

ANALYSE DE LA VARIABILITE SPATIALE DE LA TEMPERATURE A L'AIDE DE TRANSECTS MOBILES (application en topoclimatologie)

ERPICUM Michel

Université de Liège - BELGIQUE

RESUME

Après une réflexion sur l'intérêt et les difficultés de réaliser des campagnes itinérantes de mesure des paramètres du climat, il est proposé les résultats d'un transect de 51 kilomètres parcouru en conditions de ciel couvert et de vent modéré puis en conditions de ciel dégagé et sans vent. Chaque parcours est effectué en début de matinée alors que la température augmente. Ils révèlent de très grandes différences entre les températures mesurées dans des sites identiques.

ABSTRACT

After considerations about the interest and the difficulties to carry out mobile measures of the climate parameters, the author proposes the same itinerary (51 km long) covered by car early in the morning during two different weather conditions: windy and overcast weather and serene and calm weather. These measures reveal important temperature differences for the same locations.

MOTS-CLES : topoclimatologie, température, mesures itinérantes, Belgique.

KEY-WORDS : topoclimatology, temperature, mobile measures, Belgium.

1. INTRODUCTION

Jusqu'il y a peu de temps, les progrès des recherches menées en topoclimatologie étaient limités notamment par l'instrumentation. Il était souvent nécessaire de se contenter de mesures effectuées en sites fixes et souvent avec des instruments à temps de réponse et de caractéristiques différentes selon les réseaux desquels ils dépendaient.

Les sites d'observation des paramètres du climat dépendaient des spécifications imposées par les différents réseaux de mesure avec souvent une valeur ou deux disponibles par jour. Le chercheur disposait rarement de mesures récoltées lors de campagnes mobiles et il disposait encore plus rarement, de données digitales provenant de vols spéciaux avec mesures radiométriques en infra-rouge thermique (cf. W. ENDLICHER, 1980; S. LINDQVIST & J.O. MATTSSON, 1988).

Actuellement il existe des stations d'acquisition de données programmables selon les besoins spécifiques des campagnes de mesure à effectuer. Les données récoltées de la sorte en campagnes itinérantes permettent de connaître les fluctuations des variables en quasi continuité, le long de transects topographiques.

Ces données sont d'autant plus utiles que les recherches de topoclimatologie exigent l'acquisition de données avec une résolution spatiale fine et bien plus fine que celle des réseaux d'observations traditionnels ou celle des informations météorologiques satellitaires pour lesquelles il n'existe pas encore de données IR-thermique à résolution spatiale inférieure au kilomètre carré (M. WINIGER, 1984).

Une série de transects de 51 km de long entre Liège (alt. 60 m) et le Mont Rigi (alt. 670 m) sont interprétés et analysés en fonction de l'affectation du sol, des conditions topographiques et des types de temps afin d'améliorer la connaissance de la variabilité spatiale des paramètres du climat à l'échelle locale et régionale.

2. REFLEXION ET METHODE ADOPTEE POUR LA MESURE DE LA TEMPERATURE EN CAMPAGNE ITINERANTE.

Deux types de données servent actuellement de base aux études de topoclimatologie de détail.

D'une part, il y a les données qui proviennent des réseaux météorologiques traditionnels. Les postes thermométriques relativement nombreux de ces réseaux n'offrent toutefois dans la plupart des cas, qu'un à trois relevés par jour. Leurs données sont très dépendantes du type d'abri utilisé (R. SNEYERS, 1973) et de la ponctualité de leurs relevés. Les données provenant d'enregistrements sont obtenues avec des instruments ou des senseurs à temps de réponse très différents et souvent très longs. Etant donné que leurs données sont très dépendantes du site d'observation dont elles proviennent, il est donc indispensable de ne les intégrer dans une analyse fine des variations du champ thermique qu'en connaissance de leurs caractéristiques d'emplacement (M. ERPICUM, 1984).

D'autre part, il y a les données qui proviennent des températures de radiance issues de satellites à résolution spatiale fine (120 M/LANDSAT 4 et 5; bande 6) ou de vols spéciaux d'avions. Toutefois les températures de radiance fournies par les satellites Landsat 4 et 5 ne sont disponibles de manière répétitive pour une même zone géographique, que tous les 16 jours et uniquement en fin de matinée. Les inconvénients liés à l'utilisation de données radiométriques sont donc la dépendance de moyens très sophistiqués et très onéreux, la contrainte d'effectuer des analyses à des moments ne convenant pas nécessairement aux buts poursuivis, la taille des éléments d'information et la reproductibilité des observations (W. ENDLICHER, 1988).

Depuis quelques temps, il existe des stations d'acquisition automatique de données entièrement programmables. Ces stations disposent de périodes d'échantillonnage variables, de possibilités de prétraitement adaptées aux paramètres météorologiques et de capacités de stockage de l'information modulables.

Dans la mesure où ces stations de saisie automatique de données sont raccordées à des capteurs très précis et à temps de réponse très courts et, dans la mesure où les résultats de la ou les stations mobiles sont comparés à ceux d'une ou plusieurs stations fixes équipées de manière semblable, il est possible d'établir des profils des paramètres climatiques dans l'espace, qui soient correctement comparables entre eux suivant les variations constatées au cours du temps dans les postes fixes.

Le principal intérêt lié à l'utilisation d'une station mobile de saisie de données est de permettre une grande souplesse dans la reproductibilité des campagnes de mesures. Ces campagnes de mesures peuvent être menées à différents moments de la journée comme de l'année et le long de profils sélectionnés en fonction de critères très divers. Il est possible d'adapter la vitesse de déplacement de la station d'acquisition de données en fonction de l'échelle à laquelle le chercheur souhaite travailler de telle manière à accomplir le transect en moins d'une heure.

Les campagnes itinérantes doivent bien évidemment être assorties des meilleurs moyens de définition du positionnement dans l'espace comme dans le temps des données récoltées (compteur kilométrique, altimètre, enregistrement de renseignements descriptifs concernant l'état du sol, les particularités rencontrées, la nébulosité, le temps qu'il fait, ...).

A la vitesse de 60 km/h, un itinéraire de 50 kilomètres est parcouru en moins d'une heure et chaque minute correspond à un déplacement de un kilomètre. L'importance de cette distance élémentaire impose donc le recours à un échantillonnage très fréquent des données mais ce dernier ne peut descendre en dessous du temps de réponse - sous différentes conditions de ventilation - des capteurs utilisés.

Avec un échantillonnage effectué toutes les six secondes, le pas de la distance parcourue entre deux mesures successives est égal à 100 mètres. Un stockage chaque minute des valeurs maximales et

minimales et de leur moment d'occurrence permet de localiser les endroits où sont observés les extrêmes des paramètres mesurés.

Toutefois, si la valeur de la température mesurée à l'aide d'une sonde sèche ventilée ne subit pas, ou peu, l'influence de sa vitesse de ventilation au-delà de quelques mètres par seconde, ce n'est pas le cas des mesures de température effectuées avec des sondes mouillées artificiellement qui seraient déplacées dans un environnement non saturé en vapeur d'eau. La détermination des coefficients psychrométriques doit être effectuée en soufflerie pour permettre la mesure correcte de l'humidité de l'air par la méthode psychrométrique traditionnelle qui reste la plus fiable au-dessus de zéro degré Celsius.

Afin d'écartier de l'analyse l'échauffement ponctuel de la température de l'air par les gaz d'échappement de la circulation automobile, les températures minimums relevées toutes les six secondes peuvent très bien servir à l'analyse. C'est ce qui est proposé dans cette contribution.

Des essais comparatifs de mesures de la température et de l'humidité relative de l'air ont été menés en parallèle entre une sonde Rotronic MP100 et des sondes PT100 de 2 mm de diamètre. Alors que les temps de réponse de la sonde Rotronic sont très courts lorsqu'elle n'est pas recouverte par un filtre à poussières, il s'est avéré que cette sonde n'était pas recommandable pour mener des campagnes itinérantes lorsqu'elle restait couverte par le filtre à poussières qui est pourtant vivement recommandé par son constructeur. La figure 1 A, permet de constater la très bonne correspondance des temps de réaction des sondes comparées lorsque le manchon de la sonde MP100 est retiré. La figure 1 B montre combien l'utilisation de la sonde MP 100 peut lisser les fluctuations de température par l'allongement excessif de son temps de réponse lorsqu'elle est recouverte par le manchon de protection contre les poussières. Les constatations sont les mêmes lorsqu'il s'agit de comparer la sensibilité de l'élément de mesure de l'humidité relative avec ou sans manchon.

Des thermorésistances de deux millimètres de diamètre, abritées du rayonnement solaire direct, ont donc été placées à 1m50 du sol à l'avant d'un véhicule. Leur temps de réponse à 90 % pour une ventilation supérieure à quelques m/sec est égal à 20 secondes. Leur temps de réponse à 100 % lors d'une immersion dans de l'eau dont la température est différente de 10 degrés de celle de l'air est égal à 12 secondes.

Une sonde mesurant le rayonnement solaire direct a été disposée sur le toit du véhicule afin de distinguer les endroits situés à l'ombre des autres. Cette sonde permet également de mesurer la variabilité des caractéristiques de la couverture nuageuse. Deux transects sont proposés ci-après à titre d'exemple. Le premier concerne une situation de ciel bouché par des nuages de type Nimbostratus. Le deuxième concerne une situation de ciel quasi serein avec un voile très ténu de Cirrus.

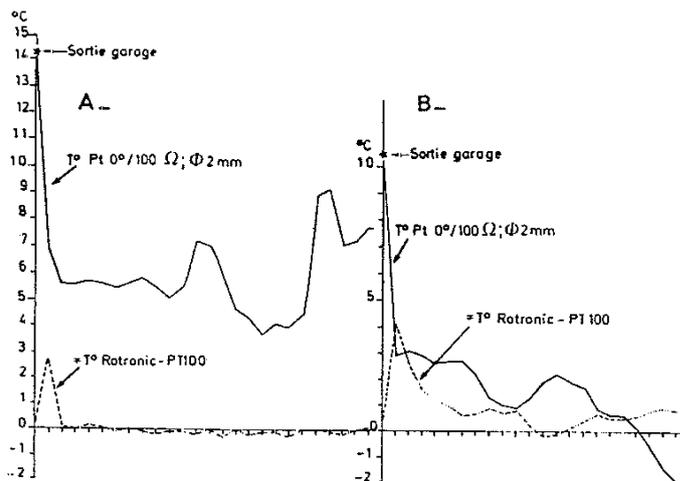


Fig. 1 - T° min. enregistrée toutes les 2 minutes lors des mesures itinérantes effectuées à plus de 30 km/h. Comparaison entre température (PT100 Ω 0°C ; Φ 2 mm) et température (sonde Rotronic MP 100). A. Sonde Rotronic MP 100 sans filtre à poussières. B. Sonde Rotronic MP 100 avec filtre à poussières

3. RESULTATS : LE CAS D'UN TRANSECT DE 51 KM DE LONG, ENTRE LIEGE (alt. 60 m) ET LE MONT RIGI (alt. 670 m).

3.1. SITUATION DE CIEL BOUCHE, TEMPS PERTURBE, VENT MODERE DE NORD, PLUIE OU NEIGE TRES FINE (4/4/1989, DE 9h 10 À 9h 50 T.U. + 1).

La température mesurée au poste fixe de référence - c'est-à-dire la Station Scientifique du Mont Rigi - ne varie que de 0,4° C au cours de l'heure qui a correspondu à l'établissement du profil de température le long du transect topographique parcouru en auto, entre Liège et le Mont Rigi. Au Mont Rigi, la température a varié entre -1°4 et -1°8 C (fig. 2). La température mesurée dans la plaine alluviale de la

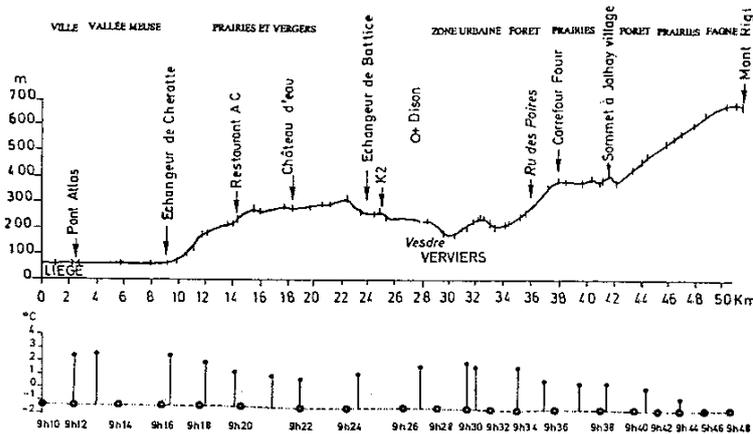


Fig. 2 - Profil différentiel de température accompli par ciel bouché et venteux (4/4/1989). (1) Courbe de référence de température obtenue à la Station Scientifique du Mont Rigi.

Meuse entre Liège et Cheratte est 4°0 à 4°3 plus élevée que celle qui est mesurée au Mont Rigi. A la même altitude, la température est 0°8 à 1°0 plus chaude à Verviers (zone résidentielle à habitat dense) - km 32 du profil- que dans la montée du versant nord du Pays de herve - km 14 du profil -.

Aucune autre observation particulière n'est à signaler à propos de ce transect accompli dans une situation très fréquente de temps couvert sans confinement de l'air.

3.2. Situation de ciel serein, vent calme (1/5/1989, de 7h10 à 7h50 T.U. + 1)

La température mesurée au poste fixe de référence - le même que ci-dessus - varie de 1,1° C pendant la période qui a correspondu à la réalisation du profil de température établi le long du transect topographique (fig. 3).

Au Mont Rigi, la température varie entre 7,8° et 8,9° C. Le profil étant accompli sur des pentes essentiellement orientées vers le nord, les conditions thermiques rencontrées à ce moment de la journée

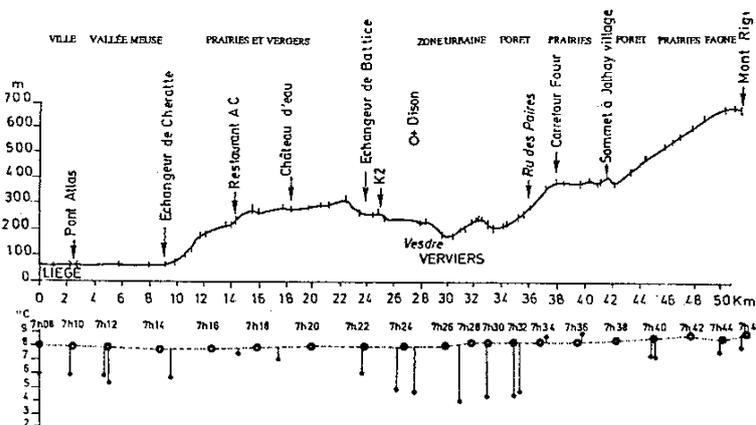


Fig. 3 - Profil différentiel de la température accompli par ciel serein et vent calme (1/5/1989) (1) Courbe de référence de la température obtenue à la Station Scientifique du Mont Rigi.

reflètent encore la situation thermique radiative héritée de la nuit. L'inversion de température est encore très marquée car la température mesurée au niveau de la plaine alluviale de la Meuse est 2° à 2,5° C plus froide que celle qui est observée au même moment au Mont Rigi, 600 mètres plus haut.

Si on se réfère à la situation précédente et que l'on considère que dans ce cas la température observée à Liège devrait être 4° à 4,5° plus élevée qu'au Mont Rigi, on constate que l'effet thermique provoqué par l'inversion de température est voisin de 7,0° au Mont Rigi.

Sur le sommet du plateau de Herve (km 16 à 23,5), dans des prairies et bocages et sous un bon ensoleillement, les écarts de température avec le Mont Rigi diminuent nettement. Cette situation est comparable à celle qui est constatée entre les kilomètres 37 et 41 sur le plateau situé de l'autre côté de la vallée de la Vesdre.

Au km 31 du profil, l'écart entre la température qui y est observée et celle qui est observée au Mont Rigi, atteint une valeur de -4,6°. Ce site reste particulièrement confiné car il est situé à l'abri du rayonnement solaire, dans un fond et sous le viaduc du contournement autoroutier de Verviers.

4. CONCLUSION

Si les mesures de la température effectuées en postes fixes offrent depuis de longues années la possibilité d'analyser avec satisfaction leurs variations temporelles, elles restent toutefois difficiles à utiliser pour obtenir leur généralisation dans l'espace.

Les variations spatiales de la température de l'air peuvent désormais être analysées de façon très précise à partir de campagnes de mesures itinérantes effectuées avec des instruments à temps de réponse très court et en tenant compte d'une série de précautions qui sont exposées dans le texte.

La localisation d'inversion de température ou de tout autre brusque changement de la température d'un endroit à l'autre peut être trouvée avec précision lors de conditions atmosphériques favorables.

Les campagnes de mesures peuvent être renouvelées dans des conditions semblables afin de confirmer les observations réalisées. Le principal intérêt des mesures itinérantes est leur souplesse. Elles constituent un outil indispensable à la réalisation des cartes de température lors de conditions atmosphériques particulières (par situation de gel, de foehn, de pollution, de brouillard,...).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ENDLICHER W., 1980. *Geländeklimatologische Untersuchungen im Weinbaugebiet des Kaiserstuhls*. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr 150, Offenbach a M., 124 p.
- ENDLICHER W., 1988. Thermal infrared image data and its use for studies of local and regional climatology. *in* : A.P. Sturman (ed.), *Proceeding of the symposium of the topoclimatological investigation and mapping study group held in Christchurch, New Zealand*, 10-13/8/88, pp. 61-69.
- ERPICUM M., 1984. *Variation temporelle des disparités locales de la température en Haute Belgique. Analyse menée en fonction du milieu géographique et des variables météorologiques concomitantes* (2 vol.) thèse de doctorat, inédit, 1984.
- LINDQVIST S. & MATTSO J.O., 1988. Topoclimatic surveying experiences of some Swedish applications. *in* : A.P. Sturman (ed.), *op cit*.
- SNEYERS R., 1973. Sur la densité optimale des réseaux météorologiques. *Arch. Met. Geoph. Biokl., Sér. B.*, **21** (1), pp. 17-24.
- WINIGER M., 1984. Satellite Data in Topoclimatology. *in* : W. Kirchhofer, A. Ohmura, H. Wanner (eds.), *Zürcher Geographische Schriften*, Vol. 14, pp. 41-52.