

COMPARAISON DES TEMPERATURES OBSERVEES SOUS COUVERT FORESTIER ET EN ESPACE OUVERT DANS LE JURA

JOLY D.⁽¹⁾

(1) Laboratoire ThéMA, UMR 6049 CNRS et Université de Franche-Comté [daniel.joly@univ-fcomte.fr]

Résumé – Deux réseaux de stations sont utilisés pour évaluer les différences de température entre espaces ouverts et forestiers. Chacune des 13 stations gérées par météo-France sur la montagne et les plateaux du Jura a été appariée à une station spécifique implantée dans la forêt la plus proche. Les minimums et maximums quotidiens enregistrés du 1^{er} mai 2011 au 31 octobre 2013 permettent de mesurer les écarts de température entre ces couples de stations. Sous couvert forestier, les minimums sont plus doux et les maximums plus frais que dans les espaces ouverts. L'altitude est la variable qui structure le plus vigoureusement la variation spatiale des températures des deux milieux. Ces constats sont évidemment attendus ; l'intérêt de l'étude est de les quantifier.

Mots-clés : température, forêt.

Abstract – *Comparison of temperature in forest and on open space in Jura Mountain.* Two measurement networks are used to evaluate the temperature differences between forest and open space. Each of the 13 stations managed by Météo-France is matched with a station located in the nearest forest. Temperature minima and maxima daily recorded from May 1st, 2011 to October 31st, 2013 are used to establish the thermic differences between these pairs of stations. Under forest cover, temperatures minima are milder whereas, maxima are fresher than they are on open space. Altitude is the variable that most strongly structures the spatial variation of temperature of the two considered environments. If these facts are of course expected, the interest of the present study is to quantify them.

Keywords : temperature, forest

Introduction

Le climat est d'ordinaire appréhendé grâce aux données des stations climatologiques localisées en secteur ouvert et dégagé. En revanche, bon nombre de contextes paysagers sont peu documentés alors que la connaissance de leur climat spécifique serait du plus grand intérêt à l'exemple de la ville qui, avec son îlot de chaleur, suscite depuis quelques années une recherche croissante. Il en va de même du climat des forêts, sous la canopée (Renaud et Rebetez, 2009). Pour de multiples raisons (faune, flore, exploitation forestière, activités touristiques, permanence de la neige, etc...), le climat forestier mérite d'être étudié en détail car il évolue dans le temps et dans l'espace selon des modalités qui ont peu de choses à voir avec celles des sites ouverts (Chen et al., 1993; Geiger et al., 2003). Ainsi, les composantes du bilan radiatif sont particulières en ce sens que le rayonnement solaire direct y est très réduit (Carlson and Groot, 1997), bloqué par la végétation (Porte et al., 2004). La vitesse du vent y est amoindrie (Grimmond et al., 2000), tandis que les précipitations, dont une bonne partie est captée par les feuilles et les branches, retourne dans l'atmosphère avant d'avoir atteint le sol (Lee, 1978). La température est également pondérée par la biomasse qui minimise les maximums et relève les minimums quotidiens (Geiger et al., 2003 ; Grimmond et al., 2000 ; Porte et al., 2004; Potter et al., 2001).

La plupart des études sur cette question portent sur la comparaison d'un ou plusieurs éléments du climat observés en quelques stations. En Suisse, les travaux de Renaud (2010) et Renaud et Rebetez (2009 ; 2011), effectués à partir de 14 sites de relevés, sont parmi les plus complets. L'étude présentée ici relève d'une démarche analogue. Il s'agit d'analyser, de manière systématique, les écarts entre températures sous et hors forêt à partir de deux réseaux de mesure distribués sur un espace régional : les plateaux et la montagne du Parc Naturel

Régional du Haut Jura (PNR-HJ) et de ses abords. Le réseau sous couvert forestier est structuré par les postes de Météo-France.

1. Aire d'étude, données et méthode

L'aire d'étude, centrée sur le PNR-HJ s'étend jusqu'au premier plateau du Jura. Les altitudes, qui s'élèvent par palier, sont comprises entre 250 m et 1720 m (Crêt de la Neige). De profondes vallées entaillent les plateaux et la montagne (l'Ain, la Valserine, la Bienne). Le taux de recouvrement forestier, supérieur à 60%, est tout autant guidé par la topographie que par l'altitude, les vals défrichés s'opposant aux monts boisés. Dans sa composition, la forêt offre les formations typiques de la France de l'Est réparties en trois étages principaux : l'étage collinéen jusqu'à 600 m (chênaie-hêtraie-charmaie), l'étage montagnard inférieur sur le second plateau (hêtraie-sapinière) et l'étage montagnard à partir de 900 m où les résineux dominent (sapin, épicéa).

1.1. Données de température

Les minimums et les maximums journaliers des sites ouverts proviennent de 13 stations du réseau de Météo-France (MF). La température sous couvert forestier (SCF) a été mesurée toutes les 6 minutes grâce à des capteurs de type « HOBO PRO V2 » (fig. 1) installés à l'intérieur de boîtiers protecteurs, accrochés sur le côté nord des arbres, en vis-à-vis des postes de Météo-France. Notons que la station MF de Pontarlier servira d'appui à deux stations SCF. La chronique utilisée ici s'étale du 1^{er} mai 2011 au 31 octobre 2013. Le minimum et le maximum journaliers ont été extraits de la base de données qui présente des données manquantes pour seulement deux appareils vandalisés puis réinstallés un peu plus tard.

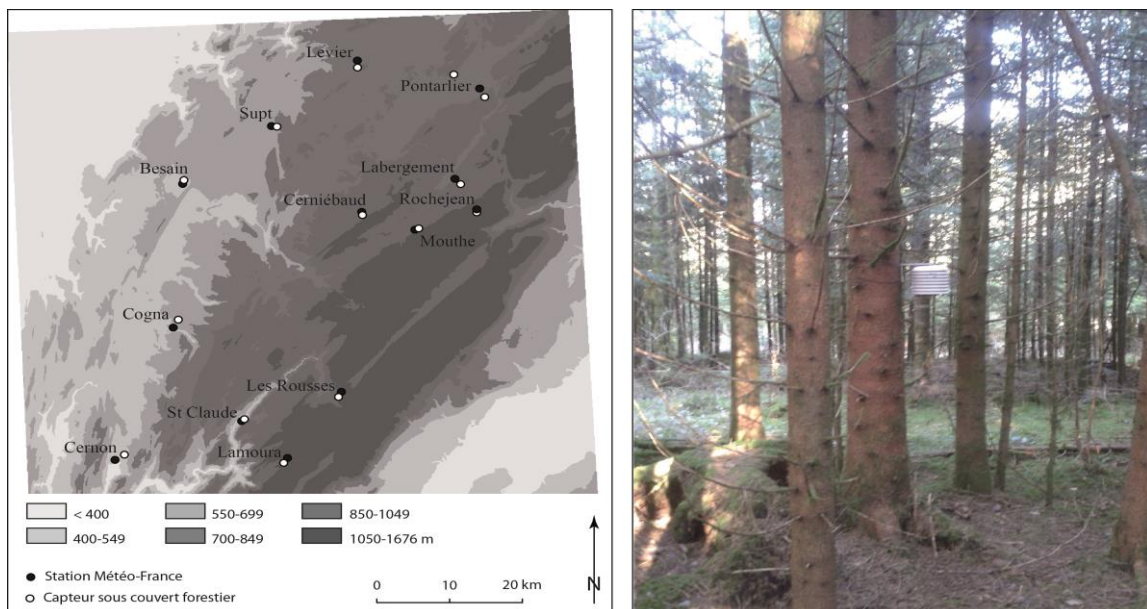


Figure 1 : Localisation des stations et photographie du capteur de Labergement.

Un appariement entre les données issues des stations de Météo-France et celles des stations sous forêt a été effectué pour que la comparaison porte exactement sur les mêmes jours. En

moyenne, l'écart, en altitude et en distance, entre chaque couple de stations s'établit respectivement à 25 m et à 1,3 km.

1.2. MNT

Du modèle numérique de terrain (MNT) de l'IGN à 50 m de résolution, on dérive sept variables (Joly et al., 2012) qui peuvent expliquer la distribution des températures : 1) l'altitude, 2) la pente, 3 et 4) l'exposition des versants exprimée en sinus et cosinus, 5) l'ampleur des reliefs positifs qui font saillie dans le paysage sous la forme de crêtes et de monts (AmplB), 6) l'encaissement des vallées (AmplC), 7) le rayonnement global théorique qui est calculé pour l'équinoxe en tenant compte des masques topographiques jusqu'à cinq kilomètres autour de chaque point. Un test *ad hoc* montre que la colinéarité entre chacune de ces variables est globalement faible. Un seul couple de variables (rayonnement global et cosinus des versants) est affecté d'un $r > 0,5$. Pour cette raison, la variable cosinus n'a pas été retenue dans cette étude.

1.3. Méthode

Des calculs de moyenne et de différence permettront d'abord de mesurer les écarts de températures entre les deux milieux. Ensuite, des régressions linéaires simples mettront en évidence la structure des variations spatiales des températures. Pour ce faire, ces dernières seront considérées comme les variables expliquées. Les six indicateurs dérivés du MNT seront considérés comme variables explicatives. Les calculs seront successivement appliqués aux 782 jours de mesure sous couvert forestier et dans les espaces ouverts. Au total, 8 904 (742 x 2 jours x 6 variables topographiques) régressions ont été effectuées. Seuls les coefficients de corrélation supérieurs à 0,5 seront retenus et pris en compte.

2. Résultats

2.1. Températures dans le val d'Arlier

La comparaison des températures minimales et maximales quotidiennes s'appuiera sur la station Météo France (MF) de Pontarlier et sur deux stations sous couvert forestier (SCF) distantes de 2 et 4 km, l'une en adret du val (hêtraie sapinière), l'autre en ubac (sapinière). L'écart d'altitude entre elles est voisin de 50 m. A titre d'exemple, nous examinerons les températures de juillet 2011.

2.1.1. Les 31 minimums et maximums quotidiens de juillet 2011

La figure 2 montre que les minimales SCF présentent une valeur supérieure de 3 à 4°C à celle des espaces ouverts au cours de journées ensoleillées (ex. du 1 au 6). En revanche, les écarts sont faibles (1 à 2°C) pour les jours avec forte nébulosité accompagnée de pluie (ex. du 17 au 24). En moyenne, l'écart entre la station SCF ubac et la station SCF adret d'une part et Pontarlier-MF d'autre part, est respectivement de 1,9° et 1,6°C. Les maximales SCF sont assez bien synchronisées avec la station MF. Les températures maximales SCF sont plus faibles (-3,2° pour l'ubac et -2°C pour l'adret) qu'en espace ouvert. L'amplitude moyenne journalière, de 11,9°C en espace ouvert, chute à 8,3 en adret et à 6,8°C en ubac.

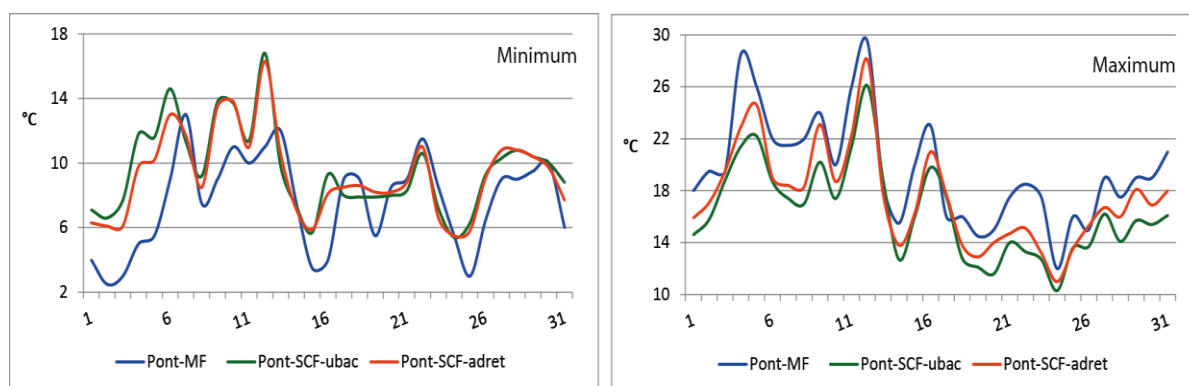


Figure 2 : températures minimales et maximales de juillet 2011 à Pontarlier-MF et aux deux stations SCF qui l'encadrent de part et d'autre du val d'Arlier.

2.1.2. Les 93 minimums et maximums quotidiens de juillet (2011-2012-2013)

La figure 3 montre que la relation entre les minimales des deux stations n'est pas de bonne qualité ($r^2 = 0.28$). Il en va tout autrement avec les températures maximales: le r^2 plus élevé (0,76) indique que les deux séries varient de manière concordante.

La pente de la droite d'ajustement indique que, pour 1 degré de variation à Pontarlier-MF, la température minimale ne varie que de 0,5°C sous couvert forestier : la forêt freine l'ampleur des variations de la température d'un jour à l'autre. Les maximums sous couvert forestier varient au rythme de 0,8°C pour 1 degré en espace ouvert. La turbulence induite par le vent plus fort le jour que la nuit explique la différence plus réduite entre les deux stations.

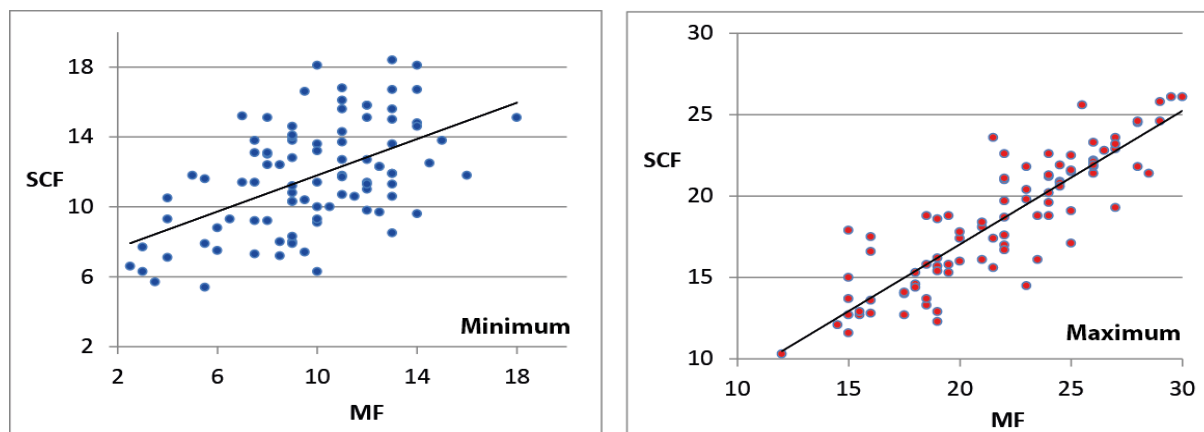


Figure 3 : graphe des températures minimales et maximales de juillet 2011, 2012 et 2013 à Pontarlier-MF et Pontarlier SCF-ubac.

2.2. Ecarts mensuels moyens entre espaces ouverts et sous forêt

Les écarts moyens mensuels entre espaces ouverts et boisés sont calculés en intégrant les 15 couples de stations. Concernant les minimums, aucune variation nette ne se dessine (fig. 4). Les écarts restent stables tout au long de l'année, proches de +1°C avec de petites fluctuations de 0,5°C entre février et mars qui peuvent être expliquées par le faible nombre d'observations cumulées au cours des mois en question. Une tendance apparaît avec les écarts des maximums qui opposent l'hiver et le printemps où les écarts sont assez faibles (-1 à -2°C sous forêt) à l'été où ils sont proches de -3°C. L'évapotranspiration peut expliquer cette

variation. Faible ou nulle en saison froide, son pouvoir réfrigérant est minimal ; en revanche, en été, il est maximal, ce qui contribue à rafraîchir les températures au sein de la forêt.

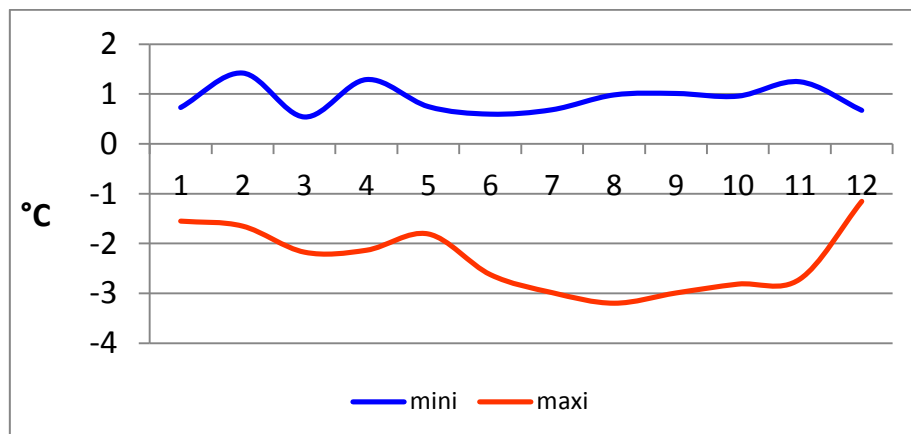


Figure 4 : écart moyen des températures entre les espaces ouverts et les espaces sous couvert forestier ; minimales et maximales mensuelles

2.3. Structure spatiale

L'altitude est le descripteur topographique qui structure-au mieux la variation spatiale des températures tant minimales que maximales (fig. 5). Cette variable explique les maximales ($r > 0,5$ dans 88 et 95% des cas pour SCF et MF) un peu plus souvent que les minimales (67 et 70%). La profondeur des vallées à l'intérieur desquelles sont localisées certaines stations arrive ensuite, mais loin derrière l'altitude et beaucoup plus souvent pour les maximales sous couvert forestier (28%) que les maximales en espace ouvert (12%) ou les minimales SCF (8%). Les minimales en espace ouvert ne sont quasi jamais influencées par cette variable. L'ampleur des reliefs positifs explique significativement seulement 6 et 4% des maximales et des minimales MF. Le rayonnement global influence d'abord les minimales en secteur ouvert (20%) ; le sinus des versant agit surtout sur les maximales sous couvert forestier (10%).

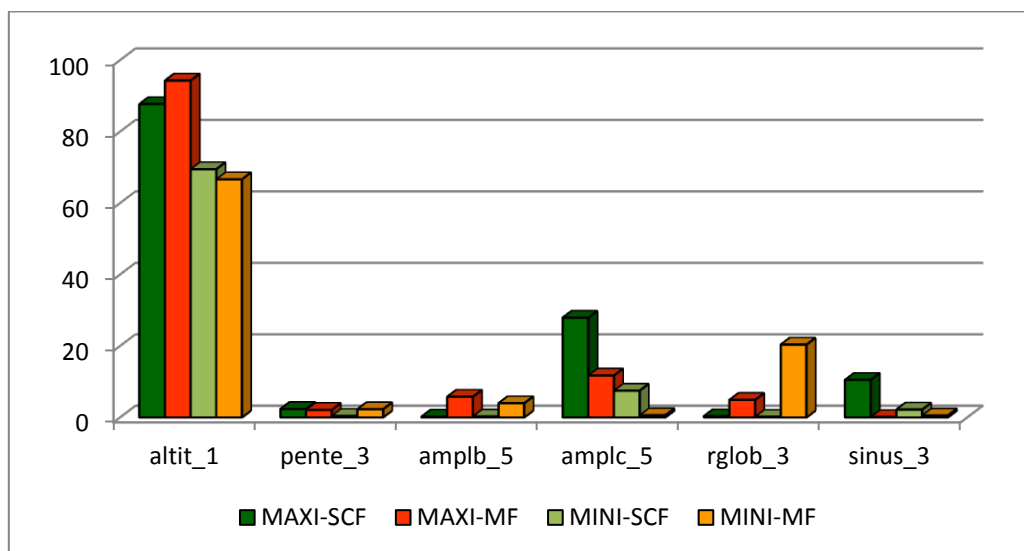


Figure 5 : fréquence des $r > 0,5$ entre températures minimales ou maximales relevées sous couvert forestier et en espace ouvert, et les 6 variables topographiques explicatives.

Conclusion

Précisons d'emblée que les statistiques portant sur les données quotidiennes et surtout mensuelles sont fragiles car la série d'observation est courte (2,5 ans) et qu'elle porte, dans le meilleur des cas, sur trois mois au maximum (mais un seul en février et mars).

L'amplitude journalière de juillet 2011 est plus faible sous couvert forestier qu'en espace ouvert suite à des températures minimales plus élevées (de 1°C environ) et des températures maximales plus basses (de 2 à 3°C). Ces valeurs sont confirmées par l'écart mensuel moyen des températures entre les deux milieux. Un autre développement a montré que, statistiquement, les minimums sous couvert forestier sont assez indépendants de ceux des stations de Météo-France tandis que les maximums y sont très liés. En dehors de ces différences, la structure de la variation spatiale des températures est analogue d'un milieu à l'autre. L'altitude ressort très fréquemment comme la première variable structurante de la température. La pente des versants et l'ampleur des reliefs positifs jouent un rôle négligeable.

Quand la base de données sera plus étoffée, on pourra envisager la différenciation des résultats selon le type de forêt, la situation topographique ou les 3 étages du Jura.

Remerciements

À Météo-France pour la gratuité des données. ; au Parc Naturel Régional du Haut-Jura qui, dans le cadre du programme LEADER « Haut-Jura : l'énergie du territoire » a financé l'achat et la mise en place des capteurs, puis l'acquisition des données sous couvert forestier ; aux maires des communes et aux propriétaires privés qui nous ont permis d'installer les capteurs dans la parcelle de forêt qu'ils possèdent.

Références bibliographiques

- Grimmond C.S.B., Robeson S.M. and Schoof J.T., 2000 : Spatial variability of micro-climatic conditions within a mid-latitude deciduous forest. *Climate Research*, **15**(2), 137-149.
- Lee R., 1978 : *Forest microclimatology*. Columbia University Press, New York.
- Chen J.Q. et al., 1999 : Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology - Variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes. *Bioscience*, **49**(4), 288-297.
- Geiger R., Aron R.H. and Todhunter P., 2003 : *The climate near the ground*. Rowman & Littlefield Publishers, Inc, Lanham, Maryland, 584 pp.
- Joly D., Bois B., Zaksek K., 2012 : Rank-ordering of topographic variables correlated with temperature. *Atmospheric and Climate Science*, **2**(2), 139-147, DOI: 10.4236/acs.2012.22015DOI
- Potter B.E., Teclaw R.M. and Zasada J.C., 2001 : The impact of forest structure on near-ground temperatures during two years of contrasting temperature extremes. *Agricultural and Forest Meteorology*, **106**(4), 331-336.
- Renaud V., 2010 : *Comparaison des caractéristiques climatiques sous couvert forestier et hors couvert ; Potentiel bioclimatique de la forêt pour le bien-être humain*. Thèse n°4795, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, 105 p.
- Renaud V. et Rebetez M., 2009 : Comparison between open-site and below-canopy climatic conditions in Switzerland during the exceptionally hot summer of 2003. *Agricultural and Forest Meteorology*, **149**(5), 873-880.
- Renaud V. et Rebetez M., 2011 : Comparison between open-site and below-canopy climatic conditions in Switzerland for different types of forest during 10 years (1998-2007). *Theor. Appl. Climatology*, **105**, 119-127.