Mesure de la radiation solaire sur les calcaires du nord des Monts Mehedinţi (Carpates Méridionales). Note II

Elena Decu, Otilia Diaconu, Ludmila Andriescu, N. Suciu et Anca Decu

Ce travail présente les résultats des enregistrements radiométriques effectués dans la zone du nord des Monts Mehedinţi, près de la Station de recherches spéologiques Cloşani (NO de l'Olténie) dans l'intervalle mai-octobre 1979. C'est, en fait, la suite des mesures similaires faites dans la même zone, durant la période mai-octobre 1978, dont les résultats ont été publiés dans une note antérieure (Decu, Diaconu & coll., 1979).

Le programme des mesures a été organisé de la façon suivante :

— on a choisi une période de 10 jours consécutifs de chaque saison, pendant laquelle on a effectué des enregistrements horaires, du lever jusqu'au coucher du soleil ;

— on a effectué des mesures simultanément dans trois stations emplacées à différentes altitudes : Station 1, installée sur la plate-forme météorologique de la Station spéologique Cloşani ; Station 2, installée près de la crête morphologique du Cornetul Satului, Secteur I (II.1) ; Station 3, située sur le même versant de la station 2, Secteur 3 (II.3), dont la surface active constituée par des calcaires, est complètement recouverte par un sol herbeux (Decu, Diaconu & coll., 1979).

On a effectué à la Station 1 des mesures sur tous les flux radiatifs : la radiation globale (Q), la radiation directe reçue sur la surface horizontale (S'), la radiation diffuse (D) et le bilan radiatif (B).

Aux Stations 2 et 3 ont été faites des mesures sur le flux de la radiation globale, de la radiation réfléchie (R) et du bilan radiatif.

Parallèlement à ces mesures on a aussi effectué des observations synoptiques, qui ont été mises en corrélation avec les cartes synoptiques au sol et à l'altitude de l'archive I.M.H. de Bucarest, observations qui ont permis la caractérisation du contexte synoptique des périodes.

I. CARACTÉRISATION SYNOPTIQUE

I.1. Période I : 25 mai - 5 juin 1979

La III[e] décade de la saison du printemps a débuté par l'action d'une vaste zone de dépression du SO de la Péninsule Scandinave sur la plus grande partie du territoire européen. L'Europe orientale s'est maintenue en régime anticyclonique. Deux noyaux de dépression actionnaient dans la mer Noire et au sud de Bucarest. Par conséquent, la Roumanie se trouvait en un régime de dépression, et la succession des fronts liés aux systèmes de dépression a déterminé au NO de l'Olténie des precipitations sous forme d'averses accompagnées de décharges électriques. A partir

Trav. Inst. Spéol. «Emile Racovitza», t. XIX, p. 227–235, Bucarest, 1980

du 29 mai la Roumanie est entrée en régime anticyclonique, en altitude prédominant une circulation du nord à l'ouest. La température maxima de l'air, enregistrée à la station météorologique la plus proche, Apa Neagră, a été de 31°C, et celle minimale de 10°C. A Cloşani, la température maxima enregistrée à la Station 1 a été de 32°C et celle minima de 12°C.

I.2. Période II: 21 juillet — 31 juillet 1979

La plus grande partie de l'Europe se trouvait au début de cette période sous l'action d'un champ de basse pression, ayant son centre principal dans la Péninsule Scandinave. Depuis le 25 juillet, la Roumanie est entrée en régime anticyclonique, en altitude prédominant une circulation venant du secteur occidental. La température maxima enregistrée à Apa Neagră a été de 30°C, tandis que celle minima de 8°C. A Cloşani, la température maxima a été de 32°C et celle minima de 9°C. Le ciel a été généralement variable, plutôt serein dans la première partie du jours, l'après-midi étant favorable aux averses.

II.3. Période III: 15 octobre - 25 octobre 1979

La période a débuté par la présence d'une zone de dépression dont le centre principal se trouvait au NO de l'Espagne, se déplaçant vers le ENE. La Roumanie se trouvait en régime anticyclonique, la courbe de 1020 mb passait au sud de Bucarest. Graduellement la plus grande partie du continent est entrée en régime anticyclonique. Au-dessus des régions septentrionales de l'Europe se sont étendues des dépressions venant de la Péninsule Scandinave se déplaçant vers le ESE. Le 25 octobre, l'Anticyclone Scandinave avançait vers le nord tandis qu'au-dessus des régions occidentales actionnait la Dépression Islandaise. En Roumanie, les passages frontaux ont déterminé dans le sud du pays des précipitations sous forme de neige. La température maxima de cette période, enregistrée à Apa Neagră, a été de 24°C, et celle minima de 1°C. A la Station 1 de Cloşani, la maxima a été de 22°C et la minima de 2°C. Quant aux précipitations, la période a été caractérisée par des précipitations sous forme de pluie.

Dans cette note nous établissons les différences qui existent entre les valeurs des flux radiatifs obtenues des trois stations, durant la même période, ainsi que les différences entre les valeurs obtenues dans la même station à différentes périodes. C'est pour cette raison que nous présentons les résultats sous forme de valeurs moyennes horaires par décades, étant donné que pendant les périodes choisies, le ciel a été variable, plutôt serein, le disque solaire ayant des valeurs comprises entre 3 — 5.

II. VARIATION DES FLUX RADIATIFS

II.1. Radiation directe (S')

La radiation directe représente cette partie du flux radiatif émis par le Soleil, qui arrive non atténué à la surface du sol. Une information sur la variation de l'intensité de la radiation directe nous est fournie par la

relation qui donne sa valeur en fonction de la masse atmosphérique et de l'opacité :

$S = So\ e^{-Tam}$,

où S = intensité de la radiation directe
So = constante solaire.
T = facteur d'opacité
m = masse atmosphérique
a = coefficent d'extinction de l'atmosphère pure et sèche

Dans cette relation, le facteur qui varie le plus c'est la masse atmosphérique qui a un cours quotidien et l'un annuel qui, également, dépendent de la latitude.

Les résultats obtenus sur le flux de la radiation directe (S') reçue sur une surface horizontale de la Station 1 sont représentés graphiquement dans la figure 1.

En analysant le cours diurne moyen du flux de la radiation directe, on observe que l'intensité maxima a lieu au printemps, bien que le soleil atteigne son apogée au solstice d'été. Les courbes de variation, durant les trois périodes, sont presque symétriques par rapport à la valeur maxima locale obtenue à midi. Pour ce qui est de la II^{e} période, on remarque une allure ascendante plus prononcée de la courbe de la radiation directe dans la première partie du jour, allure qui devient plus douce dans la seconde partie. On remarque également, qu'il n'existe pas de très grandes différences entre les valeurs obtenues aux premières heures du matin, pendant les trois périodes ; les grandes différences n'apparaissent qu'entre les valeurs maxima. Par exemple, entre les valeurs maxima de la I^{re} période et de la II^{e}, la différence est approximativement de 0,2 cal/cm^2 min, et entre celles obtenues dans les périodes II et III, les différences sont de 0,3 cal/cm^2 min.

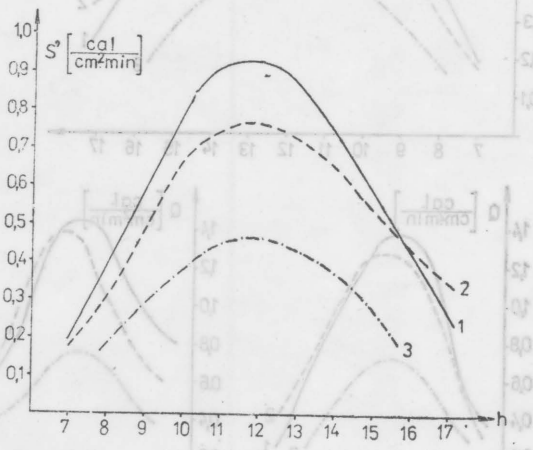

Fig. 1. — Variation moyenne diurne du flux de la radiation directe, à la Station N° 1.
1 — I^{re} période; 2 — II^{e} période; 3 — III^{e} période

Les courbes de variation moyenne diurne, de la I^{re} période et de la II^{e} période ont une plus grande amplitude que celle obtenue dans la III^{e} période.

II.2. Radiation diffuse (D)

Le flux de la radiation diffuse représente le résultat de la dispersion simple ou multiple du flux incident sur les molécules d'air et d'eau de l'atmosphère. Par conséquent, son intensité dépend essentiellement du contenu en vapeurs de l'atmosphère, de l'opacité de l'atmosphère, etc.

Nous présentons dans la figure 2 les résultats des mesures du flux de la radiation diffuse obtenus à la Station 1. Les courbes de variation sont asymétriques par rapport à la valeur maxima, ayant une allure ascendante plus accentuée aux premières heures de la matiné et l'une plus douce pendant l'après-midi. Les plus grandes valeurs de la radiation diffuse ont été, également, obtenues durant la II^{e} période, la valeur maxima étant de 0,52 cal/cm^2. min.

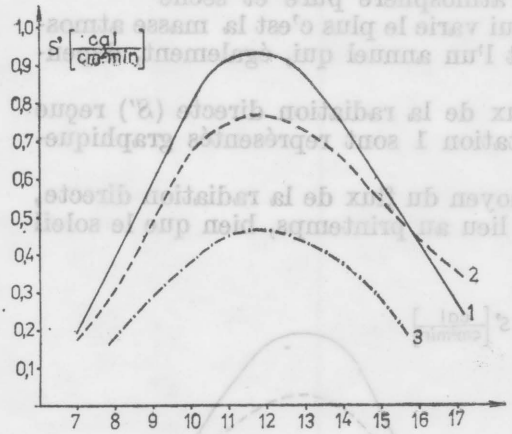

Fig. 2. — Variation moyenne diurne du flux de la radiation diffuse, à la Station N° 1. 1 — I^{re} période; 2 — II^{e} période; 3 — III^{e} période.

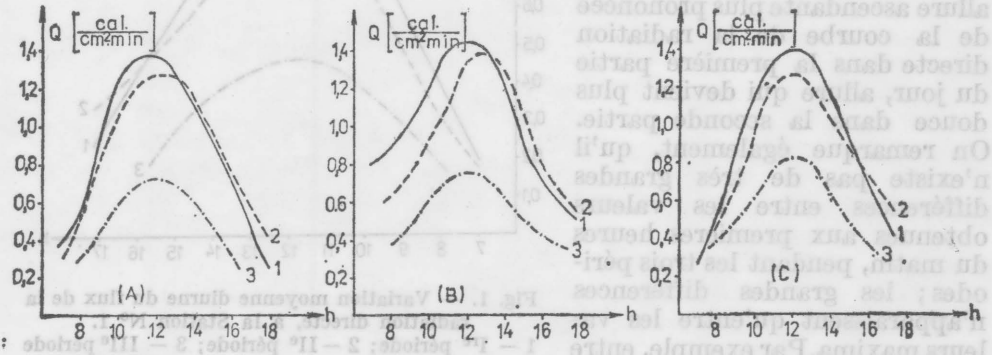

Fig. 3, A — Variation moyenne diurne du flux de la radiation globale à la Station N° 1. 1 — I^{re} période; 2 — II^{e} période; 3 — III^{e} période.
B — Variation moyenne diurne du flux de la radiation globale à la Station N° 2. 1 — I^{re} période; 2 — II^{e} période; 3 — III^{e} période.
C — Variation moyenne diurne du flux de la radiation globale à la Station N° 3. 1 — I^{re} période; 2 — II^{e} période; 3 — III^{e} période.

Les différences entre les valeurs maxima obtenues pendant les trois périodes sont : de 0,16 cal/cm^2. min entre les périodes II et I, et de 0,1 cal/cm^2.min entre les périodes III et I.

II.3. Radiation globale (Q)

Elle est définie comme étant la somme des composantes verticales de la radiation directe et de la radiation diffuse, reçues par une surface horizontale.

Afin de surprendre les caractéristiques du flux de la radiation globale des trois stations, pendant les trois périodes, on a établi les graphiques de la figure 3 (A, B, C).

Les courbes de variation moyenne diurne à la Station 1 sont symétriques par rapport à la valeur maxima locale à midi. Les valeurs les plus élevées ont été obtenues au mois de mai et non pas au mois de juillet, grâce à l'apport substantiel de la radiation directe.

En analysant le graphique de la figure 3 A on observe qu'il n'existe pas de grandes différences entre les valeurs obtenues dans la I^re période et la II^e période, entre 7 et 10 heures et entre 13 et 18 heures. Ces différences n'apparaissent qu'entre les valeurs maxima, à savoir de 0,1 cal/cm². min.

Durant la III^e période on a obtenu des valeurs beaucoup plus petites, la valeur maxima étant de 0,7 cal/cm².min.

A la Station 2, (fig. 3 B), les courbes de variation obtenues ne sont pas symétriques par rapport à la valeur maxima. Dans ce cas aussi les plus grandes valeurs ont été obtenues durant la I^re période. L'on remarque à cette station que les différences entre les valeurs obtenues dans les périodes I et II apparaissent aux premières heures du matin, jusqu'à midi, pour qu'ensuite elles se réduisent beaucoup. Les valeurs maxima obtenues dont de 1,46 cal/cm². min. pour la I^re période, de 1,38 cal/cm².min pour la II^e et rien que de 0,76 cal/cm².min pour la III^e période.

A la Station 3 (fig. 3 C), les courbes de variation moyenne diurne pendant les trois périodes ont une amplitude moyenne quotidienne assez grande. Ici aussi les valeurs maxima ont été plus élevées dans la première période que dans la seconde. Les valeurs moyennes maxima sont de 1,4 cal/cm².min durant la première période, de 1,28 cal/cm².min dans la II^e période et de 0,82 cal/cm².min dans la III^e.

En comparant les valeurs moyennes maxima obtenues aux trois stations, on observe que dans les périodes I et II les plus grandes valeurs ont été obtenues dans la Station 2, et pendant le mois d'octobre dans la Station 3.

II.4. Radiation réfléchie (R)

Une partie du flux incident sur la surface retourne dans l'atmosphère sous forme de radiation réfléchie.

Le flux de la radiation réfléchie a été enregistré seulement dans les Stations 2 et 3. Telles que nous le voyons dans la figure 4 (A, B), les valeurs

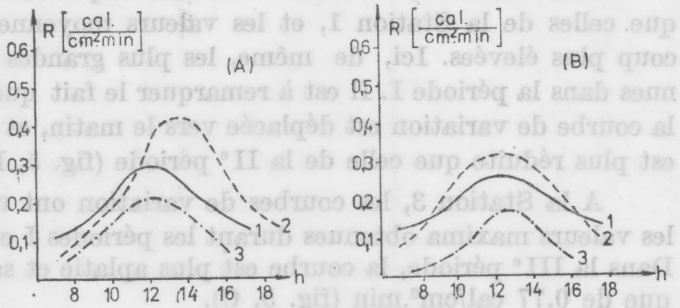

Fig. 4. A — Variation moyenne diurne du flux de la radiation reflétée, à la Station N° 2.
1 — I^re période; 2— II^e période; 3—III^e période.
B — Variation moyenne diurne du flux de la radiation reflétée, à la Station N° 3.
1—I^re période; 2—II^e période; 3—III^e période.

les plus élevées s'obtiennent dans la II^{e} période, et les plus petites dans la III^{e} période.

Pour toutes les périodes, on remarque à la Station 2 une asymétrie évidente des courbes de variation. La valeur la plus grande de 0,44 cal/cm^{2}.min a été obtenue à cette station, durant la II^{e} période.

Les valeurs du flux de la radiation réfléchie, pendant toutes les périodes, sont plus élevées à la Station 2 qu'à la Station 3.

II.5. Bilan radiatif (B)

Le bilan radiatif représente le taux qui reflète dans la plus grande mesure l'effet produit par la radiation solaire au niveau de la surface active du sol.

Le flux du bilan radiatif présente une importante variation autant au cours de la journée que durant toute l'année. On sait que sa valeur positive maxima apparaît près de midi, et celle négative maxima, la nuit. Le passage des valeurs positives de B à celles négatives, ne correspond pas exactement au lever et au coucher du Soleil. Par exemple, le passage des valeurs négatives de B à celles positives, est retardé d'une heure, tandis que le soir, ce passage précède de 1,5 heures le coucher du soleil. Les valeurs diurnes de B sont soumises à de plus grandes variations que ses valeurs pendant la nuit.

La courbe de variation diurne est asymétrique, étant plus basse à midi que le matin. Ceci est dû à l'augmentation de la valeur de la radiation effective l'après midi.

Les graphiques de la fig. 5 (A, B, C) nous permettent d'analyser la variation moyenne diurne du bilan radiatif dans les trois stations.

Ainsi, les plus grandes valeurs de la Station 1 ont été obtenues pendant la I^{re} période, la valeur maxima étant de 0,45 cal/cm^{2}.min bien qu'on ait pu s'attendre à ce que les valeurs maxima se situent durant la II^{e} période (fig. 5, A).

A la Station 2, les courbes ont une amplitude beaucoup plus grande que celles de la Station 1, et les valeurs moyennes horaires sont beaucoup plus élevées. Ici, de même, les plus grandes valeurs ont été obtenues dans la période I. Il est à remarquer le fait que dans la III^{e} période, la courbe de variation est déplacée vers le matin, et que la valeur maxima est plus réduite que celle de la II^{e} période (fig. 5, B).

A la Station 3, les courbes de variation ont une grande amplitude, les valeurs maxima obtenues durant les périodes I et II sont rapprochées. Dans la III^{e} période, la courbe est plus aplatie et sa valeur maxima n'est que de 0,77 cal/cm^{2}.min (fig. 5, C).

III. L'ALBÉDO DES SURFACES ACTIVES (A)

Les propriétés radiatives de la surface terrestre peuvent être caractérisées par la valeur du coefficient de réflexion (ou l'albédo A), déterminé par le rapport entre le flux de la radiation réfléchie par la surface dans toutes les directions et le flux incident à la surface.

Les mesures de l'albédo peuvent être considérées se rapportant à la région spectrale 0,4 — 3,0 u, prises àl'aide du pyranomètre thermoélectrique. Les valeurs de l'albédo des surfaces actives terrestres varient beaucoup d'une surface à l'autre. Pour chaque type de sol, le coefficient de réflexion varie en fonction de : la couleur, la structure, l'humidité, l'état de la végétation, etc. De sorte que l'albédo de la même surface aura un cours diurne ainsi qu'une variation saisonnière.

Comme nous l'avons déjà dit, nous avons choisi d'étudier deux types de surface, à savoir : une surface de calcaire complètement dénudée, à lapiez et diaclases (Station 2) et une surface de sol herbeuse sur calcaire (Station 3).

La variation moyenne diurne de l'albédo de la Station 2, illustrée dans la fig. 6(A) présente dans toutes les périodes un maximum autour de 10 heures, suivi d'un minimum à 11 heures pour augmenter

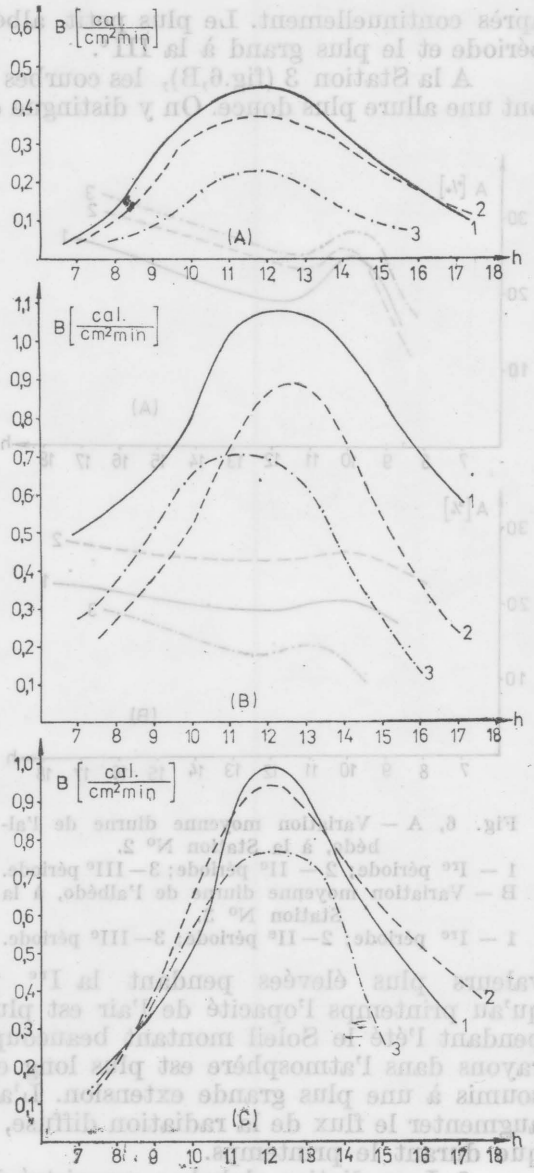

Fig. 5, A — Variation moyenne diurne du bilan radiatif à la Station N° 1.
1 — Ire période; 2— IIe période; 3— IIIe période;
B — Variation moyenne diurne du bilan radiatif à la Station N° 2.
1 — Ire période; 2— IIe période; 3— IIIe période
C — Variation moyenne diurne du bilan radiatif. à la Station N° 3.
1 — Ire période; 2— IIe période; 3— IIIe période.

après continuellement. Le plus petit albédo a été obtenu durant la I^re période et le plus grand à la III^e.

A la Station 3 (fig.6,B), les courbes de la variation moyenne diurne ont une allure plus douce. On y distingue des maxima et des minima, sauf qu'elles sont déplacées en fonction de la période. Les plus grandes valeurs ont été obtenues pendant la II^e période et les plus petites dans la III^e période.

L'albédo de la Station 2 est plus grand que celui de la Station 3, pendant toutes les périodes; les différences les plus grandes s'obtiennent au cours de la III^e période.

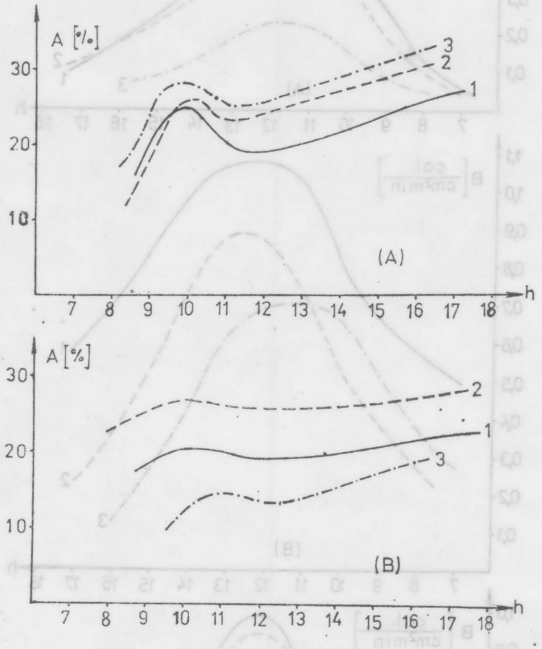

Fig. 6, A — Variation moyenne diurne de l'albédo, à la Station N° 2.
1 — I^re période; 2 — II^e période; 3 — III^e période.
B — Variation moyenne diurne de l'albédo, à la Station N° 3.
1 — I^re période; 2 — II^e période; 3 — III^e période.

IV. CONCLUSIONS

A la suite de l'analyse de la variabilité des flux radiatifs, autant par rapport au temps qu'en fonction des particularités de la zone, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1. Le flux de la radiation directe obtenu à la Station 1 présente des valeurs plus élevées pendant la I^re période que dans la II^e, parce qu'au printemps l'opacité de l'air est plus réduite qu'en été. De même pendant l'été le Soleil montant beaucoup plus haut, le parcours de ses rayons dans l'atmosphère est plus long et, par conséquent, ceux-ci sont soumis à une plus grande extension. L'atténuation du flux radiatif fait augmenter le flux de la radiation diffuse, qui sera, donc, plus grand l'été que durant le printemps.

2. La radiation globale a enregistré des valeurs plus grandes au printemps qu'en été, dû à l'apport important de la radiation directe. On remarque le fait qu'aux Stations 2 et 3 on a obtenu des valeurs plus élevées, durant toutes les périodes, qu'à la Station 1. L'explication partielle réside dans le fait que les deux stations se trouvent à une plus haute altitude (520 m) que la Station 1 (630 m), leur surface étant orientée NO sur une pente différente.

3. Le flux de la radiation réfléchie est plus grand pendant la II^e période dans les deux stations, tandis qu'au cours des trois périodes le flux enregistré à la Station 3 est beaucoup plus réduit que celui enre-

gistré à la Station 2. Notons que la radiation refléchie dépend beaucoup du type de la surface active; la surface active de la Station 2 est formée de calcaires dénudés, dont le coefficient de réflexion est plus grand que celui de la surface herbeuse.

4. Quant à la variation du bilan radiatif, les différences qui s'obtiennent à la Station 1 entre les trois périodes, sont dues au fait que les valeurs du bilan subissent l'influence de plusieurs éléments, parmi lesquels la végétation. Or, celle-ci change d'une saison à l'autre, et l'énergie qu'elle dépense dans ses divers processus diffère de même de façon saisonnière. Que le bilan radiatif soit affecté par la végétation nous est suggére aussi par les différences entre le bilan obtenu à la Station et celui des Station 1 et 3.

Le bilan radiatif est également influencé par la pente de la surface active, ainsi que par son orientation. C'est de la sorte que s'expliquent les différences des valeurs dans les trois stations.

5. La variation diurne de l'albédo est déterminée par l'état de la surface active et des conditions d'irradiation. Ces dernières dépendent de la position du Soleil, de la relation : la radiation diffuse — la radiation globale, ainsi que de la variation dans la composition spectrale de la radiation incidente. L'on peut voir que la variation diurne de l'albédo des couches de végétation est caractérisée par une asymétrie relative à midi. Les propriétés physiologiques variables des plantes en seraient l'une des causes. De même l'état de dépendance de l'albédo par rapport au tapis végétal, et la position du Soleil, devient plus important simultanément avec l'augmentation de la densité de la couche d'herbe (mai-juin). Pour le même type de végétation, l'albédo varie en fonction de la surface (qui peut être humide), de la phase de végétation, de sa densité, de sa couleur, etc.

Les auteurs adressent leurs vifs remerciements aux chercheurs de l'Institut de Spéologie « Emile Racovitza » (G. Diaconu et W. Herlicka) qui nous ont aidé à effectuer les mesures sur le terrain.

Bibliographie

1960 Andrițoiu N., *Calculul radiației directe și considerații asupra regimului radiativ în R.S.R. Culegere de lucrări a I.M.H.*
1979 Decu E. et collab., *Mesure de la radiation solaire sur les calcaires du Nord des Monts Mehedinți (Carpates Méridionales).* Trav. Inst. Spéol. E. Racovitza, XVIII, București.
1965 Kondratiev K. I., *Actinometria.* Moscova.
1935 Persh, *Calcul du flux d'insolation sur une façade de pente. La Météorologie.*
1966 Robinson N., *Solar radiation,* New York.

Université de Bucarest, Faculté de Physique
Institut de Météorologie et Hydrologie
Bucarest Reçu le 18 février 1980