# Note sur la provenance des eaux de la résurgence «Izvoru Cernei» (Carpates Méridionales—Roumanie)

par

I. Povară

On présente la résurgence « Izvoru Cernei » aux débits compris entre 1,2 mc/s jusqu'à 10 mc/s. On délimite le bassin hydrogéologique de la résurgence et son rapport avec les trois bassins de drainage de la région. On établit les directions et la vitesse du drainage souterrain et on compare le débit mesuré à celui calculé.

## 1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE

La résurgence Izvoru Cernei, l'une des plus grandes de Roumanie, est située dans la partie s.—o. du pays, dans le bassin de drainage de la rivière Cerna, le principal affluent du Danube de la zone de défilé (Fig. 1). La rivière Cerna coule par un graben délimité par des fractures orientées

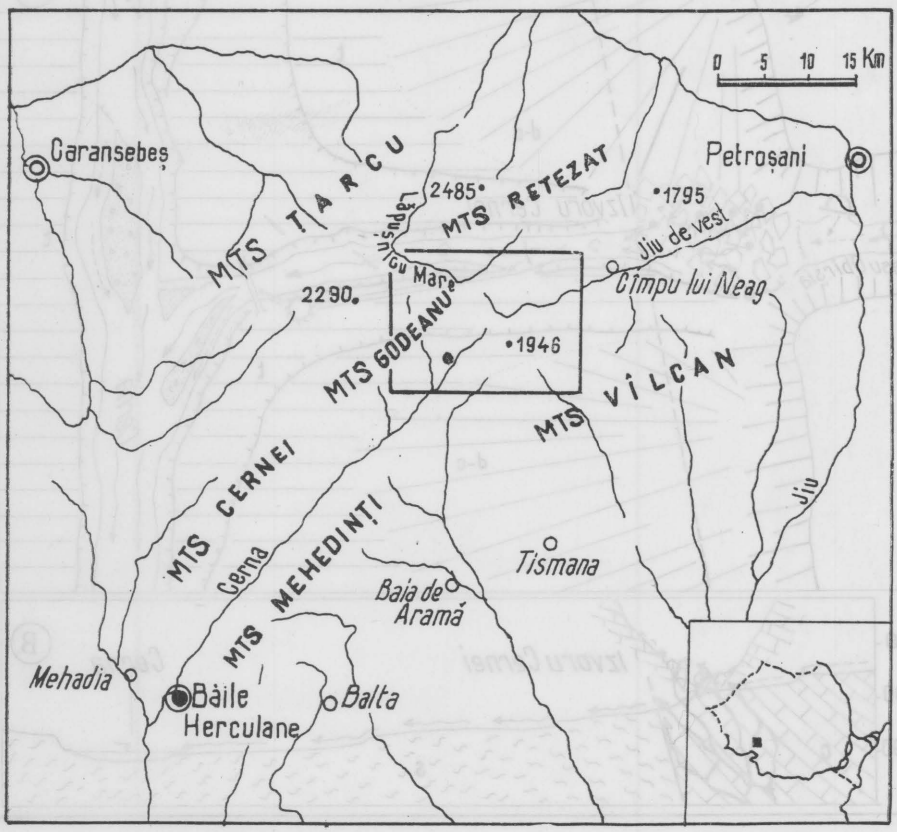


Fig. 1. — La position de la résurgence Izvoru Cernei dans le cadre du bassin de drainage de la Cerna.

Trav. Inst. Spéol. « Emile Racovitza ». t. XV, p. 207—216, Bucarest, 1976

s.o.—n.e. La lithologie est très variée, les calcaires occupant de grandes surfaces, spécialement dans la partie supérieure du bassin.

On peut rencontrer le long de la vallée plus de 150 sources karstiques à débit de quelques 1/sec jusqu'à 10 mc/a. La plus importante de toutes, la résurgence Izvoru Cernei est localisée dans la partie supérieure du bassin de drainage de la rivière de Cerna, à 8 km de distance de la ligne de faîte des eaux. La résurgence est située sur un petit affluent de droite de Cerna (Ogaşu Obîrşia) à son entrée dans la vallée principale. L'apparition au jour des eaux se produit en dessous d'un dépôt diluvio-colluvial au niveau du talweg. Les eaux ont un caractère ascensionnel. Les débits mesurés expéditionnaire ont varié de 1,2 à 10 mc/s et la température de l'eau a varié de 6,8°C à 7,3°C. La position de la résurgence dans le cadre de la vallée et un profil géologique sont présentés dans la figure 2.

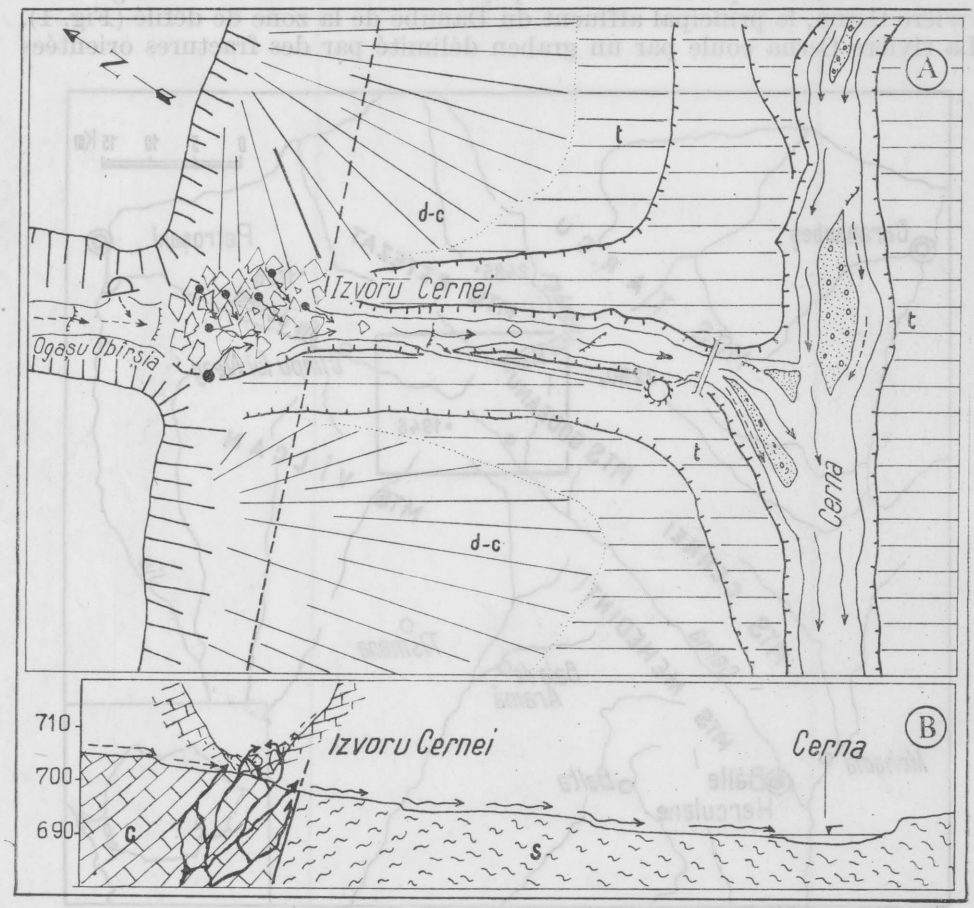


Fig. 2. — *A*, Détail d'emplacement de la résurgence Izvoru Cernei dans le cadre de la Valea Cernei : *t*, terrasses ; *d—c*, deluvium-colluvium ; la ligne interrompue marque le contact entre le calcaire et les schistes cristallins. *B*, Profil géologique le long du ruisseau Ogaşu Obîrşia : *c*, calcaires ; *s*, schistes cristallins.

## 2. LES CALCAIRES ET LEUR RAPPORT AVEC LES FORMATIONS VOISINES

Les calcaires appartiennent au Jurassique supérieur et au Crétacique inférieur ; ils sont schisteux à la base et passent aux calcaires stratifiés, ensuite aux calcaires massifs à la partie supérieure. L'épaisseur des calcaires est de 150 — 500 m dans le bassin de Cerna et au-dessus de 1 000 m dans le bassin de Jiu de vest. La surface totale des calcaires, planimétrée à l'échelle 1 : 25 000 est de 45,75 km² repartie ainsi dans les trois bassins :

— Cerna, en amont de la résurgence Izvoru Cernei — 6,95 km
— Jiu de vest en amont de Cîmpu Mielului — 33,30 km
— Lăpuşnicu Mare — 5,50 km.

Du point de vue structure, les calcaires du bassin de drainage de Jiu de vest forment le flanc asymétrique d'un synclinal ; la situation est identique pour les calcaires du bassin de drainage de Cerna. La différence consiste dans le fait que les calcaires du bassin de Cerna sont couverts par les formations imperméables du cristallin de Godeanu. L'axe du synclinal a une inclination générale vers s. — o., c'est-à-dire vers la résurgence Izvoru Cernei.

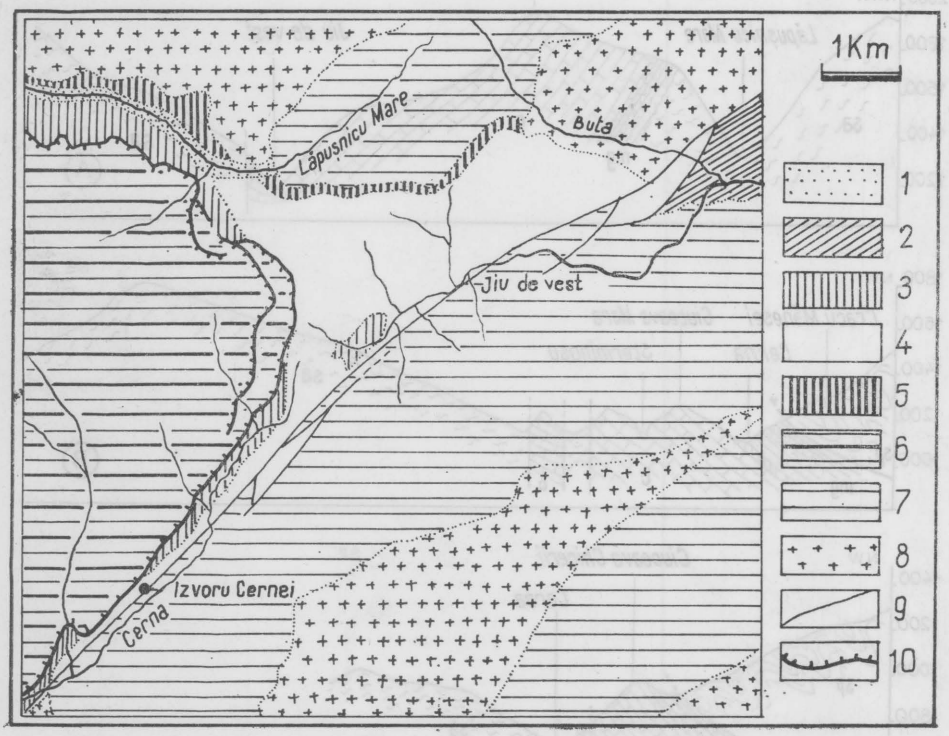


Fig. 3. — Carte géologique générale de la partie supérieure des bassins de drainage Cerna, Jiu de Vest et Lăpuşnicu Mare. *1*, Quaternaire ; *2*, Burdigalien (conglomérats, grès, argile) ; *3*, Albien-Sénonien (grès, argile, marnocalcaires) ; *4*, Jurassique supérieur-aptien (calcaires) ; *5*, Jurassique inférieur (conglomérats, grès, schistes argileux) ; *6*, Nappe de Godeanu (roches métamorphiques) ; *7*, Autochtone danubien (roches métamorphiques) ; *8*, granites et granodiorites ; *9*, failles ; *10*, charriage.

La tectonique des calcaires est très accentuée ; les principales fractures sont orientées n.e.—s.o., mais des failles locales affectent les calcaires dans la direction n.—s. ou n.o.—s.e. Les calcaires sont délimités de tous les côtés par des roches imperméables, comme suit (Fig. 3 et 4) :

— vers le sud et s.—e. les calcaires sont en contact tectonique aux schistes cristallins de l'Autochtone danubien, le long de la fracture majeure Cerna-Jiu ;

— à l'extrémité s.—o. les calcaires se trouvent sur des magnétites paléosoïques ;

— le flanc ouest des calcaires est couvert par le sédimentaire albien-senonien sur lequel se superposent les schistes cristallins de la « Nappe de Godeanu » ;

— vers le nord les calcaires couvrent des conglomérats et des grès du Jurassique inférieur (disposés à leur tour sur les schistes cristallins de l'Autochtone), ou bien ils sont en contact tectonique avec un massif granodioritique ;

— vers l'est le long de Jiu les calcaires sont en contact tectonique avec la série sédimentaire imperméable du Burgalien.

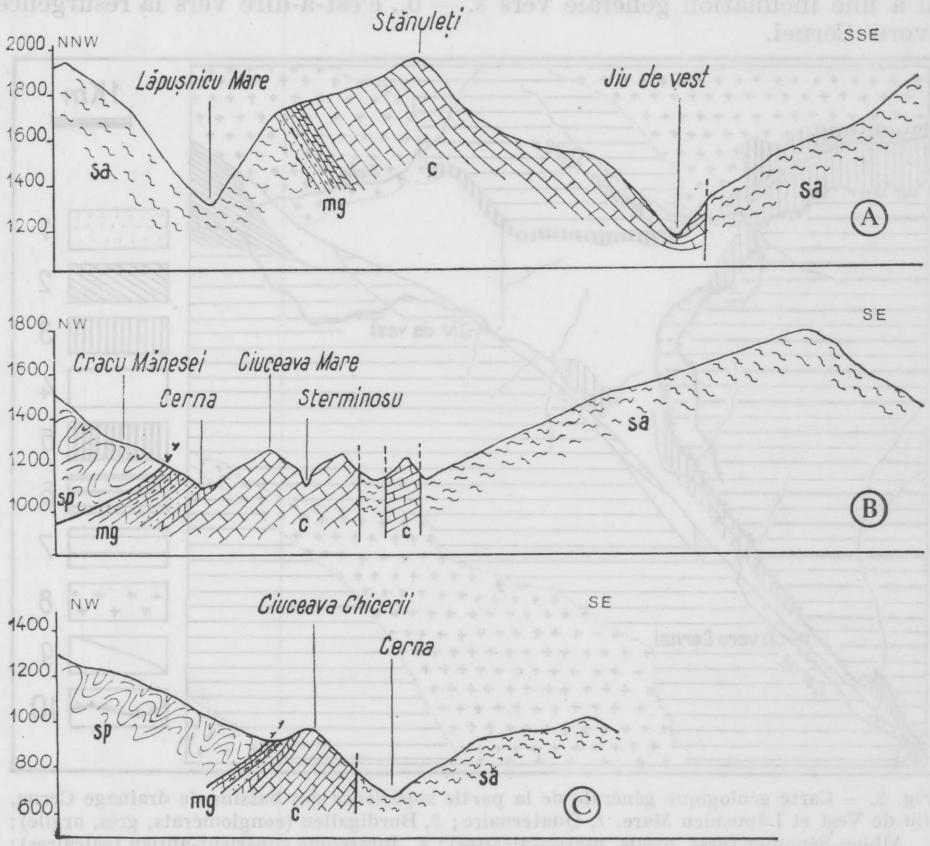


Fig. 4. — Profils géologiques transversaux sur les rivières Lăpușnicu Mare et Jiu de Vest (*A*) et Cerna (*B, C*) ; *c*, calcaires ; *mg*, marnes, grès, conglomérats ; *sa*, schistes cristallins de l'autochtone ; *sp*, schistes cristallins de la Nappe de Godeanu.

On constate donc l'existence des roches imperméables sur tous les côtés des calcaires, des roches qui délimitent une hydrostructure karstique fermée. La seule possibilité de décharge des eaux souterraines paraît être le long du plongeon général des calcaires, c'est-à-dire vers la résurgence Izvoru Cernei.

## 3. MORPHOLOGIE ET HYDROGRAPHIE DES CALCAIRES

Il y a des différences nettes dans la morphologie des trois bassins de drainage mentionnés. Dans le bassin de drainage de Cerna les calcaires sont disposés près du talweg du collecteur principal et forment une ligne de crêtes avec une position intermédiaire entre les grandes altitudes et le lit de la rivière. Le peuple appelle ces crêtes « ciuceve » (Ciuceava Frasinului, Ciuceava Mare, etc.).

Les affluents de Cerna ont le bassin de drainage développé sur des roches imperméables sur lesquelles ils forment un écoulement de surface permanent. A l'entrée dans les calcaires, les affluents créent de courts secteurs de gorges dans lesquelles le débit est capté dans le souterrain (Fig. 5). Dans la période de l'année à l'écoulement abondant, l'apport de l'eau est plus grand que la capacité de drainage des immergences ; par conséquent une partie du débit arrive au collecteur principal. La rivière de Cerna, dans les gorges Cernişoara, constitue une exception de cette règle, car l'apport de l'eau par le lit est supérieur toute l'année au débit drainé dans le souterrain.

Dans le bassin de drainage de Jiu de vest les calcaires occupent tout le versant gauche et passent même dans le bassin voisin, Lăpuşnicu Mare. Par conséquent les affluents du Jiu ont le bassin de drainage développé exclusivement sur des calcaires (exception les ruisseaux Scorota et Soarbele). L'écoulement de surface est occasionnel et les précipitations atmosphériques s'infiltrent en totalité.

Jusqu'au bassinet tectonique et d'érosion Cîmpu Mielului, le lit de Jiu de Vest, coupé exclusivement en calcaires, est sec pendant la plus grande partie de l'année (Fig. 5). Les affluents de la partie droite de Jiu de Vest se comportent identiquement que les affluents de Cerna : les débits accumulés sur des roches imperméables entrent en circulation souterraine au contact du calcaire.

Le relief exokarstique est représenté par quelques champs de lapiés et par des dolines. Les surfaces quasi-horizontales ont une étendue réduite. La diaclase prononcée des calcaires favorise une infiltration rapide des précipitations.

## 4. LE BASSIN HYDROGÉOLOGIQUE DE LA RÉSURGENCE IZVORU CERNEI

La première référence sur la provenance (l'origine) des eaux de Izvoru Cernei a été faite par M. Pascu (1968) qui suppose l'existence d'une liaison hydrogéologique des bassins de drainage Cerna et Jiu de Vest. En 1970 on a démontré que le bassin de drainage de Cerna peut justifier maximum 45% du débit de la résurgence Izvoru Cernei, la différence

de 55% provenant des bassins de drainage limitrophes par circulation karstique (I. Povară, 1970). I. Vintilescu (1972) suppose l'existence de la même liaison hydrogéologique des calcaires des trois bassins de drainage mentionnés.

Bien que la rivière Cerna soit équipée de 11 stations hydrométriques pour les mesures de niveaux et débits, il n'y a pas de mesures systématiques de débit à la résurgence Izvoru Cernei, qui puissent établir le bilan hydrogéologique. Voilà pourquoi toutes nos déductions seront basées sur des observations et mesure expéditionnaires. C'est ainsi qu'à la date de 24.X.1969 le débit de la rivière Cerna en aval de la confluence avec la résurgence Izvoru Cernei a été de 1,63 mc/sec (dont 1,35 mc/sec était le débit de la résurgence). Il en résulte un débit moyen spécifique $q = 39{,}3$ l/s/km$^2$, pour le bassin de drainage situé en amont de la résurgence (41,47 km$^2$). A la même date le ruisseau Măneasa (6,12 km$^2$) avait $q = 18{,}3$ l/s/km$^2$ — valeur maximale pour le bassin de Cerna en amont de la résurgence. Rapportant cette valeur à ces 41,47 km$^2$, il résulte un débit maximal possible pour le résurgence Izvoru Cernei de seulement 0,758 mc/sec*; la différence minimale de 0,872 mc/sec provient donc d'un autre bassin de drainage.

## 4.1. Les directions et la vitesse du drainage souterrain

Les directions du drainage souterrain de l'aquifère Cerna-Jiu sont déterminées par les conditions litho-structurales et tectoniques des calcaires, par leur rapport avec les formations voisines. On peut supposer deux directions importantes de l'écoulement souterrain :

a) de nord au sud, direction conforme à l'inclinaison générale du flanc de synclinal de Jiu d'ouest ;

b) de nord-est au sud-ouest, direction conforme à l'effondrement axial du synclinal, le long du système de fractures Cerna-Jiu. Cette direction est l'inverse de la direction de circulation des eaux du lit de Jiu de vest.

Pour mettre en évidence la direction générale de l'écoulement souterraine on a effectué deux marquages à la fluorescéine (Tableau 1). La

*Tableau 1*

**Expériences de coloration à la fluorescéine**

| | Quantité (kg) | Point de lancement | Débit (l/s) | Point de réapparition | Débit (l/s) | Longueur de la percée (km) | Dénivellé (m) | Pente (m %) | Temps de passage en heures | Vitesse (m/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Marquage I 19.VII.1974 | 5,5 | Pîrîu Ştirbu | 32 | Izvoru Cernei | 2 049 | 9,9 | 460 | 4,6 | 268 | 36,9 |
| Marquage II 3.X.1975 | 3,0 | Pîrîu Caprei | 37 | Izvoru Cernei | 2 120 | 12,1 | 475 | 5,1 | 282 | 42,9 |

* On n'a pas tenu compte de la condensation endokarstique.

détection du colorant a été faite visuellement pour le marquage I et sur charbon actif pour le marquage II *. La courbe de restitution de la fluorescéine à la résurgence Izvoru Cernei est présentée dans la figure 6.

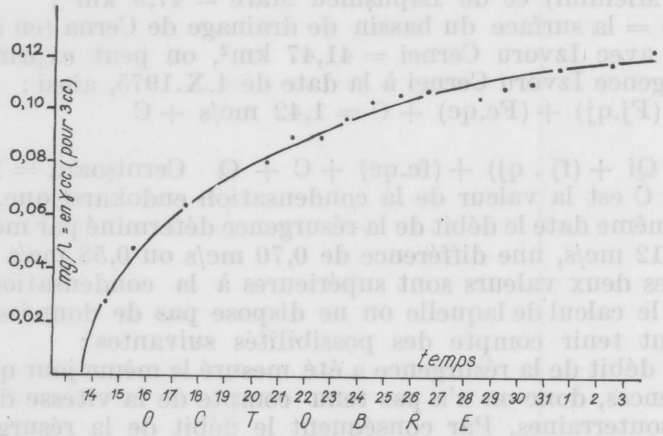


Fig. 6. — Evolution de la concentration en fluorescéine restituée par le charbon actif en fonction de la durée d'immersion, à la résurgence Izvoru Cernei ; tous les fluocapteurs ont été immergés simultanément. Le prélèvement des fluocapteurs a été fait à 24 heures et l'examen à 18 heures de contact charbon-potassium.

## 4.2. Calcul du débit de la résurgence Izvoru Cernei

A la date de 4.X.1975 le lit de Jiu de vest était dépourvu d'écoulement jusqu'au bassinet de Cîmpu Mielului, donc sur une longueur d'environ 8 km. Le drainage du bassin tout entier situé en amont de ce point se réalisait donc par une circulation souterraine.

On a effectué des mesures de débit pour toutes les immergences connues, de même que pour la résurgence Izvoru Cernei, pendant l'intervalle 4 — 5.X.1975. Les données sont présentées dans le tableau 2, d'où il résulte les éléments de calcul suivants :

Qi = le total des pertes dans les calcaires du réseau exogène = = 440 l/s;

qj = le débit moyen spécifique pour les roches imperméables du bassin de drainage de Jiu de vest = 15,64 l/s/km$^2$;

qc = le débit moyen spécifique pour les roches imperméables du bassin de drainage de Cerna = 16,15 l/s/km$^2$;

ql = le débit moyen spécifique pour les roches imperméables du bassin de drainage de Lăpuşnicu Mare = qj.

Comme les calcaires sont situés dans des conditions topoclimatiques similaires aux roches imperméables on suppose qu'ils contribuent à l'écoulement souterrain par le même débit moyen spécifique. Si on note :

— fj = la surface des calcaires des bassins de drainage de Jiu de vest et de Lăpuşnicu Mare = 38,8 km$^2$;

* Les fluocapteurs ont été submergés simultanément et leur prélèvement a été fait à des intervalles de 24 heures.

— fc = la surface des calcaires du bassin de drainage de Cerna = = 6,95 km²;

— Fj = la surface des bassins de drainage de Jiu de vest (en amont de Cîmpu Mielului) et de Lăpuşnicu Mare = 47,9 km²;

— Fc = la surface du bassin de drainage de Cerna (en amont de la confluence avec Izvoru Cernei = 41,47 km², on peut exprimer le débit de la résurgence Izvoru Cernei à la date de 4.X.1975, ainsi :

$Q = (Fj.qj) + (Fc.qc) + C = 1{,}42$ mc/s + C

ou bien :

$Q = Qi + (fj \cdot qj) + (fc.qc) + C + Q$ Cernişoara = 1,54 mc/s + + C, dont C est la valeur de la condensation endokarstique.

A la même date le débit de la résurgence déterminé par mesure directe a été de 2,12 mc/s, une différence de 0,70 mc/s ou 0,58 mc/s y résultant. Bien sûr ces deux valeurs sont supérieures à la condensation endokarstique pour le calcul de laquelle on ne dispose pas de données suffisantes. Mais il faut tenir compte des possibilités suivantes :

a) Le débit de la résurgence a été mesuré le même jour que les débits des insurgences, donc on n'a pas tenu compte de la vitesse de circulation des eaux souterraines. Par conséquent le débit de la résurgence reflète une situation hydrologique antérieure, différente de celle existante dans le bassin de drainage de Jiu de vest à la date de 4.X.1975.

b) Bien que les mesures de débit aient été effectuées à la fin d'une période de 8 jours avec stabilité climatique relative, on a enregistré anté-

*Tableau 2*

| Bassin de drainage | Nom du ruisseau | $F_2$(km) | Altitude absolue de l'immergence | Longueur de la percée (km) | Dénivellé (m) | Pente (m%) | Q(l/s) | q(l/s/km²) | $\frac{\Sigma q_m}{n}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jiu de vest | Pîrîu Rece | 1,48 | 1 075 | 13,0 | 375 | 2,8 | 16,0 | 10,8 | 15,64 |
| | Scorota cu Apă | 2,50 | 1 440 | 13,7 | 740 | 5,4 | 46,4 | 18,6 | |
| | Pîrîu Caprei | 2,17 | 1 100 | 12,1 | 400 | 3,3 | 36,7 | 16,9 | |
| | Pîrîu Ursului | 3,00 | 1 120 | 10,6 | 420 | 3,9 | 55,4 | 18,5 | |
| | Pîrîu Stirbu | 3,52 | 1 160 | 9,9 | 460 | 4,6 | 50,6 | 14,4 | |
| | Pîrîu Peştişanu | 0,49 | 1 175 | 9,2 | 475 | 5,1 | 7,1 | 14,3 | |
| | Pîrîu Sarba | 1,22 | 1 200 | 8,7 | 500 | 5,8 | 19,7 | 16,2 | |
| | Scocu Soarbele* | 2,65 | 1 500 | 8,2 | 800 | 9,8 | 13,0 | 4,9 | |
| | Autres pertes | — | — | — | — | — | 12,2 | — | |
| Cerna | Ogaşu Sterminosu | 3,45 | 1 020 | 5,9 | 320 | 5,4 | 52,7 | 15,2 | 16,15 |
| | Ogaşu Sec | 2,67 | 980 | 4,2 | 280 | 5,2 | 45,0 | 16,8 | |
| | Cheile Cernişoarei | — | 790 | 2,8 | 90 | 3,2 | 64,0 | — | |
| | Ogaşu Rău | 1,35 | 750 | 1,0 | 50 | 5,0 | 8,5 | 6,29 | |
| | Ogaşu Obîrşia | 0,72 | 720 | 0,2 | 20 | 10,0 | 4,5 | 6,24 | |
| | Măneasa | 6,12 | — | — | — | — | 227 | 37,14 | |
| | Gîrdomanu | 10,82 | — | — | — | — | 164 | 15,16 | |
| | Autres pertes | — | — | — | — | — | 8,3 | — | |

* 87% de la surface du bassin est calcaire

rieurement à cet intervalle des précipitations assez importantes dans le bassin de drainage de Jiu de vest. On ne connaît pas la vitesse par laquelle ces précipitations sont entrées dans le drain principal de l'aquifère karstique.

c) On n'a pas mesuré toutes les pertes d'eau dans le souterrain du réseau exogène.

d) La valeur du débit moyen spécifique pour les bassins de drainage a été plus grande que celle qui résulte des calculs.

## 4.3. Les relations du bassin hydrogéologique de la résurgence et les bassins de drainage

De ce que nous venons de présenter on peut tirer les conclusions suivantes :

a) La résurgence Izvoru Cernei introduit dans la circulation du système hydrographique de la rivière Cerna des débits d'eau qu'elle soustrait de la circulation superficielle des bassins de drainage de Jiu de vest et de Lăpuşnicu Mare. Le bassin hydrogéologique de la résurgence comprend des parties des bassins de drainage des deux rivières.

b) Pendant la période de l'année à écoulement superficiel réduit, le Jiu de vest en amont du bassinet de Cîmpu Mielului est drainé exclusivement par le souterrain.

c) Pendant la période de l'année à écoulement superficiel abondant le débit d'eau du lit est plus grand que le débit d'eau captée dans le souterrain. Par conséquence le drainage est mixte : de surface — par le colecteur principal — et souterrain — vers la résurgence Izvoru Cernei.

d) Pendant toute la durée de l'année la rivière Cerna reçoit par la résurgence Izvoru Cernei des débits importants d'eau en dehors de son bassin de drainage.

## Bibliographie

1968 Pascu M., Stelea V., *Cercetarea apelor subterane*, Ed. Ştiinţifică, Bucarest.

1970 Povară I., *Cercetări preliminare asupra apelor carstice din bazinul superior al Cernei* (Manuscrit).

1972 Vintilescu I., *Sur l'étendue du bassin de la Cerna, dans sa partie supérieure*, Trav. Inst. Speol. « Emile Racovitza », **XI**.

*Institut de Spéologie « E. Racovitza »*
*Bucarest*

Reçu le 21 décembre 1975