilité que chaque pixel a d'appartenir à un milieu végétalisé, minéral sec ou minéral humide et (2) la distance qui sépare chaque pixel des deux milieux froids qui jouxtent l'aire d'étude : le fjord et les glaciers. De même, des informations dérivées sont tirées du MNT telles que : la pente, l'orientation des versants, la rugosité et l'encaissement topographiques, le modèle de rayonnement global théorique (21 juin), la distance qui sépare chaque pixel de la crête et du thalweg le plus proche.

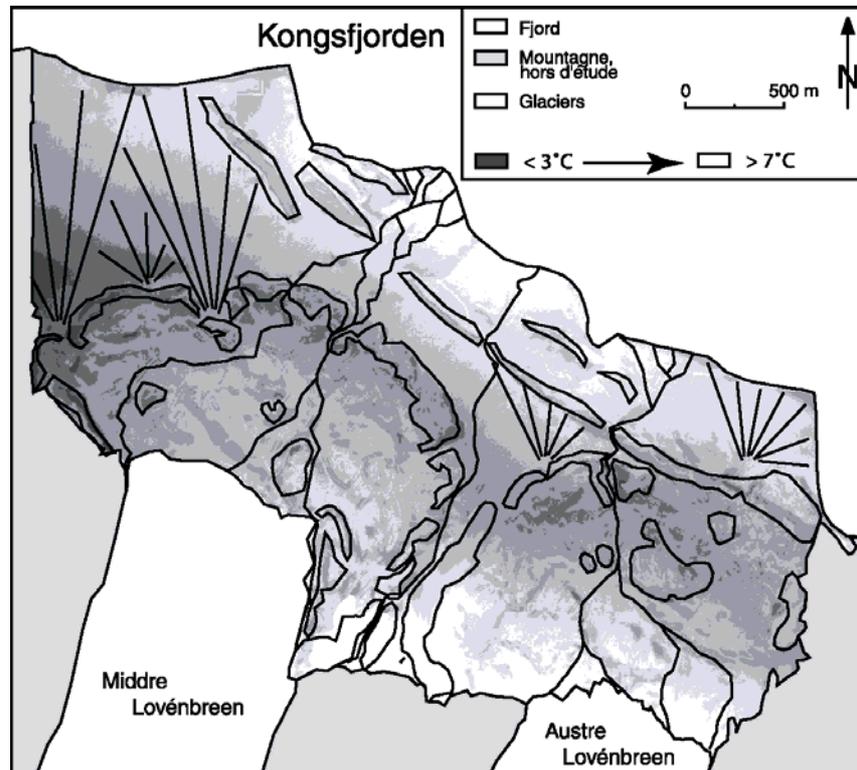
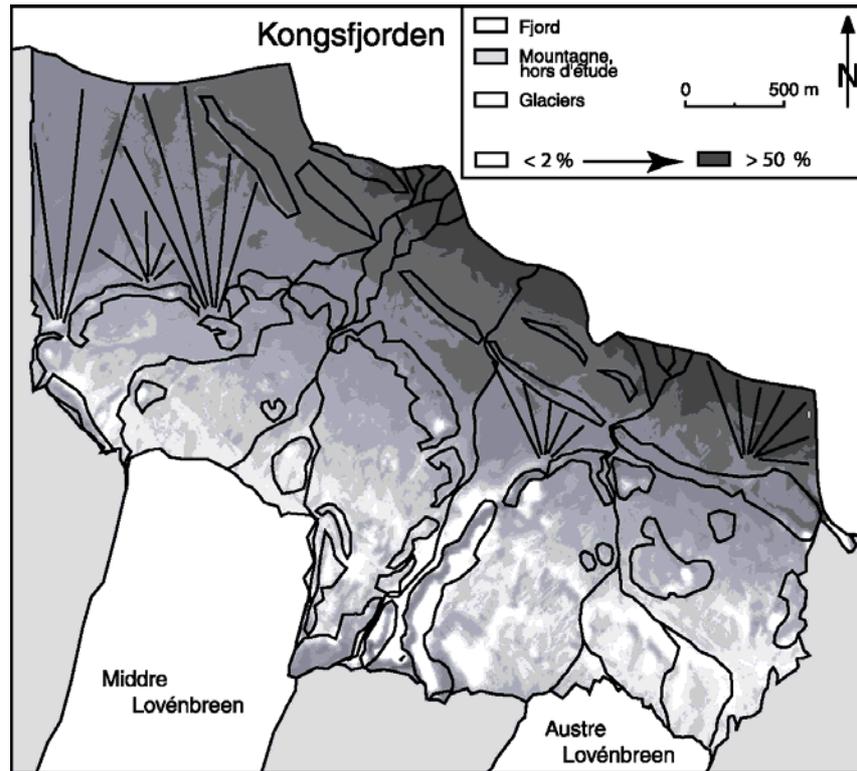


Figure 2 : températures maximales moyennes (été 1999)

### 1.3. Mesures de la température et du vent

En 1999 nous avons installé un réseau de 50 capteurs de température à 10 cm au-dessus de la surface du sol et protégés du rayonnement et des précipitations par un abri bien ventilé (Brossard et al, 2002) L'ensemble du dispositif a fourni des températures

exploitables entre le 12 juillet et le 8 août. Les appareils ont été programmés de telle sorte qu'ils enregistrent une donnée toutes les 6 minutes.



**Figure 3 :** Fréquence des vents originaires du secteur est

L'orientation du vent a été observée une fois par jour durant les étés 1981 et 1982 (95 fois au total) en chacune des 50 stations.

## 2. Méthode

Les données archivées dans le SIG sont testées en tant que variables indépendantes pour expliquer la variation spatiale des températures et du vent. La méthode d'interpolation enchaîne deux principales étapes (Fury, R., Joly, D., 1995) :

- analyse des corrélations statistiques entre les températures observées ponctuellement sur le terrain et les variables qui décrivent les conditions de l'environnement ;
- interpolation elle-même qui consiste à appliquer les résultats de la modélisation pour reconstruire le champ thermique et le champ fréquentiel des vents en recalculant une valeur de température pour chacun des pixels de l'aire d'étude.

### 3. Résultats

#### 3.1. Carte des températures moyennes de l'été 1999

28 modèles (un par jour) sont successivement établis et autorisent l'élaboration de différentes cartes. Par exemple, la carte de la moyenne des maximums (figure 2) montre que les sites les plus chauds se situent au cœur du strandflat, surtout à l'ouest, à l'abri des vents froids issus du fjord et des glaciers. De petits secteurs chauds se développent entre les rides et collines morainiques, en exposition sud et sud-ouest. Les secteurs froids se situent au nord de l'aire d'étude, le long de la frange littorale, au front du glacier Austre Lovèn et au sommet des puissantes moraines qui séparent les deux glaciers.

#### 3.2. Carte de la fréquence des vents d'est

La frange littorale est affectée plus d'un jour sur deux par des vents issus de l'est. (figure 3) Leur fréquence diminue graduellement vers le sud pour atteindre une valeur de 25% au nord du vallum externe. La zone intramorainique est protégée des vents originaires de l'est qui, au contraire, sont très fréquents au sommet des moraines. Le flux catabatique issu du Kongvegen est rapidement affaibli par les rides topographiques sur le strandflat mais gagne en puissance en altitude dès lors que plus rien ne vient faire obstacle à sa progression. Toutefois, ce gradient ne se poursuit pas ; en effet, le sommet de la presqu'île de Brøgger est dominé par les flux de sud (Joly, 1994).

### Conclusion

La méthode qui a été présentée permet d'acquérir un grand nombre d'informations sur le climat avec un très haut niveau de précision spatiale et une faible marge d'erreur. Ces données rejoignent le SIG qu'elles contribuent à enrichir. Ensuite, elles peuvent être introduites dans différentes analyses visant à expliquer la distribution spatiale des plantes ou de tout objet ou situation géographique caractéristique (loupe de solifluxion, névé).

### Bibliographie

- Brossard T., Desservy G., Joly D., 1998. Le GPS comme source de données géographiques à grande échelle : réalisation d'un test au Spitsberg. *Espace géographique*. **1**: 23-30.
- Brossard T., Elvebakk A., Fury R., Joly D., Nilsen L., 2002. Daily Temperature modelling by coupling DEM and Remote Sensed Data at fine-grain resolution (5 m) ; test taken in the Kongsfjorden area, Svalbard. In Publications Instituti Geographici Universitatis Turkuensis, S. Tuhkanen & M. Oja eds. Turku, **165**: 41.
- Brossard T., Joly D., 1994. Probability models, remote sensing and field observation ; test for mapping some plant distributions in Kongsfjord area (Svalbard). *Polar Research*, **13**, 1: 153-161.
- 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.
- Fury R., Joly D., 1995. Présentation d'une méthode pour l'interpolation à maille fine (100 m) des températures journalières. *La Météorologie*, 8<sup>e</sup> Série, **11**, 36-43.
- Nilsen L., Brossard T., Joly D., 1999. Mapping plant communities in a local arctic landscape applying a scanned infrared aerial photograph in a geographical information system. *International Journal of Remote Sensing*, **20**, 2, 463-480.
- Maxwell B., 1992. Arctic climate: Potential for change under global warming. In *Arctic Ecosystems in a Changing Climate; an Ecophysiological Perspective*, edited by Chapin F.S. et al. (Academic Press, Inc.), 11-34.