

**ADVECTION DES MASSES D'AIR
ET TEMPERATURES DE L'AIR PRES DU SOL :
recherche d'une méthode d'analyse**

Michel ERPICUM, George MABILLE et Jean ALEXANDRE
Département de Géographie physique, Université de Liège
7, place du 20-Août, LIEGE, Belgique

Résumé

Les effets de l'advection sur la température de l'air à proximité du sol apparaissent plus nettement après élimination des effets radiatifs locaux. Deux variables sont utilisées dans ce but : θ'_{w} en dehors de la couche-limite (850 hPa) et, avec certaines précautions T_d à proximité du sol. La corrélation entre les valeurs journalières moyennes de θ'_{w} et celles de T_w au lever du jour, calculées à partir de T_d est en juillet de 0.90 mais en février seulement de 0.60. Les divergences sont étudiées en fonction d'une typologie des situations météorologiques dans lesquelles θ'_{w} est rendu homogène au sein de chaque classe.

Abstract

The effects of advection on air temperature near the ground appear more distinctly after eliminating local radiative effects. Two variables are used with this purpose : θ'_{w} outside the boundary layer (850 hPa) and, with some care, T_d near the ground. The correlation between the mean daily value of θ'_{w} and the T_w one at sunrise (calculated from T_d) is rather good in July (0.90) but not so much in January (0.60). The divergences are to be studied with the help of a typology of the meteorological situations where θ'_{w} is homogenized inside each class

Mots-clés

Méthode, température près du sol, advection, typologie des situations météorologiques.

Key-words

Methods, temperature near the ground, advection, typology of meteorological situations.

La présente étude exploratoire s'inscrit dans une recherche plus générale sur l'observation raisonnée de certains éléments du climat à la lumière des situations météorologiques et de leur dynamisme (Epicum, 1988 ; Alexandre et Epicum, 1991 ; Alexandre et al., 1992)

Pour évaluer les effets de l'advection sur la température, deux types d'approche sont possibles. La première consiste à observer la température en altitude, le plus près possible de la couche-limite à l'aide d'une mesure qui ne varie pas entre ce niveau et le sol pour autant que l'air soit préservé de tout échange d'énergie avec l'extérieur et notamment avec le sol. Le niveau de 850 hPa est le plus commode parce qu'il est le niveau-repère le plus proche de la

limite supérieure de la couche-limite. Cette valeur conservative ne peut être que celle de la température potentielle pseudoadiabatique du thermomètre mouillé (θ'_w). Celle-ci est hélas très sensible à l'humidité de l'atmosphère mais cet écueil peut être évité si l'on compare θ'_w à la valeur de T_w au sol.

La seconde approche est utilisée par les prévisionnistes qui, pour caractériser une masse d'air, choisissent la température du point de rosée (T_d) de préférence à la température du thermomètre sec (T) parce que beaucoup moins sensible aux variations diurnes

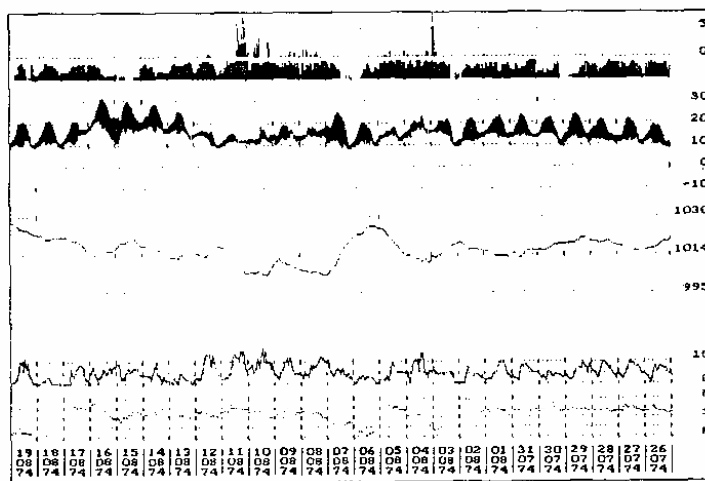


Figure 1 : Diagramme simultané, heure par heure, de certains éléments du climat parmi lesquels T (courbe du dessous) et T_d (courbe du dessus) en °C. L'intervalle entre les deux courbes est noirci afin de figurer le degré de sécheresse de l'atmosphère

Les autres éléments donnent ici le contexte climatique dans lequel évoluent les températures, à savoir :

- a) les précipitations, en dixièmes de mm.
- b) la pression atmosphérique en hPa.
- c) la vitesse du vent, en noeuds
- d) la direction du vent, de bas en haut : N. E. S. W. N La direction n'a pas été indiquée

quand la vitesse est inférieure à 5 noeuds.

Les données sont celles de la station de Bierset.

La figure 1 montre la faible amplitude diurne de la température du point de rosée et l'aptitude de celle-ci, dans son évolution, à décrire les arrivées d'air chaud ou froid et à situer les limites frontales nettes. Malgré ces avantages, T_d n'est cependant pas insensible aux condensations nocturnes ainsi qu'à une évaporation insuffisante vis-à-vis du flux de vapeur d'eau accompagnant la convection diurne.

Aucune de ces deux approches ne peut donc aboutir à une méthode sans reproche. Nous allons cependant tenter l'analyse pour la Belgique, en nous fondant sur les observations de la station d'Uccle pour les mesures en altitude et la station de Bierset pour celles à proximité du sol.

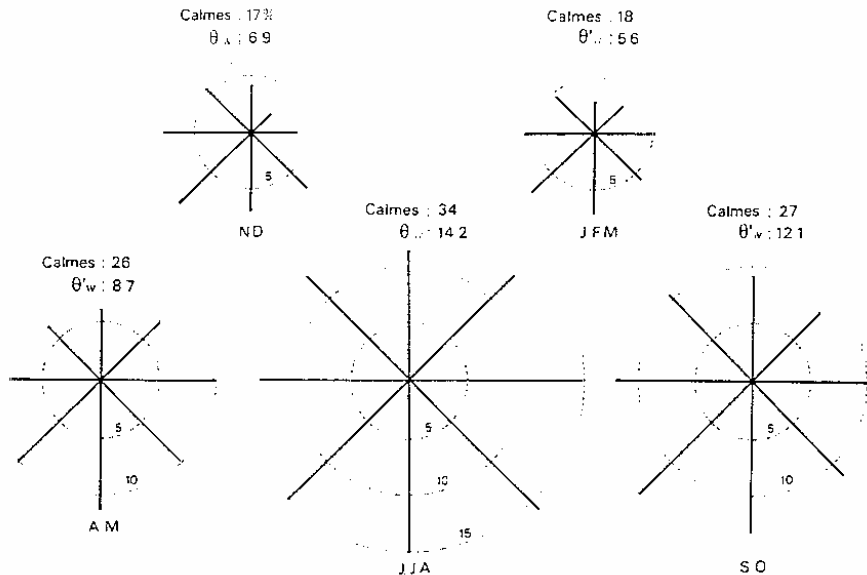


Figure 2 : θ_w moyenne à 850 hPa selon la direction du vent (8 secteurs) et la saison. Le regroupement en saison a été effectué non en raison des valeurs absolues mais de la répartition relative des valeurs de θ_w moyen selon les directions et en outre selon le pourcentage des calmes (vitesse inférieure à 10 noeuds). Les sondages de 0 et 12h T.U. à Uccle de 1968 à 1979 inclus ont été pris en considération.

La valeur moyenne de θ_w en fonction de la direction du vent à 850 hPa donne une première indication sur l'influence que peut exercer l'orientation de l'advection sur les températures dans les couches inférieures de l'atmosphère. Non seulement les valeurs absolues, mais leur distribution suivant les directions varient suivant les saisons (Fig. 2). L'effet des pulsations thermiques du continent et de l'océan apparaît sur le graphique comparatif des θ_w relatives des masses d'air qui viennent des secteurs E et W (Fig. 3). L'amplitude de la variation annuelle semble plus de deux fois plus grande pour l'est que pour l'ouest, mais il ne faut pas perdre de vue le poids des advections d'ouest dans le calcul de la moyenne, moyenne qui sert elle-même au calcul des températures relatives. Quoiqu'il en soit, les courbes sont inverses l'une de l'autre et les croisements s'effectuent aux mois de septembre et de mars-avril. De ce fait, la différence de température entre les advections de SW et de NE se maintient entre 1 et 2° C entre mai et août alors qu'elle est proche de 5° le reste de l'année.



Figure 3 : Evolution de mois en mois des θ_w relatives à 850 hPa associées aux vents des secteurs E et W. Les valeurs relatives sont calculées par rapport aux températures mensuelles moyennes.

Les températures maximales viennent du SW en janvier, puis du S en avril, du SE en juin pour revenir au SW dès septembre. C'est pendant le mois d'août et le mois de septembre que le secteur des advections chaudes est le plus large, alors que l'océan atteint sa température maximale et que le continent n'est pas encore refroidi. Le secteur le plus froid oscille entre le NE en novembre-décembre et le N-NW pendant les mois de printemps et d'été.

Les valeurs moyennes de θ'_w selon les directions ont seulement le mérite de quantifier un phénomène par ailleurs bien connu. Toutefois, il existe une grande dispersion autour de ces valeurs moyennes. Selon les orientations, l'écart-type varie de 2°5 (SW) à 4° C (N et E) en hiver (janvier). En été (juillet), les valeurs sont un peu mieux centrées, mais l'écart-type oscille encore entre 1°9 (NE) et 3°4 C (S). Une advection de N peut aussi bien produire, dans le courant du mois de janvier, des θ'_w de moins de -4° C que de plus de 11° C, alors que la moyenne est proche de 3° C.

La direction locale, même en dehors de la couche-limite, n'apporte donc pas toujours l'information souhaitée pour interpréter la température de l'air advecté. La longueur et l'orientation de la trajectoire de la partie de masse d'air envisagée, ses échanges d'énergie avec la surface ainsi que les mélanges qu'elle a pu subir, entrent bien évidemment en ligne de compte.

L'identification des masses d'air dans leurs différentes parties serait une solution idéale si l'on disposait d'une méthode simple pour pouvoir toujours en déterminer les limites. En dehors des zones frontales, l'existence d'un gradient conduirait le chercheur à des subdivisions arbitraires. L'adoption d'une méthode fondée sur les types de situation météorologique partiellement adaptée pour tenir compte des trajectoires offre une solution plus commode.

La typologie utilisée s'inspire des types de temps de Pédelaborde (1957) et des Grosse Wetterlagen du Deutscher Wetterdienst (Hess und Brezovsky, 1969). Une première classification établie dans le but d'interpréter les occurrences de précipitations en Belgique (Alexandre et al., 1992, pp 96-97 et 107) a dû subir quelques modifications pour mieux séparer les réponses thermiques à certaines situations (Fig. 4). Ces modifications ont été établies par essais successifs afin de mieux regrouper des températures proches au sein d'un même type. Cette première analyse a été menée de façon interactive non dénuée de toute subjectivité. Voici les modifications apportées à la classification antérieure :

- a) les centres de haute (H_1 et H_1) et de basse pressions (P_1) sont rarement de température homogène, malgré la subsidence dans les uns et le mélange dans les autres ; il convient de faire le départ entre des zones de température relativement basse et celles de température relativement élevée ;
- b) dans les larges zones sans grande différence de pression, la distinction a été faite entre les légères dépressions (P_6 , marais barométriques, *stricto sensu*) et les pressions légèrement supérieures à 1014 hPa qui est la pression moyenne pour l'Atlantique et l'Europe occidentale (H_1)
- c) pour les centres de haute pression centrés sur une région au nord de la Belgique (H_{2b} , îles Britanniques, mer du Nord), la marge méridionale a été auscultée afin d'isoler les courbures qui dirigent un flux de composante méridionale sur nos régions (H_{2b}) ;
- d) dans les flux θ'_w , les décharges d'air froid derrière une perturbation ont été isolées (O_1) ;
- e) aux cyclones méridionaux qui font défiler sur nos régions un air septentrional (P_5), sont opposés les cyclones nordiques qui sollicitent avec énergie le secteur sud (P_4) ;

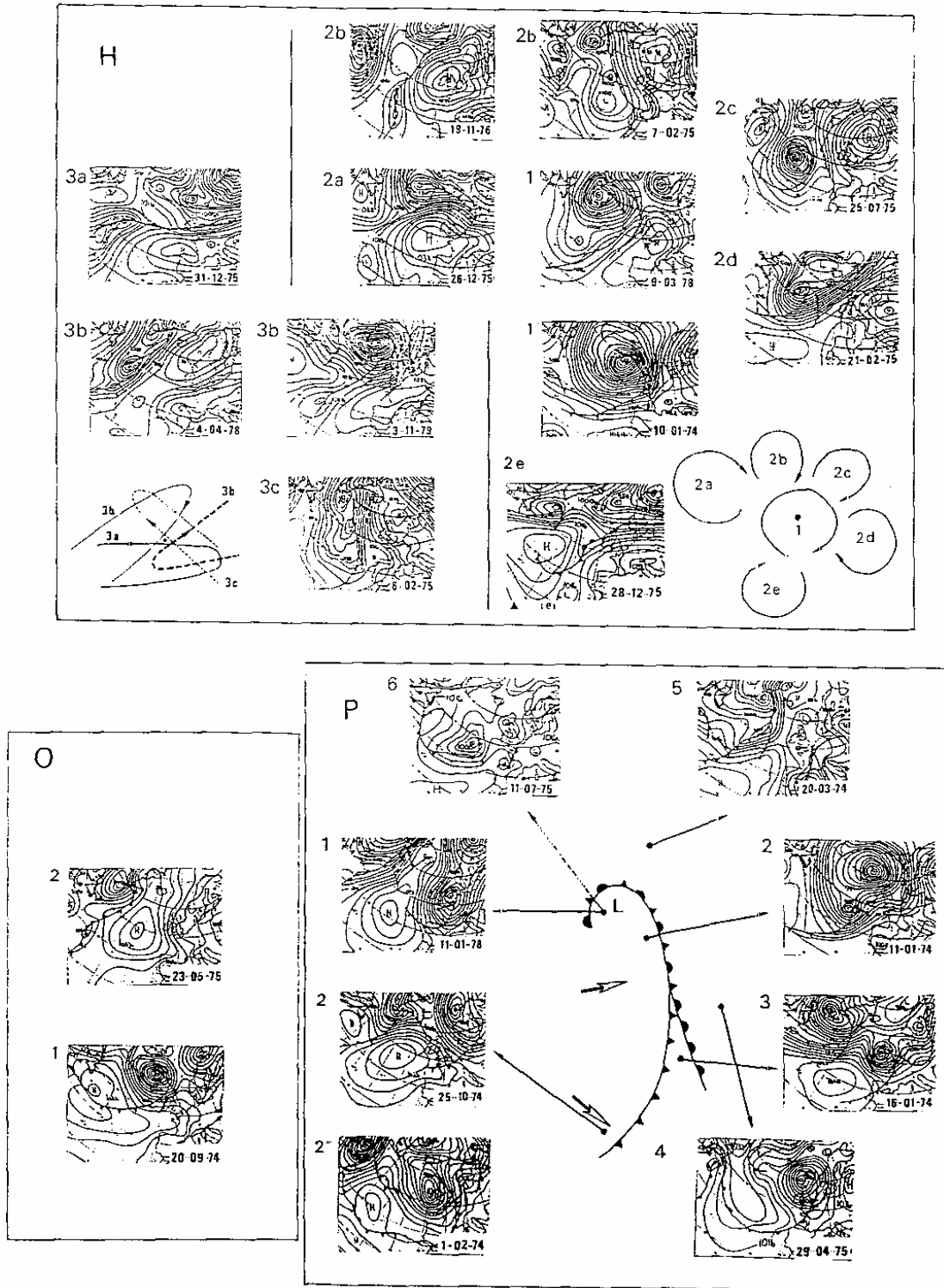


Figure 4 : Typologie des situations météorologiques affectant la Belgique, adaptées à l'analyse des températures

H Circulation anticyclonique : la région est située :

- 1 : dans une zone de haute pression locale
- 1' : dans une large zone de pression légèrement plus élevée que la moyenne (1014 hPa)
- 2 : en marge d'un anticyclone situé :
 - a sur le Nord de l'Atlantique,
 - b. sur les îles Britanniques ou la mer du Nord.
 - c. sur la Finno-Scandinavie
 - c'. sur une des deux régions précédentes mais avec un retour de S.
 - d. sur l'Est de l'Europe.
 - e sur la Méditerranée.
- 3 : sur une des branches d'une crête anticyclonique :
 - a. au nord d'une crête W-E,
 - b et b'. sur la branche venant du NE ou du SW d'une crête parallèle aux côtes de l'Europe,
 - c sur la branche venant du SE d'une crête perpendiculaire aux côtes de l'Europe

O. Circulation intermédiaire. La région se trouve

- 1 dans une expulsion d'air froid à l'arrière d'une perturbation
- 2 sur une trajectoire rectiligne à l'écart de tout centre d'action.

P. Circulation perturbée. La région étudiée est affectée par le passage :

- 1 de la zone centrale d'un cyclone.
- 2 d'un front froid ou d'un front occlus.
- 2 de l'air polaire de retour associé à ces deux types de front
- 3 de l'ensemble front chaud - secteur chaud.
- 4 d'un flux du S se dirigeant vers un cyclone septentrional
- 5 d'un flux de N se dirigeant vers un cyclone sur la Méditerranée.
- 6 d'un marais barométrique.

f) il n'a pas été fait de différence entre les fronts froids (P_2) et les fronts occlus (P_2) parce que les températures étaient derrière ceux-ci, d'un niveau à peu près semblable; par contre l'air polaire de retour a été soigneusement noté (P_2);

g) enfin, les trajectoires rectilignes de l'air froid qui traversent nos régions en se tenant à l'écart ou sans engendrer de centres d'action dans le champ de pression (O_2), ont été notées séparément des masses d'air immédiatement derrière le front froid. Le phénomène semble se produire surtout en été à hauteur de la Belgique.

Les types de circulation retenus ont été testés sur une période de deux ans (1974 et 1975) quant à leur pouvoir discriminatoire sur les températures pseudoadiabatiques du thermomètre mouillé à 850 hPa de 0 et de 12 h T U.

Les valeurs moyennes relatives de θ'_w selon les types de circulation et les saisons retenues (Fig. 2) apparaissent au tableau I. Les températures relatives vis-à-vis de la température moyenne de chaque mois permettent une comparaison entre les saisons. C'est ainsi que les anticyclones centrés sur la Finno-Scandinavie (H_{2c}) qui dirigent un flux d'est vers nos régions produisent des températures plus basses en hiver et plus élevées dès le printemps. Inversement, les crêtes anticycloniques d'ouest (H_{3a}) produisent des températures relatives plus élevées en hiver qu'en été.

Le tableau I ne donne cependant que des indications car le nombre de jours d'observation est, dans beaucoup de cas, trop petit. Ce test donne cependant les principes d'une analyse ultérieure plus objective fondée uniquement sur des valeurs observées et sur un échantillon beaucoup plus grand. Les températures relatives seront alors calculées par rapport

à une valeur moyenne qui résultera d'un lissage afin d'éliminer les différences qui pourraient apparaître entre le début et la fin d'un mois à évolution rapide de la température. D'autre part, les températures qui paraissent aberrantes par rapport à la circulation seront l'objet d'une analyse de détail en trois dimensions, en se fondant sur les sondages des stations les plus proches d'Uccle.

		J.F.M.		A.M.		J.J.A.S.O.		N.D.			
H	1	2.5	10	2.0	4	-	-	1.3	4	3.0	14
		-2.0	7	-1.2	2	-3.4	12	-2.4	8	-1.3	6
	1	1.1	3	1.5	2	1.3	15	0.6	5	0.6	4
		-2.4	5	-2.9	4	-1.2	10	-2.2	8	-1.2	3
	2a	-2.3	3	-2.2	10	-1.8	26	-1.9	13	-2.1	10
	2b	-4.4	4	-1.8	17	-2.6	8	(-3.1)	2	-3.6	4
	2b	2.3	12	3.3	14	2.3	5	-	-	3.5	5
	2c	-2.0	10	2.3	7	-0.6	4	-2.0	5	-2.8	4
	2d	1.6	4	-	-	-	-	0.9	4	(3.6)	1
	2e	4.8	6	(1.1)	1	1.3	3	(2.6)	1	2.7	6
	3.a	2.0	16	1.2	5	0.7	17	1.2	6	-0.2	14
	3b	-0.3	6	-3.7	9	-1.9	14	-4.6	4	-3.3	6
	3b	2.6	3	3.0	2	2.8	3	-	-	-	-
	3c	2.6	5	(2.3)	1	(4.2)	1	-	-	-	-
O	1	-1.2	4	-3.6	4	-3.4	7	-3.4	10	-3.3	12
	2	-1.9	3	-1.7	2	(-5.0)	1	-4.9	13	-	-
P	1	1.1	3	2.6	4	2.4	4	-	-	2.7	5
		-1.5	4	-2.9	7	-2.5	5	-3.4	7	(-3.3)	1
	2+2	-2.1	16	-3.3	9	-1.7	14	-3.3	14	-1.9	18
	2'	1.7	15	(-0.3)	1	(1)	2	0.2	8	0.9	4
	3	3.5	12	1.4	7	2.8	3	2.2	10	2.4	18
	4	3.4	3	(4.9)	1	2.0	3	1.6	6	3.7	6
	5	-2.1	3	-2.2	3	-	-	-	-	-1.7	2
6	2.6	8	1.2	6	1.1	16	0.3	3	-	-	

Tab. I : Les θ'_w moyennes relatives selon les types de circulation distingués à la figure 4 et les saisons établies pour la figure 2

Les températures relatives sont calculées par rapport à la moyenne de chaque mois à 850 hPa. à partir des sondages effectués à Uccle. Le test a été effectué pour 1974 et 1975 et les valeurs moyennes ont été calculées sur la période 1968-79. Dans chaque colonne, la première valeur est celle de θ'_w moyenne et la seconde le nombre de jours sur lequel cette moyenne a été calculée.

Le dernier point à traiter est celui de l'utilisation des mesures effectuées à proximité du sol et du passage de ces dernières aux mesures effectuées à 850 hPa. La méthode est en principe assez simple. Les masses d'air ou parties de masses d'air sont identifiées grâce à l'évolution dans le temps de T_d . Après avoir noté la température du thermomètre sec, il est aisé d'en déduire T_w et de le comparer à θ'_w mesuré en altitude. Comme T_d présente une légère oscillation diurne par temps radiatif, il convient de choisir convenablement l'heure pour laquelle la mesure sera retenue. A première vue, certains moments de la journée pourraient convenir pour lesquels le bilan d'énergie est nul pour l'air à proximité du sol. Toutefois, dans la soirée, les échanges de chaleur avec les couches voisines supérieures peuvent persister jusqu'au moment où la rosée fait baisser T_d . Le petit matin semble donc une heure plus indiquée pour relever la température du point de rosée aux fins recherchées. Malheureusement θ'_w n'est mesurée qu'à 0 h et 12 h T.U. Le calcul du coefficient de

corrélation, effectué à titre d'essai pour le mois de janvier 1974, entre la T_w à proximité du sol et les mesures de θ'_w en altitude est de :

	0.474	pour la mesure de 12 heures
	0.497	pour la mesure de 0 heures
et de	0.607	pour la moyenne des deux

ce qui est un résultat attendu mais peu satisfaisant. Ce coefficient s'améliore toutefois au cours de l'année et est de 0.90 au mois de juillet

La comparaison de l'évolution au jour de θ'_w 850 hPa et de T_w au sol (fig. 5) montre le parallélisme presque parfait du mois de juillet et l'existence d'écart importants mais localisés dans le temps pour le mois de janvier. Ces périodes correspondent principalement à certaines situations d'anticyclones où un refroidissement supplémentaire de la partie inférieure de l'atmosphère vient modifier la température de la masse d'air à sa base. Il en est quelquefois de même mais à un degré moindre au mois de juillet (voir notamment les 7 et 8 de ce mois). Une étude plus détaillée de ces périodes aurait raison de ces divergences.

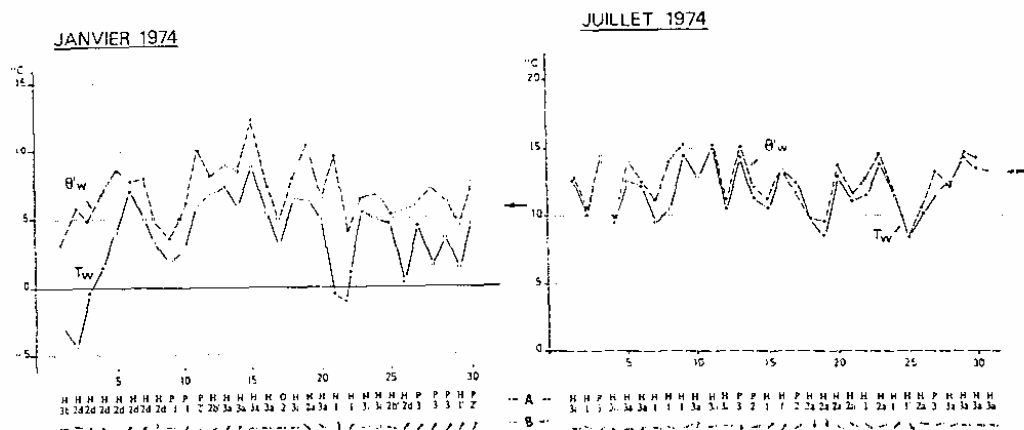


Figure 5 : Evolution au jour le jour de θ'_w moyenne à 850 hPa à la station d'Uccle (mesure de 0 et de 12h) et de T_w mesuré à proximité du sol au petit matin, à la station de Bierset. Mois de janvier et de juillet 1974.

Les deux lignes de signes représentent :

A) les types de circulation (selon la typologie de la fig. 4),

B) la direction du vent à 850 hPa. La flèche sur le côté à droite indique la θ'_w mensuelle moyenne calculée sur douze années (1968-79)

Les T_w sont, par ailleurs, presque toujours inférieures aux θ'_w . En dehors des périodes de forte divergence, l'écart est de l'ordre de 1.5° C au mois de janvier, de moins de 1° C en juillet. Comme la différence est toujours dans le même sens et de même importance dans une même saison, il semble que le phénomène soit systématique et provienne du fait qu'au moment de la mesure, T_w n'a pas atteint le niveau qu'elle aurait sans les effets du refroidissement nocturne. Il serait toutefois peu commode de retarder la mesure car T_w évolue ensuite trop rapidement.

Le but qu'il faut s'efforcer d'atteindre est de saisir avec précision les effets de l'advection sur les températures à proximité du sol à partir des seules mesures effectuées à ce niveau, sans avoir recours aux sondages atmosphériques trop chichement répartis. La présente étude a fourni un moyen de détecter les périodes où les phénomènes radiatifs viennent altérer les effets de l'advection sur la température près du sol. La méthode des types de situation météorologique s'avère plein de promesses aux conditions qui ont été précisées plus haut

Bibliographie

- ALEXANDRE J. & M. ERPICUM, 1990 : Variation interdiurne de la température et advection. *Pub. Ass. int. Climatologie*, 3, pp.317-323.
- ALEXANDRE J., M. ERPICUM & C. VERNEMMEN, 1992 : La climatologie. In J Denis (Edit.) *La Géographie de la Belgique*, Bruxelles, 624 p , pp 87-128.
- ERPICUM M. & J. ALEXANDRE, 1988 : Caractérisation des types de temps ou ambiances climatiques à l'échelle locale ou régionale : proposition d'une méthode de travail. *Pub. Ass int. Climatologie*, 1, pp 67-71.
- HESS P. & V. BREZOVSKY, 1969 : Katalog der Grossenwetterlagen Europas. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes*, Offenbach, 113, 56 p.
- PEDELABORDE P , 1957 : *Le climat du Bassin Parisien*. Paris, Génin, 539 p. + atlas.