

**Evolution diurne des profils thermiques inversifs
les plus courants observés le long de la tour du
Bol d'air au sud-sud-ouest de Liège**

par A. GRILLI-DELREZ (*) et M. ERPICUM (**)

MOTS CLES. — *Climatologie locale, inversion de température, profil thermique vertical, vitesse du vent, variation diurne moyenne.*

RESUME. — *L'évolution diurne moyenne des profils thermiques semi-horaires est analysée pour une série de journées qui ont au moins connu à un moment donné une inversion de température entre le sol et 110 mètres de haut. Cette analyse est menée à partir de 5 points de mesure répartis le long d'une tour de télédistribution. Le domaine de répartition de la distribution de la vitesse du vent à 10 mètres du sol est établi pour cinq types de profil de température avec inversion.*

KEY WORDS. — *Local climatology, temperature inversion, vertical temperature distribution, wind speed, mean daily variation.*

ABSTRACT. — *The mean diurnal evolution of semi-hour temperature profiles is analysed for days which have had at least once a temperature inversion in the first 110 metres above the ground. This analysis is carried out with the help of 5 measure points situated alongside a television mast-head. The distribution of the wind speed at 10 metres above the ground is given for 5 types of temperature profiles with inversion.*

Dans l'agglomération liégeoise, l'inversion de température à proximité du sol a déjà fait l'objet de plusieurs articles : notamment ceux de A. Laurant (1968 et 1969), A. Hufty (1975), J. Alexandre et C. Damme (1980). A la suite de ces

(*) Assistante à l'Université de Liège, Service de Géographie humaine, place du Vingt-Août, 7, B-4000 Liège.

(**) Assistant à l'Université de Liège, Service de Géographie physique, section de Climatologie, place du Vingt-Août, 7, B-4000 Liège.

articles, notre but est de préciser – pour les journées au cours desquelles une inversion de température, même épisodique a été enregistrée entre le sol et 110 mètres de haut – les fréquences d'occurrence semi-horaires de 5 profils thermiques inversifs les plus couramment observés à la tour du Bol d'air ⁽¹⁾ pendant les mois de janvier à août des années 1979 et 1980. Pour chacun de ces profils, nous définirons le domaine de répartition de la vitesse du vent mesurée à 10 mètres de haut à Bierset – station synoptique de référence pour la région liégeoise – dans un site parfaitement plat et sans obstacle.

Cinq sondes de température ⁽²⁾ placées sous abri à ventilation naturelle de type Baumbach ont été fixées à différents niveaux de la tour, respectivement à 2, 29, 60, 80 et 110 m de haut afin d'obtenir quatre gradients verticaux successifs de température. Ces sondes ont été connectées à un enregistreur potentiométrique multicourbe après compensation de la résistance des conducteurs. Les valeurs de température des quatre niveaux supérieurs ont été directement déduites de celle qui est obtenue à 2 m (température de référence). C'est ainsi qu'une série de mesures pour l'ensemble des sondes a pu être récoltée de 3 minutes en 3 minutes.

I.— LES PROFILS THERMIQUES ENVISAGES

En disposant de mesures de la température à cinq niveaux différents, 16 types de profils thermiques verticaux sont possibles à partir des combinaisons entre deux types de gradient de température – positif ou négatif – obtenus entre points de mesure successifs. Chaque type de profil thermique est donc représenté par la juxtaposition de quatre petits gradients dont nous avons calculé séparément la valeur moyenne pour chaque segment. Ces valeurs sont reportées sur les graphiques de la figure 1. Elles ont d'ailleurs été, au préalable, l'objet de vérifications et corrections strictes afin d'éviter les erreurs systématiques associées à l'instrumentation (A. Delrez, 1983, pp. 71-79).

Parmi les 16 types de profils thermiques verticaux théoriques fixés au préalable, six seulement ont connu une fréquence d'occurrence supérieure ou égale à 4 0/0. Parmi ces profils, un seul – le type 6 – reste négatif du sol jusqu'au-

⁽¹⁾ Cette tour est située à 264 mètres d'altitude et à quelque cinq kilomètres au sud-sud-ouest de la ville de Liège. Elle est installée au sein d'une clairière taillée dans un ensemble forestier peu homogène constitué à la fois de feuillus et de résineux.

⁽²⁾ Il s'agit de thermorésistances Dégussa Hartglass (\varnothing 3 mm) de 500 Ω à 0°C dont le coefficient de variation est de 1,925 ohms par degré centigrade.

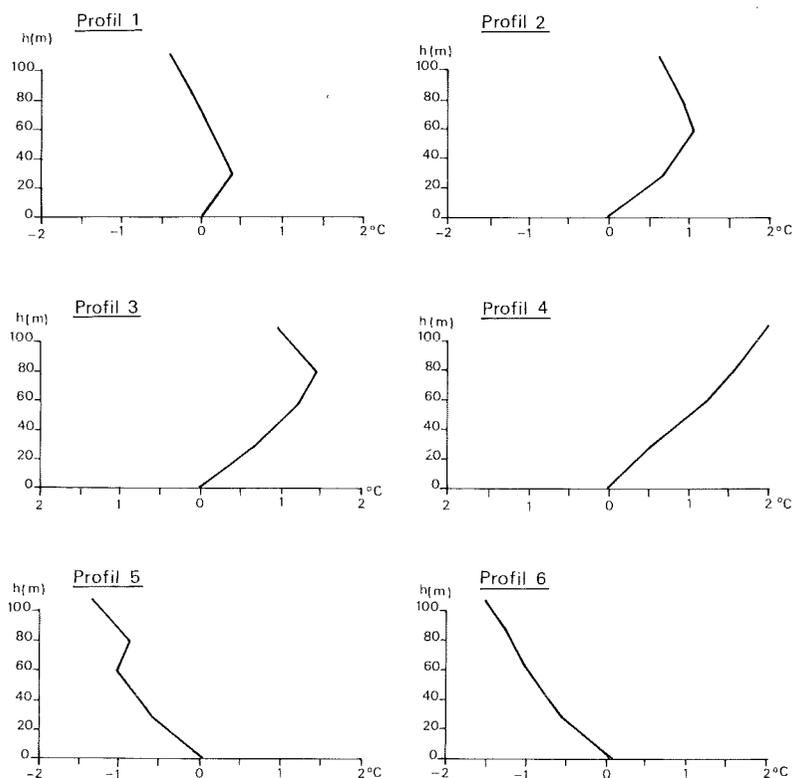


FIG. 1. — Profils thermiques verticaux moyens associés aux 5 profils inversifs les plus fréquents (types 1 à 5) et au profil non inversif le plus fréquent (type 6). (Tour du Bol d'air, sud-sud-ouest de Liège).

delà de 110 m. Ce profil (type dit de gradient diurne habituel à décroissance de la température avec l'altitude) est observé dans 55 % des cas. La très forte majorité de profils thermiques de ce type prouve que notre échantillon concerne bien des journées pendant lesquelles l'inversion de température a été associée à des processus nocturnes ou de marge diurne essentiellement radiatifs et non pas advectifs.

Les cinq autres profils connaissent tous au moins une couche en inversion de température. Pour plus d'efficacité, nous les avons ordonnés de la manière suivante :

- Type 1 : inversion dans la première couche seulement : 7 % des cas.
- Type 2 : inversion dans les deux premières couches : 4 % des cas.
- Type 3 : inversion dans les trois premières couches : 5,4 % des cas.

Type 4 : inversion dans les quatre couches considérées et limite supérieure de l'inversion de température non connue : 5,8 0/o des cas.

Type 5 : inversion dans la troisième couche seulement (profil dit de résorption) : 5 0/o des cas.

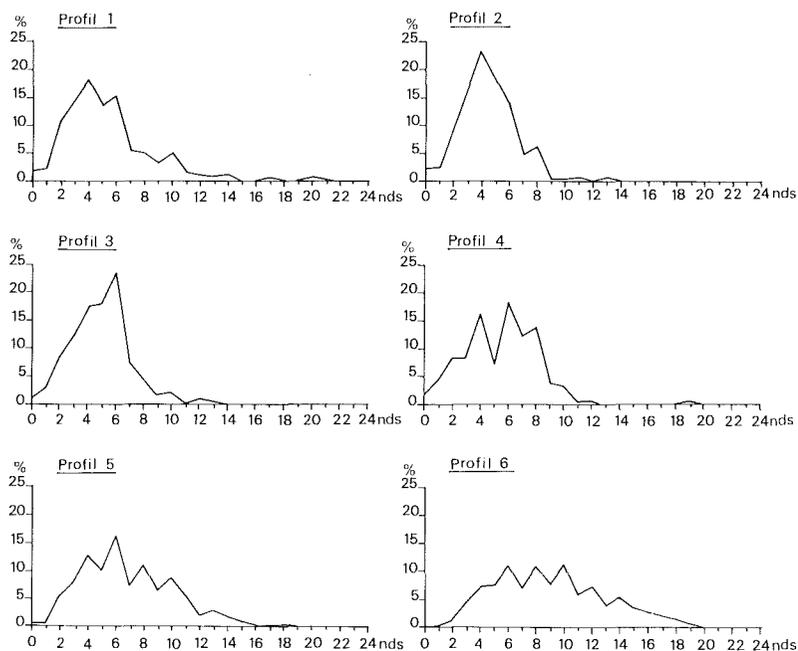


FIG. 2. — Fréquences relatives des vitesses de vent observées simultanément aux profils thermiques de types 1 à 6 (vent mesuré à 10 mètres de haut).

La figure 2 présente le domaine de répartition de la vitesse du vent mesurée à 10 mètres de haut en site dégagé à Bierset pour chacun des profils thermiques envisagés. On constate qu'au-delà de 10 noeuds, l'air peut être aussi sec, le ciel aussi clair que possible : l'inversion totale (type 4) ne peut exister. Les profils de type 1 sont surtout observés lorsque la vitesse du vent est comprise entre 2 et 6 noeuds. Le mode de cette distribution de la vitesse du vent est situé à 4 noeuds alors que la moyenne de cette dernière est égale à 5,3 noeuds. Le décentrement du maximum de fréquence de la vitesse du vent vers les vents faibles ainsi que la valeur relativement élevée de la limite supérieure (14 noeuds) indiquent que le vent est moins influent vis-à-vis de ce type de profil que des autres. En fait, il existe une vitesse de vent au-delà de laquelle les forces de cisaillement sont telles qu'elles engendrent un tourbillon qui homogénéise la structure inver-

sive et la détruit. Cette vitesse limite semblerait être de *14 noeuds* puisqu'au-delà plus aucune inversion n'existe près du sol. Les *10 noeuds* - vitesse limite de l'inversion totale - correspondraient donc à une vitesse de 14 noeuds entre 80 et 110 mètres en appliquant la théorie de Monin et Obukhov pour le calcul du profil théorique des vitesses.

Les profils de type 2 sont essentiellement observés lorsque la vitesse du vent est égale à 4 noeuds. Au-delà de 8 noeuds, très rares sont les cas où ce type de profil a été observé (6 cas sur 254).

Les profils de type 3 sont essentiellement observés lorsque la vitesse du vent est égale à 6 noeuds. Au-delà de cette valeur, les fréquences d'occurrence de ce type de profil diminuent brutalement.

Les profils de type 5 - profils de résorption de l'inversion de température - sont associés à une répartition de la vitesse du vent très différente des précédentes. Ils peuvent encore être observés à des vitesses de vent de 15 noeuds, alors qu'ils ne sont jamais observés lorsque la vitesse du vent est inférieure à 2 noeuds.

II.— LES FREQUENCES SEMI-HORAIRES D'OCCURRENCE DE PROFILS THERMIQUES DETERMINES

Le fait de disposer de séries subcontinues de profils thermiques verticaux à la tour du Bol d'air, nous permet d'analyser leur séquence préférentielle au cours de la journée. La figure 3 montre celle des types de profils thermiques sélectionnés et définis au paragraphe précédent.

La distribution des fréquences semi-horaires du gradient de type 6 permet de décomposer la journée en quatre périodes bien distinctes les unes des autres. Il y a tout d'abord la *période diurne caractérisée par la convection thermique optimale* qui s'étend de 10 heures à 18 heures (heure locale d'hiver : TU + 1) et pendant laquelle plus de 70 % des profils thermiques semi-horaires sont de type 6. A l'opposé de cette période très caractéristique de la journée, il y a la *période nocturne de stabilité optimale* qui s'étend de 20 heures à 6 heures et pendant laquelle entre 30 et 35 % seulement des profils thermiques sont de type 6. Entre ces deux périodes, il existe d'une part une *période de transition matinale* caractérisée par la résorption de l'inversion de température nocturne et le prélude à la convection diurne (de 6 heures à 10 heures du matin) et d'autre part, une *période de transition de fin d'après-midi et début de soirée* caractérisée par la résorption de la convection diurne et le prélude à la stabilisation des couches d'air au contact du sol (de 18 heures à 20 heures).

En ce qui concerne les profils thermiques inversifs, nous observons une succession préférentielle de certains types au cours de la nuit. Nous pouvons donc parler de *séquence temporelle* de ces types de profils. En effet, tout

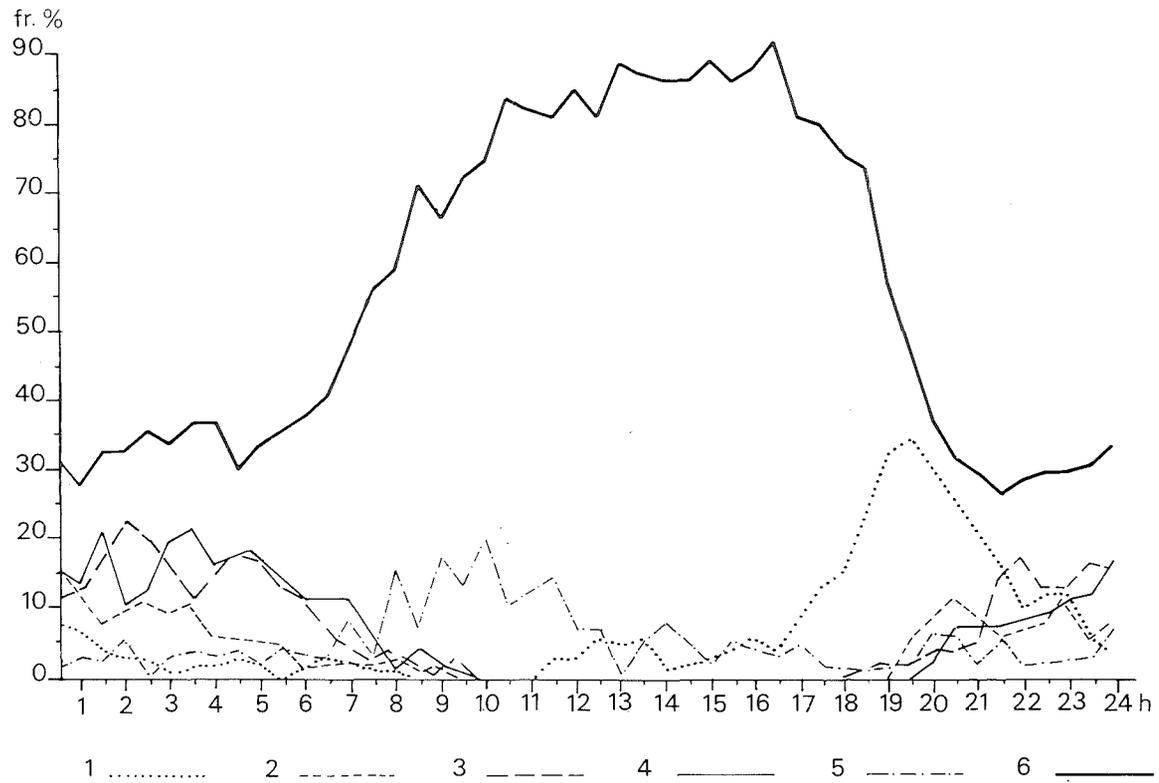


FIG. 3. — Fréquences horaires relatives des profils thermiques de types 1 à 6.

d'abord en fin d'après-midi, au moment où la fréquence des profils de type 6 diminue, celle des profils de type 1 (inversion au premier niveau) croît brusquement pour atteindre une fréquence maximum vers 19 h 30 (35 % des cas): *l'inversion s'installe*. Il faut noter qu'elle s'installe bien par le bas comme le propose notamment T.R. Oke (1978, p. 52) qui schématise les résultats présentés par R.W. Shaw et R.E. Munn (1971).

Ensuite, trois types de profils se succèdent :

1° Le profil de type 2 (inversion aux deux premiers niveaux). Il se manifeste dès 19 heures et atteint sa fréquence optimale (15 % des cas) dès 20 h 30 et cela jusqu'à 3 h 30.

2° Le profil de type 3 (inversion aux trois premiers niveaux). Il apparaît timidement vers 18 heures mais il ne s'impose en prenant le relais du type 1, qu'à partir de 21 h 30. Il restera alors prépondérant jusqu'à 6 heures, avec toutefois une fréquence maximale à 2 heures (25 % des cas).

3° Le profil 4 (inversion jusqu'au-delà de 110 mètres). Ce profil n'apparaît qu'après 19 h 30 et il a tendance à prendre le relais du type 3 dès 24 heures. Il atteint sa fréquence maximale vers 3 h 30 (23 % des cas) et restera alors prépondérant avec le type 3 jusqu'à 6 heures. A ce moment, le type 3 disparaît alors que le type 4 garde la plus grande fréquence jusqu'à 7 h 30. En fait, nous avons pu vérifier que le profil de type 3 est surtout fréquent en été et il est donc logique que sa résorption soit plus matinale, car la figure 3 ne tient pas compte de toutes les saisons à la fois. De plus, nous avons constaté que les profils de type 4 sont fréquemment associés à une brume qui retarde alors leur résorption.

Ensuite, le profil de type 5 prend subitement une brusque importance relative et sa fréquence maximale est atteinte vers 10 heures (20 % des cas). Si nous considérons ce profil comme une résorption du profil de type 4 (ce qui a pu être vérifié par des études de cas), il y a une petite divergence par rapport au profil caractéristique du "soon after sunrise" de T.R. Oke (1978). Ce dernier profil se résorbe uniquement à la *base* et non en altitude. Cet auteur suppose, comme bien d'autres, que la résorption est due uniquement à l'échauffement du sol après le lever du soleil. Or, nos observations semblent devoir associer à cet échauffement du sol un mouvement turbulent en altitude qui serait alors à l'origine de la résorption de la couche 80-110 mètres. La résorption sera donc mixte et due à la fois à un mélange par thermoconvection (entre 0 et 60 mètres) et par turbulence mécanique (friction) entre 80 et 110 mètres.

Le vent constitue donc un facteur limitant; un vent faible est nécessaire à l'installation comme au maintien d'une inversion de température, mais il reste à vérifier à partir de profils verticaux de la vitesse du vent si la résorption de l'inversion de température est bien due à un double accroissement de la turbulence associée à un accroissement de la vitesse horizontale du vent qui pourrait avoir deux causes différentes et concomitantes.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE J. et DAMME C., 1980. — Evolution de la température selon l'heure et le site dans l'îlot de chaleur de l'agglomération liégeoise, *Recherches Géographiques à Strasbourg*, n° 13-14, pp. 121-126.
- DELREZ A., 1983. — Contribution à l'étude de la structure thermique de l'atmosphère dans la région liégeoise, Univ. de Liège, Mémoire de licence en Sciences géog., 312 p. (inédit).
- HUFTY A., 1975. — Gradients verticaux de température et combinaison des éléments du temps, *Annales de Géographie*, n° 465, pp. 526-542.
- LAURANT A., 1968. — Méthode d'analyse en vue des études de pollution atmosphérique. Premiers résultats de l'étude des inversions thermiques au Sart-Tilman (Liège-Belgique), *Cah. de Géogr. de Québec*, n° 25, pp. 123-129.
- LAURANT A., 1969. — Une inversion thermique exceptionnelle (17 au 24 novembre 1967), *Bull. de la Soc. géogr. de Liège*, n° 5, pp. 131-139.
- OKE T.R., 1978. — *Boundary Layer Climates*, Methuen and Co Ltd, London, 372 p.
- SHAW R.W. et MUNN R.E., 1971. — *Air Pollution Meteorology*, in McCORMAC, B.M. (ed.), *Introduction to the Scientific Study of Atmospheric Pollution*, Reidel, Dordrecht, pp. 53-96.
-