

# LE KARST DE PIATRA CRAIULUI (3)

## ENDOKARST. CARTE DU KARST

TRAIAN CONSTANTINESCU

**NOTE 1. Particularités des composants géosystémiques.** On présente les particularités des composants géosystémiques (géologie, morphologie générale, climat, eaux, végétation, sols, etc). En fonction de leur *apport* dans la matérialisation des traits spécifiques du karst de Piatra Craiului, les composants ont été hiérarchisés en 3 catégories: apport *déterminant* (la géologie et la morphologie générale), apport *substantiel* ( les eaux et le climat), apport *réduit* (la végétation, le sol et la faune).

**NOTE 2. L'exokarst.** L'auteur présente l'exokarst de Piatra Craiului. Le développement très faible et même l'absence des dolines, des ouvalas, des poljés est l'une des particularités du karst de Piatra Craiului. *Les vallées type Piatra Craiului, les «hornuri» aveugles et les lapiés de stratification* sont des formes exokarstiques spécifiques. Les vallées type Piatra Craiului, les torrents karstiques et aussi les lapiés occupent une large surface étant des formes représentatives pour le massif. Les formes calcaires en relief (proéminentes) *ne sont pas des formes karstiques, mais des formes résiduelles*, résultées comme suite à une étape (phase) de karstification.

**NOTE 3. Endokarst. Carte du karst.** On présente deux problèmes essentiels d'endokarst : *la circulation des eaux souterraines et le cavernement*. Dans le cadre du massif s'individualisent *deux bassins hydrokarstiques* : Nord ou *Prăpăstiile Zărneștilor* et Sud ou *Dâmbovicioara*. Sont délimités aussi *deux étages hydrokarstiques* : *supérieur* avec deux sous-étages (*l'aquifère épikarstique* et de la *circulation verticale*) et *inférieur*, aussi avec deux sous-étages (*de la circulation horizontale* et *d'écoulement horizontal noyé*). Dans la deuxième partie on présente une synthèse sur le cavernement, respectivement les principales particularités des *grottes* et des *avens*. Jusqu'au 31.12.1999 ont été inventorié **507 vides souterraines** (497 grottes et 11 avens).

L'étude systématique de l'endokarst du Massif de Piatra Craiului a commencé il y a presque 30 années ([3],[4],[5],[8],[9],[10], etc). Après 1980, la hydrogéologie du massif et aussi d'autres aspects concernant l'endokarst ont été étudiés aussi par d'autres spécialistes ([2],[24]). Il faut également mentionner la contribution spéciale des clubs de spéléologues amateurs à la découverte des grottes et des avens<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Les principaux clubs de spéléologues amateurs qui ont activé ici sont : *Piatra Craiului-Câmpulung Muscel*, *Avenul* - Braşov, *Silex* - Braşov, *Hades* - Ploieşti, *Norbert Casteret* - Colibaşi. Il faut souligner la contribution remarquable du Club *Piatra Craiului* (coordonnateur **Ion Dobrescu**) qui a découvert plus de 80% des grottes inventoriées jusqu'à présent, y compris *Avenul de Sub Colţii Grindului*, le plus profond vide souterrain de Roumanie; cet aven a été exploré jusqu'à -561 m, par le Club *Norbert Casteret* (voir fig.5).

Les principales particularités de l'endokarst peuvent être mises en évidence, selon notre avis, par l'analyse des deux problèmes de fond : **la circulation des eaux souterraines et le cavernement.**

## 1. CIRCULATION DES EAUX SOUTERRAINES

Les recherches effectuées jusqu'à présent nous permettent à présenter une synthèse sur la circulation des eaux souterraines. Dans ce but, on va détailler deux aspects : *les bassins hydrokarstiques et les étages hydrokarstiques.*

### 1.1. BASSINS HYDROKARSTIQUES

Deux bassins hydrokarstiques s'individualisent dans le cadre du massif : **Le Bassin Nord et Le Bassin Sud.** Ces deux bassins ne se superposent pas aux deux bassins hydrographiques : *B.H. Bârsa Mare* au N et *B.H. Dâmbovița* au S. Le trajet de la ligne de partage des eaux souterraines n'a pas été démontré, mais la tectonique du massif (du flanc de synclinal) nous permet à soutenir la thèse que cette ligne correspondrait à la surface à l'alignement *Vf. Tămășel - sud Vf. Grindu - La Table - Valea Coacăza* (Vf. = sommet), Fig. 1. Cet alignement correspond au soulèvement maximum du fondement [23].

#### 1.1.1. Bassin hydrokarstique nord (Prăpăstiile Zărneștilor)

La surface du bassin occupe 25,6 km<sup>2</sup>, dont les *calcaires* (Kimméridgien-Tithonique) représentent 55%, *les conglomérats contenant des éléments calcaires* (Aptien supérieur) 25% et *les conglomérats contenant des éléments cristallins* (Vraconien-Cénomaniens) occupent 20%. Les données se réfèrent seulement à la surface qui appartient au Massif de Piatra Craiului. *En réalité, le bassin hydrokarstique s'élargit vers l'est, dans le Couloir Rucăr-Bran.*

Les calcaires situés sous les conglomérats présentent une continuité parfaite avec ceux qui se trouvent à la surface [15]. En conséquence, les eaux infiltrées dans les calcaires mises au jour circulent au-dessous de la couverture de conglomérats. Dans le cadre du bassin hydrokarstique se délimitent 3 *hydrosystèmes karstiques.*

#### Hydrosystème karstique 5 IZVOARE<sup>2</sup>

Les sources karstiques par lesquelles les eaux souterraines se déchargent ont un débit moyen de 500 l/s [24]<sup>3</sup>. Les sources se déchargent sur le versant gauche de la vallée Râul Zărneștilor sur une distance de 80 m de longueur, entre 845-835 m

<sup>2</sup> Il y a 13 sources karstiques groupées en « 5 points » ; 5 Izvoare = 5 sources.

<sup>3</sup> Les mesures expéditionnaires effectués par nous en 1974, 1975, 1977, 1978, 1985, 1987 ont précisé un débit moyen de 350 l/s. Le débit minima de 80 l/s a été enregistré en janvier 1974 et le débit maxima de 850 l/s, en juin 1976.

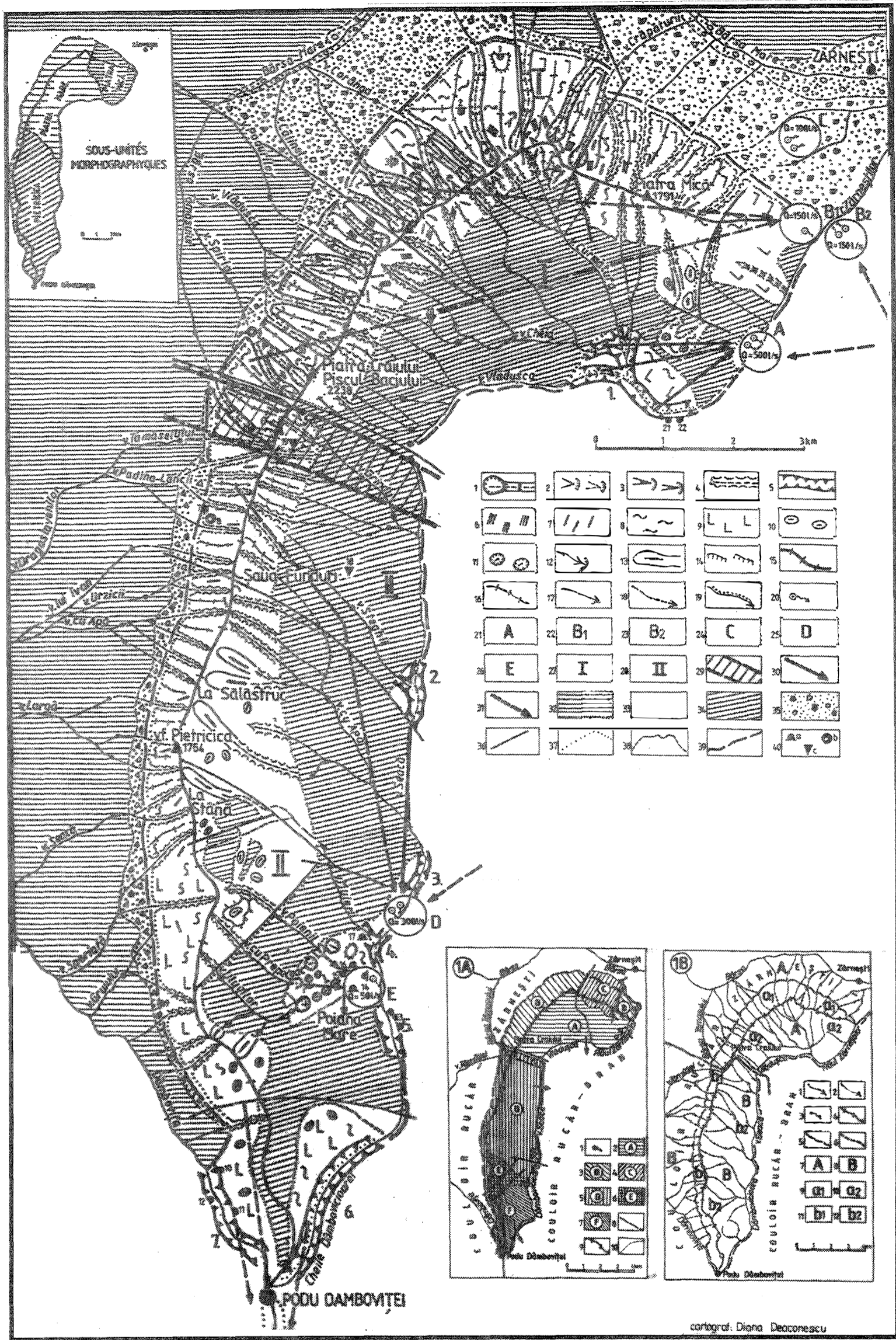


Fig. 1. CARTE DU KARST.

1. Vallée de type Piatra Craiului; 2. Horn; 3. Horn aveugle; 4. Torrent karstique; 5. Gorge; 6. Lapiés de stratification; 7. Lapiés de diaclase; 8. Lapiés à cannelures, à rigoles, etc; 9. Lapiés colmaté et demi-colmaté; 10. Doline de dissolution; 11. Doline d'effondrement; 12. Ponor à gradin antithétique; 13. Vallée-doline; 14. Rupture de pente; 15. Crête principale de Piatra Craiului; 16. Crête secondaire. 17. Cours permanente; 18. Cours temporaire; 19. Infiltration dans le lit; 20. Source karstique; 21. Sources karstiques *5 Izvoare*; 22. Sources karstiques *Fântânile Domnilor 1 (F.D.1)*; 23. Sources karstiques *Fântânile Domnilor 2 (F.D.2)*; 24. Sources karstiques *Toplita*; 25. Sources karstiques *Gâlgoaie*; 26. Sources karstiques *Izvoarele din Valea Rea (Izvoarele din Plai)*; 27. Bassin hydrokarstique Nord (Prăpăstiile Zărnestilor); 28. Bassin hydrokarstique Sud (Dâmbovicioara); 29. Ligne de partage des eaux souterraine; 30. Drainage souterraine démontré; 31. Drainage souterraine supposé; 32. Schiste cristallin; 33. Calcaire; 34. Conglomérat; 35. Dépôt proluvio-déluvian; 36. Faille; 37. Limite litologique; 38. Limite du dépôt déluvio-proluvian; 39. Limite de Piatra Craiului; 40 a. Grotte; 40 b. Arcade; 40 c. Aven.

**Grottes.** 1. Pestera din Coltul Chiliilor; 2. Pestera cu Două Usi din Padina Închisă; 3. Pestera în Vâlcetul cu Fereastră; 4. Pestera Walter Kargel; 5. Pestera din Valea Spirilei; 6. Zaplazul; 7. Pestera Stanciului; 8. Cerdacul Stanciului; 9. Pestera în Padina Calului; 10. Pestera Lupului; 11. Pestera Socului; 12. Pestera de la Coltul Surpat (Pestera Ursilor); 13. Pestera Dâmbovicioara; 14. Pesterile din valea Rea (Pestera de Sus et Pestera de Jos); 15. Pestera Vacilor; 16. Pestera Hotilor; 17. Pestera Dracilor; 18. Avenul din Grind; 19. Avenul de sub colții Grindului; 20. Avenul din Vlădușca; 21. Pestera Mare de la Prepeleac (Pestera Mare din Prăpăstii); 22. Pestera Mică de la Prepeleac (Pestera Mică din Prăpăstii); 23. Pesterile din Locomotivă.

**Gorges.** 1. Prăpăstiile Zărnestilor; 2. Cheia Văii Seci; 3. Cheile Brusturetului; 4. Cheia de Sus (Dâmbovicioara); 5. Cheia de Mijloc (Dâmbovicioara); 6. Cheile Dâmbovicioarei ou Cheia de Jos.

**Fig. 1A. Hydrosystèmes karstiques (H.k.).** 1. Source; 2. (A) Hydrosystème karstique *5 Izvoare*; 3. (B) H.k. *Fântânile Domnilor 1 (F.D.1)*; 4. (C) H.k. *Toplita*; 5. (D) H.k. *Gâlgoaie*; 6. (E) H.k. *Valea Pesterii*; 7. (F). H.k. *Cheia Mare a Dâmbovitei*; 8. Limite du Piatra Craiului; 9. La crête du Piatra Craiului; 10. Limite de hydrosystème karstique.

**Fig. 1B. Bassins hydrographiques (B.h.).** 1. Cours permanent; 2. Cours temporaire; 3. Source; 4. Crête de Piatra Craiului et ligne de partage des eaux secondaire; 5. Limite de Piatra Craiului; 6. Ligne de partage des eaux principal. 7. (A) B. h. Nord; 8. (B) B. h. Sud; 9. (a1) B.h. Bârsa; 10. (a2) B.h. Râul Zărnestilor; 11. (b1) B.h. Dâmbovita supérieure; 12. (b2) B.h. Dâmbovicioara.

altitude absolue. Les deux sources situées en amont fonctionnent comme des sources de trop-plein.

Le bassin d'alimentation inclut, probablement, le versant nord-est du massif de Piatra Craiului et la partie nord du Couloir Rucăr-Bran (les collines *Tâlfa*, *Steghiori*, *Spărturi*, etc.) qui appartient au bassin hydrographique Râul Turcului. Le drainage souterrain n'a pas été démontré que partiellement. Les traçages à fluorescéine effectués dans les vallées Vlădușca et Cheia ont démontré la liaison hydrologique entre les 5 groupes de sources karstiques, donc le fait qu'elles appartiennent au même hydrosystème karstique. Le bilan hydrologique confirme l'origine des eaux non seulement de Piatra Craiului, mais aussi du Couloir Rucăr-Bran.

L'infiltration des eaux se fait principalement par le phénomène d'effluence [21]. Il y a pourtant des ponors qui, à débit réduit, peuvent être facilement remarqués dans les vallées Vlădușca [2], Cheia, Curmătura et Râul Zărneștilor (Fig. 1).

Les traçages à fluorescéine effectués pendant l'été de l'année 1977 ont mis en évidence un écoulement très lent des eaux souterraines, c'est-à-dire un drainage très jeune. Ce fait soutient nos affirmations concernant la genèse et l'évolution des gorges *Prăpăștiile Zărneștilor*. Le drainage est actuel, c'est-à-dire, ultérieur au modelage des gorges mentionnées qui ont l'âge pléistocène [5], [12]. Les trois groupes de sources, situées en aval sont captées et utilisées comme eau potable et industrielle pour la ville de Tohan.

### Hydrosystèmes karstiques *FÂNTÂNILE DOMNILOR*

Dans l'extrémité nord-est du massif, aussi sur la vallée Râul Zărneștilor, en aval du hydrosystème karstique 5 *Izvoare*, on remarque un autre groupe de sources karstiques : *Fântânile Domnilor*, qui ont un débit moyen de 300 l/s [24]<sup>4</sup>

Sur la partie gauche de la vallée, à 758 m altitude absolue, la plus puissante source décharge, ayant un débit moyen de 120 l/s : F.D.1. Sur le même alignement, mais sur la partie droite de la vallée, à 755 m d'altitude, il y a 6 sources karstiques ayant un débit moyen cumulé de 130 l/s : F.D.2. Deux de ces sources totalisent 100 l/s et sont ascensionnelles<sup>5</sup>.

Les traçages à fluorescéine ont démontré que le hydrosystème karstique 5 *Izvoare*, situé en amont à plus de 80 m différence de niveau et une distance à vol d'oiseau de 1,8 km, ne présente aucune liaison hydrologique avec le hydrosystème *Fântânile Domnilor*, donc elles sont des hydrosystèmes karstiques différents.

<sup>4</sup> Le débit moyen calculé par nous est de 250 l/s.

<sup>5</sup> Dans les travaux antérieurs ([8], [13]) F.D.1 apparaît sous la dénomination de *Source 1* et F.D.2 sous la dénomination de *Sources 2 et 3*.

Il faut préciser que F.D.1 et F.D.2 sont aussi des hydrosystèmes karstiques différents. Parmi les arguments qui soutiennent cette affirmation, il faut mentionner:

- F.D.2 présente un débit beaucoup plus variable que F.D.1, celui-ci présentant des variations réduites tout le long de l'année;
- la variation du débit de F.D.2 est évidemment dépendante des précipitations;
- F.D.1 présente des crues seulement pendant les périodes humides de longue durée, la réponse venant après 30-40 jours ; l'eau de la source ne devient pas trouble indifféremment de l'intensité des précipitations;
- le printemps, pendant la fonte des neiges, F.D.2 présente des crues évidentes après 2 ou 3 jours, tandis que F.D.1 présente des crues après 30-40 jours;
- à la suite du grand tremblement de terre (4 mars 1977) l'eau de F.D.1 a été colorée en rouge pendant 12 jours, tandis que l'eau de F.D.2 a été limpide.

*Le bassin d'alimentation du F.D.1 se trouve en Piatra Craiului, tandis que le bassin d'alimentation du F.D.2 se trouve dans le Couloir Rucăr - Bran.*

#### Hydrosystème karstique *FĂNTÂNILE DOMNILOR 1 (F.D.1)*

Une série d'éléments structuraux et tectoniques, associés au bilan hydrologique, nous permettent d'affirmer que *F.D.1 a son bassin d'alimentation dans le versant nord-ouest du Massif de Piatra Craiului, respectivement, le secteur situé entre la faille Grindu (S) et la faille Curmătura (N) (Fig.1)*. Y manquent les rivières permanentes et, par conséquent, le drainage n'a pas été démontré. Cependant, on peut présenter trois arguments qui soutiennent l'hypothèse en discussion :

- l'absence des sources karstiques sur le versant nord-ouest; les sources des rivières permanentes du Couloir Rucăr - Zărnești ( Bârsa Tămașului, Valea Șpirlei, Valea Vlădușca, Valea Călineț, etc) sont le résultat des précipitations atmosphériques infiltrées dans les dépôts proluvio-déluviaux ; elles ne sont pas des sources karstiques ;
- la structure du flanc de synclinal ; les couches de calcaire ont une inclinaison générale O-E, donc il est tout à fait normal que le drainage souterrain suit la même direction O-E ;
- le bilan hydrologique, qui justifié la présence de la source F.D.1 comme le déchargement des eaux infiltrées dans le versant nord-ouest.

L'infiltration des eaux en profondeur se manifeste, dans la majorité des cas, par l'effluence, mais ici les « points » d'infiltration rapide sont beaucoup plus nombreux que sur le versant nord-est. L'infiltration se fait par les diaclases, les *hornuri* aveugles, les ponors et même par les lapiés de stratification évolués (*hornuri* – vallées courtes, voir [16]).



### Hydrosystème karstique *TOPLIȚA*

Le troisième lieu de déchargement des drainages souterrains de Piatra Craiului est représenté par le groupe des sources *Toplița*, situé en dehors des limites du massif, au contact entre les dépôts proluvio-déluviaux de la périphérie de *Piatra Mică* avec les terrasses de la rivière *Bârsa Mare* (Fig. 1).

La provenance des eaux a été démontrée en parti, mais on peut soutenir que leur bassin d'alimentation est représenté par le versant nord de *Piatra Mică* et les eaux infiltrées dans les dépôts proluvio-déluviaux autour des sources (environ 1 km<sup>2</sup>). Les sources déchargent au contact mentionné, mais en amont, on remarque la faille *Toplița*. Le traçage à fluorescéine sur la rivière qui s'infiltré dans les dépôts proluvio-déluviaux montre le drainage vers les sources en discussion.

Nos estimations ont conduit à la conclusion qu'environ 65% du débit moyen (100 l/s) proviennent du versant nord de *Piatra Mică* et le reste de 35 % proviennent des eaux infiltrées dans les dépôts proluvio-déluviaux, donc ils ne sont pas des eaux karstiques.

L'infiltration des eaux dans les calcaires de *Piatra Mică* s'y fait par effluence. Le caractère spécifique est que les calcaires sont couverts par des sols rendziniques et des forêts.

Le débit des sources est capté et utilisé comme eau potable et industrielle pour la ville de Zărnești.

La carte du karst précise que la direction générale d'écoulement dans l'ensemble de ce bassin hydrokarstique est SO-NE (Fig.1). Logiquement, il faut exister une direction initiale O-E, « dictée » par la structure monoclinale, qui se maintient jusqu'à la proximité de l'axe de synclinal. L'orientation y devient S-N, conformément à l'inclinaison des compartiments morphotectoniques.

#### 1.1.2. Bassin hydrokarstique sud (B.H. Dâmbovicioara)

Le bassin a une surface de 32,5 km<sup>2</sup>, dont les calcaires (Kimméridgien-Tithonique) occupent 25%, les conglomérats à éléments calcaires (Aptien supérieur) 45% et les conglomérats à éléments cristallins (Vraconien-Cénomaniens) 30%. Dans ce bassin, comme dans le bassin nord, les couches calcaires qui affleurent à l'Ouest se continuent vers l'Est sous la couverture de conglomérats. Donc, l'écoulement des eaux souterraines se manifeste, aussi sous la couverture de conglomérats. Dans le cadre de ce bassin, 3 hydrosystèmes karstiques sont délimités : *Gâlgoaie*, *Valea Peșterii* et *Cheia Mare a Dâmboviței* (Cheia Mare = La Grande Gorge).

### Hydrosystème karstique *GÂLGOAIE*

Le hydrosystème décharge par des sources karstiques *Gâlgoaie*, situées sur le versant droit de la vallée de Dâmbovicioara, à 935 m altitude absolue. Les sources ont un débit moyen de 300 l/s [24].

Le drainage souterrain a été démontré en partie. Les traçages à fluorescéine [5] et à isotopes [24] ont précisé que les eaux infiltrés dans le lit de *Valea Seacă* à 4 km amont, arrivent en totalité à *Gâlgoaie*.

Le bassin d'alimentation n'a pas été exactement délimité, mais il s'étend certainement dans le Massif de *Piatra Craiului* (l'espace situé au S de la ligne de partage des eaux et la faille *Gâlgoaie*) et aussi dans le Couloir *Rucăr-Bran* (Fig. 1). L'effluence représente la modalité principale d'infiltration des eaux, mais il y a aussi plusieurs « points » d'infiltration rapide.

#### Hydrosystème karstique *VALEA PEȘTERII*

C'est un hydrosystème avec une extension réduite (2,6 km<sup>2</sup>), étant alimenté par les eaux qui s'infiltrent dans le bassin hydrographique *Valea Peșterii*. Les eaux souterraines se déchargent par deux sources. L'une d'elles est temporaire et fonctionné comme un *trop plein*. Le débit de la source permanente est de 50 l/s [24]. Le drainage a été démontré par des traçages à fluorescéine [4].

Non seulement l'effluence se manifeste, mais aussi l'infiltration rapide. *Valea Ulucilor*, *Valea cu Prepeleac* et *Valea Poienii* présentent des ponors typiques, les deux premiers présentant chacun aussi un gradin antithétique.

#### Hydrosystème karstique *CHEIA MARE A DÂMBOVIȚEI*

Ce hydrosystème se décharge par les sources qui se trouvent en dehors des limites du *Piatra Craiului*. Le débit moyen cumulé de toutes les sources est de 800 l/s [24]<sup>6</sup>. La grande majorité des sources se trouvent dans le lit de la rivière *Dâmbovița*, étant masquées par l'eau. Elles peuvent être observées à l'étiage. *La plus part des eaux proviennent non seulement du Couloir Rucăr-Bran, mais aussi de la partie sud du Massif de Piatra Craiului, l'espace situé au S de la faille Gâlgoaie (Plaiul Mare, Plaiul Mic, Plăic).*

Dans le cadre du **Bassin Hydrokarstique Sud** on constate, d'une manière plus claire qu'au N, deux directions principales de drainage :

- la direction O-E, conformément à l'inclinaison du monoclin, qui se maintient jusqu'à la zone de l'axe du synclinal ;
- la direction N-S, déterminée par la position d'inclinaison des compartiments morphotectoniques principaux.

Comme une conclusion, il faut souligner que *les bassins hydrokarstiques, aussi bien que les hydrosystèmes karstiques importants, s'élargissent à l'E de la limite morphologique du massif, dans le Couloir Rucăr-Bran. Donc, le Massif de Piatra Craiului fait partie d'un géosystème karstique plus étendu qui inclut aussi le Couloir Rucăr-Bran.*

<sup>6</sup> Les mesures effectués par nous au débit minimum de la rivière de *Dâmbovița* (1986 et 1987) ont montré un débit moyen de 950 l/s.

## 1.2. ÉTAGES HYDROKARSTIQUES

Les théories antérieures des chercheurs européens soutiennent la présence de 3-4 zones hydrologiques verticales dans l'ensemble d'un massif calcaire. I. Cvijic (1918) a distingué 3 zones (*sèche, de transition, à eau permanente*). D'autres chercheurs, A. Cavaille (1962), L.Lado (1970), M.Bleahu (1974) ont délimité 4 zones. Les hydrogéologues américains ont opté pour deux zones : la zone *vacueuse* et la zone *phréatique*. En présent, l'interprétation géosystémique a conduit à la délimitation de deux zones ; *la zone non saturée* ou *le sous-système d'infiltration* et *la zone saturée* ou *le sous-système du karst noyé* [21].

Nous considérons que la notion *d'étage hydrokarstique* est plus correcte et plus suggestive que les notions de *zone* ou *zone hydrologique*, utilisées maintenant. Par conséquent, nous avons délimités dans le massif de Piatra Craiului *deux étages hydrokarstiques*, chacun ayant *deux sous-étages*.

### 1.2.1. Étage hydrokarstique supérieure

C'est l'étage qui occupe le plus important espace du massif, c'est-à-dire environ 75%. Il correspond à la zone non-saturée ou au sous-système d'infiltration. Par ensemble, deux sous-étages peuvent être délimités : *le sous-étage de l'aquifère épikarstique (sous-étage supérieure)* et *le sous-étage de la circulation verticale (sous-étage inférieure)*.

#### Sous-étage de l'aquifère épikarstique (Sous-étage supérieur)

Ce sous-étage correspond, dans la majorité des cas, aux discontinuités de stratification et fissuration. C'est le sous-étage au niveau duquel l'eau de précipitations atmosphériques s'infiltré. Il faut rappeler que les précipitations atmosphériques sont la seule source d'eau dans le cas du Massif de Piatra Craiului [15].

Le caractère spécifique de ce sous-étage est donné par la présence des lapiés de stratification qui par leurs dimensions, favorisent l'infiltration rapide de l'eau et, par conséquence, l'absence de l'aquifère épikarstique. Le versant nord-ouest est représentatif, la grande fréquence de ces lapiés détermine l'absence de l'aquifère épikarstique sur 35% de la surface du versant. Sur l'ensemble, l'aquifère épikarstique occupe approximativement 80% du Massif de Piatra Craiului.

L'extension du sous-étage est plus difficile d'estimer, mais on peut affirmer qu'elle est plus grande que dans d'autres régions karstiques de Roumanie. Ce trait a été déterminé par un complexe de facteurs tels que la stratification excessive, la tectonique, l'absence de la végétation et des sols, etc. Le sous-étage est équivalent *aux conduits de surface* d'après A. Cavaille ou *la zone d'infiltration de la surface* [1].



### Sous-étage de la circulation verticale (Sous-étage inférieure)

Ce sous-étage a le plus large développement. Il représente l'espace où l'eau circule, dans la plupart des cas verticalement, raison pour laquelle on l'a nommé *la zone des galeries verticales* ou *la zone de la circulation verticale* [1].

Due à l'épaisseur considérable des dépôts calcaires, Le Massif de Piatra Craiului compte parmi les peu nombreuses régions karstiques de Roumanie où le développement de ce sous-étage dépasse 500 m (voir *Avenul de sub Colții Grindului* - 561 m).

Des détails sur la morphologie du sous-étage ne peuvent pas être donnés, car l'aven cité et encore 3-4 autres plus petits sont les seuls repères qui offrent des données concrètes. On peut affirmer que *pour l'ensemble du sous-étage il n'existe pas un écoulement souterrain libre*. Le long temps nécessaire aux eaux infiltrées pour arriver jusqu'aux sources karstiques représente un argument concluant. Le pourcentage des vides à grands dimensions (plus d'un décimètre ou plus d'un mètre) au niveau de l'entier sous-étage est très réduit. Le plus lent écoulement se fait sûrement dans ce sous-étage et non pas dans l'étage inférieur où on sait que les dimensions des canaux de drainage sont théoriquement plus grandes.

En synthétisant, on peut affirmer que :

- l'étage hydrokarstique supérieur occupe la plus importante partie du milieu karstique du Massif de Piatra Craiului ;
- le sous-étage de l'aquifère épikarstique est absent sur 20% de la surface calcaire mise au jour du massif;
- « les points » d'infiltration rapide ont une densité considérablement plus importante que dans d'autres régions calcaires de Roumanie.

#### 1.2.2. Étage hydrokarstique inférieur

Cet étage occupe 25% du milieu karstique du massif. Il est présent dans l'espace limitrophe des vallées *Vlădușca - Râul Zărneștilor*, *Valea Seacă - Dâmbovicioara*, *Cheia Mică a Dâmboviței* et *Valea Peșterii* (Fig.1).

L'étage se retrouve seulement sur la partie Est du massif. Il est absent sur le versant Ouest et partiellement sur le versant Est. Cette réalité est imposée par l'aspect de monoclin et par la tectonique des calcaires.

Dans le Bassin Hydrokarstique Nord, il y a une surface plus grande dans le secteur des gorges *Prăpăștiile Zărneștilor*. Dans le Bassin Hydrokarstique Sud, l'étage s'élargit graduellement vers le S. Les plus larges surfaces se trouvent à l'extrémité du massif (le secteur *Cheile Dâmbovicioarei - Cheia Mică a Dâmboviței*).

L'étage est équivalent à *la zone des galeries noyées* [1] ou *la zone saturée* et à *la partie inférieure de la zone non-saturée*, respectivement au *sous-système du karst noyé* et à *la frontière avec le sous-système d'infiltration*.

Dans cet étage deux sous-étages se délimitent : le *sous-étage de la circulation horizontale* et le *sous-étage d'écoulement horizontal noyé*.

#### Sous-étage de la circulation horizontale (Sous-étage supérieur)

Ce sous-étage occupe tout l'étage inférieur, parce que le sous-étage noyé manque, ou plus correctement dit, il a une extension très réduite. Les traçages à fluorescéine sur les vallées *Cheia, Vlădușca, Curmătura, Râul Zărneștilor* [5] et à isotopes sur *Valea Seacă* [24] ont mis en évidence une très lente vitesse d'écoulement des eaux souterraines, fait qui précise qu'il n'y a pas un drainage libre dans l'ensemble du sous-étage. Sans doute qu'il y a des secteurs avec une circulation libre mais ils sont limités. La plus grande vitesse de déplacement des eaux souterraines a été enregistrée dans le hydrosystème karstique *Valea Peșterii* [4].

Pourtant, on considère que, au moins le long de quelques centaines de mètres, immédiatement en amont des principales sources karstiques décrites, il y a des vides karstiques à grandes dimensions, qui n'ont pas été abordés encore par les spéléologues.

#### Sous-étage d'écoulement horizontal noyé (Sous-étage inférieur)

Dans la partie sud, le sous-étage est absent. Il est localisé en dehors des limites du massif, plus exactement, dans *Cheia Mare a Dâmboviței* (La Grande Gorge de Dâmbovița).

Dans la partie nord ce sous-étage pourrait être dans le secteur des sources karstiques *5 Izvoare* où existent des sources ascensionnelles à débits importants. Les sources ascensionnelles, la présence de la faille qui a déterminé l'apparition de toutes les sources et le fait que le hydrosystème n'a pas de liaison hydrologique avec *Fântânile Domnilor*, qui se trouvent en aval, sont des arguments qui soutiennent l'existence du sous-étage noyé. Il n'a pas été démontré, mais s'il existe, sa surface ne peut pas dépasser 5.000m<sup>2</sup>.

## 2. LE CAVERNEMENT

L'un des effets de la circulation des eaux souterraines, qui nous intéresse spécialement, est le cavernement c'est-à-dire la totalité des vides karstiques souterrains. Le cavernement peut être *accessible* ou *inaccessible*.

La plupart du cavernement des régions karstiques est inaccessible au spéléologue, restant inconnue. Pourtant, on peut se faire une image générale sur le cavernement inaccessible par l'intermédiaire de celui accessible ou par l'étude de la stratification ou de la tectonique des calcaires.

En ce qui concerne le Massif de Piatra Craiului, on peut affirmer que la stratification excessive et la forte tectonique des calcaires ont déterminé un

développement large des lapiés de stratification, de la fissuration et des diaclases. Ces facteurs ont représentés des conditions favorables pour l'infiltration des eaux et le modelage d'un cavernement inaccessible, présentant une densité plus grande que dans d'autres régions karstiques de Roumanie.

En ce qui suit, on va présenter brièvement le cavernement accessible, c'est-à-dire **les grottes et les avens**.

## 2.1. GROTTE S

Jusqu'à présent 496 des grottes ont été inventoriés. Spécialement dans l'espace de l'étage hydrokarstique supérieur, il existe encore beaucoup de cavités qui ne sont pas encore enregistrées, mais la plupart d'elles ont des dimensions très réduites (5-10 m de longueur). Leur exploration nécessite des connaissances approfondies en matière d'alpinisme.

- *Les grottes ont une longueur réduite.* Le développement moyen est de 14,9 m, valeur qui inclut le massif parmi les régions karstiques de Roumanie avec les plus courtes grottes. Par comparaison, on présente quelques exemples : Couloir Rucăr-Bran = 24 m, Massif de Bucegi = 104 m, Massif de Şureanu (Sebeş) = 145 m, [20].

Le pourcentage important de grottes très petites démontre un trajet souterrain très court des eaux infiltrées, caractéristique imposée par la morphostructure, spécialement par la stratification et la position verticale des couches. Dans la partie sud, où l'inclinaison des couches est plus réduite, se trouvent les cavités avec le plus grand développement (Fig.2 ; Tableau 1). Spécialement sur le versant nord-ouest, les discontinuités de stratification favorisent l'infiltration, mais la déclivité forte du versant détermine une partie des eaux à revenir à la surface après avoir parcouru un très court trajet souterrain, générant en conséquence des grottes à dimensions très réduites [3].

- *La hauteur et la dénivellation grandes par rapport à la longueur* constituent aussi une caractéristique pour la plupart des grottes du massif. Les grottes *Walter Kargel* et *Peştera Mare din Valea Şpirlei* sont des exemples typiques, toutes les deux étant situées dans le versant nord-ouest. La première présente une hauteur de 10-12 m et un développement de 35 m ayant une dénivellation de 19 m ; la deuxième présente un développement de 22 m, une hauteur de 16 m et une dénivellation de 13 m (Fig.3 ; Tableau 2). Cette particularité est déterminée par la position verticale des couches.

- *L'absence des spéléothèmes.* La situation dans la proximité de la surface topographique et les dimensions réduites des grottes ont représenté des conditions défavorables pour la manifestation du processus de concrétionnement.

Tableau 1

Spéléograme du Massif de Piatra Craiului.  
(d'après C. Goran, 1981, complété par nous jusqu'à 32.12.1999)

Développ.	< 10 m	10	20	30	50	100	500	Total	Développ. cumulé	Développ. moyenn.
		- 20 m	- 30 m	- 50 m	- 100 m	- 500 m	- 1.000 m			
No.grottes	117	305	55	20	6	3	1	507	7594 m	14,9 m
%	23,1	60,0	10,8	4,1	1,2	0,6	0,2	100	-	-

**BASSIN HYDROKARSTIQUE NORD (RÂUL ZĂRNEȘTILOR)**

No.grottes	19	34	17	7	-	2	1	80	1798 m	22,4 m
%	23,7	42,7	21,2	8,8	-	2,5	1,2	100	-	-

**BASSIN HYDROKARSTIQUE SUD (DÂMBOVICIOARA)**

No.grottes	98	271	38	13	6	1	-	427	5796 m	13,5 m
%	23,0	63,3	8,9	3,1	1,3	0,4	-	100	-	-

**Bassin Hydrographique Bârsa Mare**

No.grottes	12	16	9	5	-	-	-	42	553 m	12,7 m
%	28,5	38,2	21,4	11,9	-	-	-	100	-	-

**Bassin Hydrographique Râul Zărneștilor**

No.grottes	7	17	7	2	-	-	-	33	546 m	16,5 m
%	18,2	54,5	21,2	6,1	-	-	-	100	-	-

**Bassin Hydrographique Dâmbovicioara**

No.grottes	55	136	18	7	4	2	1	223	3595 m	16,0 m
%	25,1	61,0	8,2	3,2	1,3	0,8	0,4	100	-	-

**Bassin Hydrographique Dâmbovița Supérieure**

No.grottes	43	136	21	6	2	1	-	209	2.900 m	13,8
%	20,6	65,0	10,0	3,0	0,9	0,5	-	100	-	-

- *La disparition des grottes par l'effondrement du plafond.* Etant situées près de la surface topographique et à des altitudes absolues plus de 1.000 m, l'action physique-mécanique, associée à la karstification, a favorisé l'effondrement du plafond des grottes. Dans le cadre des vallées, le phénomène a généré *des gorges, des gradins, des contre-pentes* et sur les crêtes secondaires *des « hornuri » aveugles, des arches*, ces dernières constituant des témoins du processus de dégradation. Dans le Massif de Piatra Craiului, les arches karstiques ont une plus grande fréquence que dans d'autres régions karstiques de Roumanie. Les plus renommées sont *Cerdacul Stanciului* et *Zaplazul*. Il faut souligner que la majorité des arches du massif a une genèse périglaciaire.

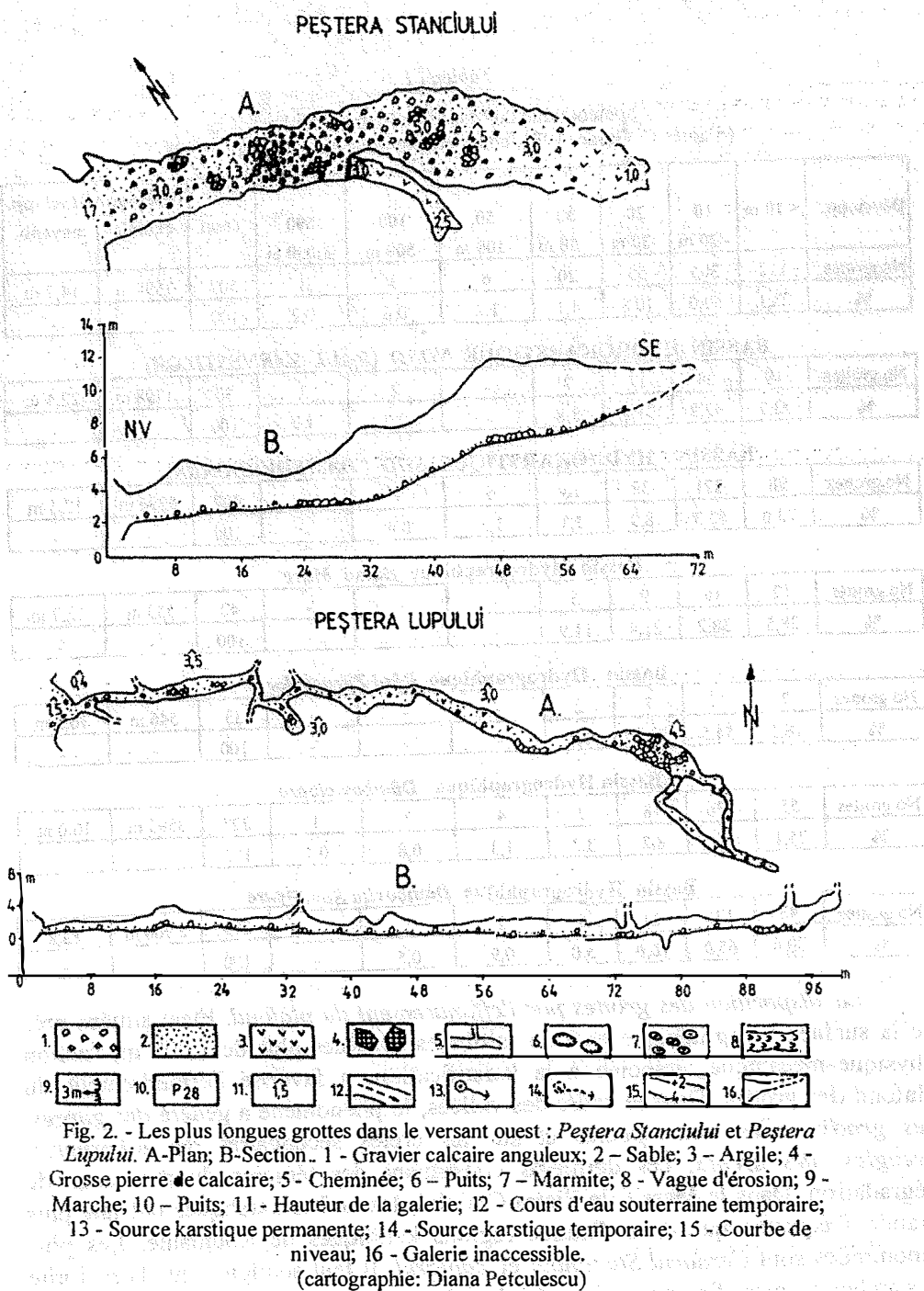




Tableau 2

Principaux vides karstiques souterrains de Piatra Craiului.

No. Crt.	Nom du vide karstique	Versant du massif	Bassin hydrographique	Vallée et versant	Alt. abs. (m)	Développement. (m)	De nivelation (m)
1	Peștera din Colțul Chiliilor ( Capela Cuvioasa Parascheva)	Nord	Bârșa superieure	Șindileriei droit	1115	15,5	-2
2	Peștera cu Două Uși din Padina Închisă	"	"	Pad. Închisă gauche	1415	27,0	+5
3	Peștera din Vâlcetul cu Fereastră	"	"	V. cu Fereast. droit	1.700	15,0	+6
4	Peștera Mare din Valea Șpirlei	Ouest	"	Șpirla stâng	1520	22,0	+13
5	Peștera Walter Kargel	"	"	Vlădușca gauche.	1.820	35	+19
6	La Zaplaz (groupe de 4 arcadées)	"	"	Șpirla gauche	1.580	—	—
7	Peștera Stanciului	"	Dâmbovița superieur.	V. cu Brazi droit	1.620	85	+8
8	Cerdacul Stanciului (arcadé)	"	"	"	1.628	14/8	—
9	Peștera din Padina Calului	"	"	Valea Calului droit	1.250	29,0	+1
10	Peștera Lupului	"	"	V. Dâmbovița gauche	860	128,0	+5
11	Peștera Socului	"	"	"	840	34,0	+4
12	Peșterile din Locomotivă (3)	Est	Râul Zărneștilor	Curmăturii droit	1.740	34,0	-
13	Avenul din Vlădușca	"	"	Vlădușca gauche	1.700	—	- 64
14	Avenul din Grind	"	Dâmbovi-Cioara	Șteghii gauche	1.645	—	- 102
15	Peșterile din Valea Rea : Peștera de Sus Peștera de Jos	"	"	Dâmbovicioara droit	901 904	80 26	- 6 - 3
16	Avenul de Sub Colții Grindului	"	"	Grindu bassin recept.	2.060	—	- 561
17	Peștera Dracilor	"	"	Muierii droit	960	12,0	+8
18	Peștera Hoților	"	"	Peșterii gauche	950	29,0	—
19	Peștera Vacilor	"	"	Peșterii droit.	940	26	—

- Les caractéristiques exposées suggèrent que les grottes de Piatra Craiului ne sont pas intéressantes du point de vue touristique. La seule exception est *Pestera din Colțul Chiliilor* qui a un développement de seulement 15 m. Elle est connue depuis 5 siècles comme « L'Église » (*Capela Cuvioasa Parascheva* - La Chapelle de la Sainte Parascheva). Après 1989 elle a été aménagée d'une manière sommaire. Tous les dimanches ou à l'occasion des plus importantes fêtes, des services divins y sont officiés.

**Donc**, jusqu'à présent, dans le Massif de Piatra Craiului on ne connaît aucune grotte de grandes dimensions. Dans l'étage hydrokarstique supérieur leur absence est normale, mais dans l'étage inférieur, des grottes ayant des dimensions considérablement plus grandes que celles déjà connues doivent exister. Les débits des sources karstiques présentées soutiennent cette hypothèse. C'est le cas des secteurs situés immédiatement en amont de *Fântânile Domnilor 1 (F.D.1)*, *Gâlgoaie* et *Les Sources de Valea Rea* (Fig. 4).

Les centaines de grottes de la partie supérieure du massif représentent des repères importants pour l'analyse de la karstification et de l'évolution générale du massif. La quantité immense d'éboulis accumulé à la base des versants ou dans le cadre des vallées constitue un témoin certain de l'intensité du modelage pendant le Pléistocène et le Holocène. La densité remarquable des grottes petites, des lapiés de stratification et des « *hornuri* » (toutes étant des formes karstiques) mettent en évidence la contribution importante de la karstification dans le modelage général du massif.

## 2.2. AVENS

Jusqu'à présent seulement 11 avens ont été découverts. 3 d'entre eux sont bien connus : *Avenul din Vlădușca* - 71 m ; *Avenul din Grind (Gaura din Funduri)* - 122 m [20] ; *Avenul de sub Colpii Grindului* - 561 m (voir Fig. 5) ou - 540 m [2]; il est aussi le plus volumineux vide karstique souterrain connu dans le Massif de Piatra Craiului. Il faut aussi rappeler *Avenul Superior din Podul Vișeilor* (-25 m) et *Avenul Inferior din Podul Vișeilor* de -12 m [20].

Tous les avens se trouvent sur le versant est malgré les conditions lithologiques, tectoniques et structurales plus favorables sur le versant ouest.

Le nombre réduit d'avens connus et leur absence sur le versant ouest ne contredisent pas l'affirmation concernant le développement large du sous-étage hydrokarstique de la circulation verticale, qui est matérialisé, essentiellement par un cavernement inaccessible. L'écoulement rapide par des vides karstiques de type aven se manifeste aussi, mais la fréquence des avens est considérablement plus réduite.

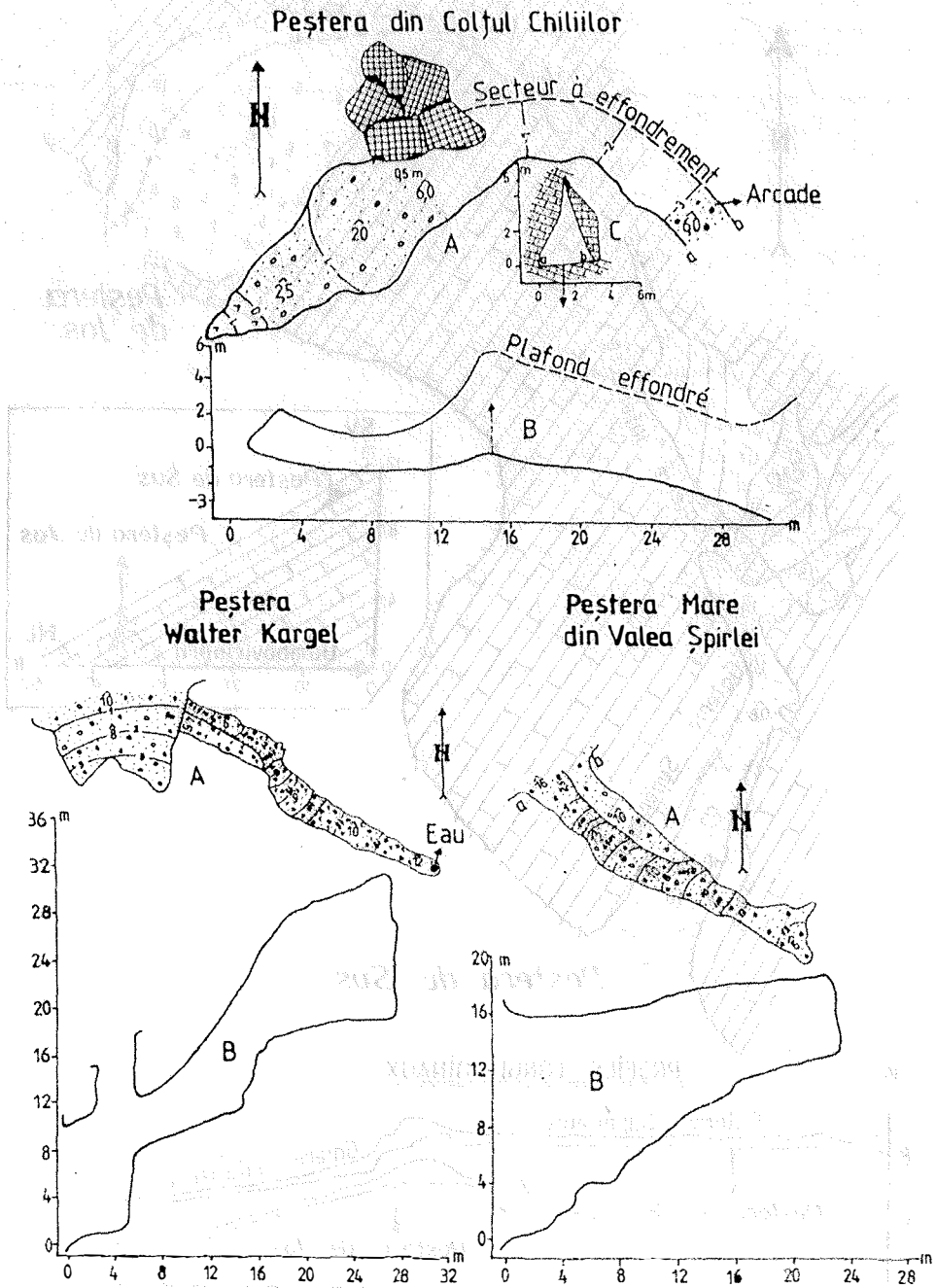


Fig. 3. Grottes du versant nord-ouest : Peștera din Colțul Chiliilor, Peștera Walter Kargel, Peștera Mare din Valea Șpirlei. A - Plan ; B - Section ; C - Profil transversal. ( Pour légende des signes conventionnels, voir Fig. 2.) (cartographie: Diana Petculescu).

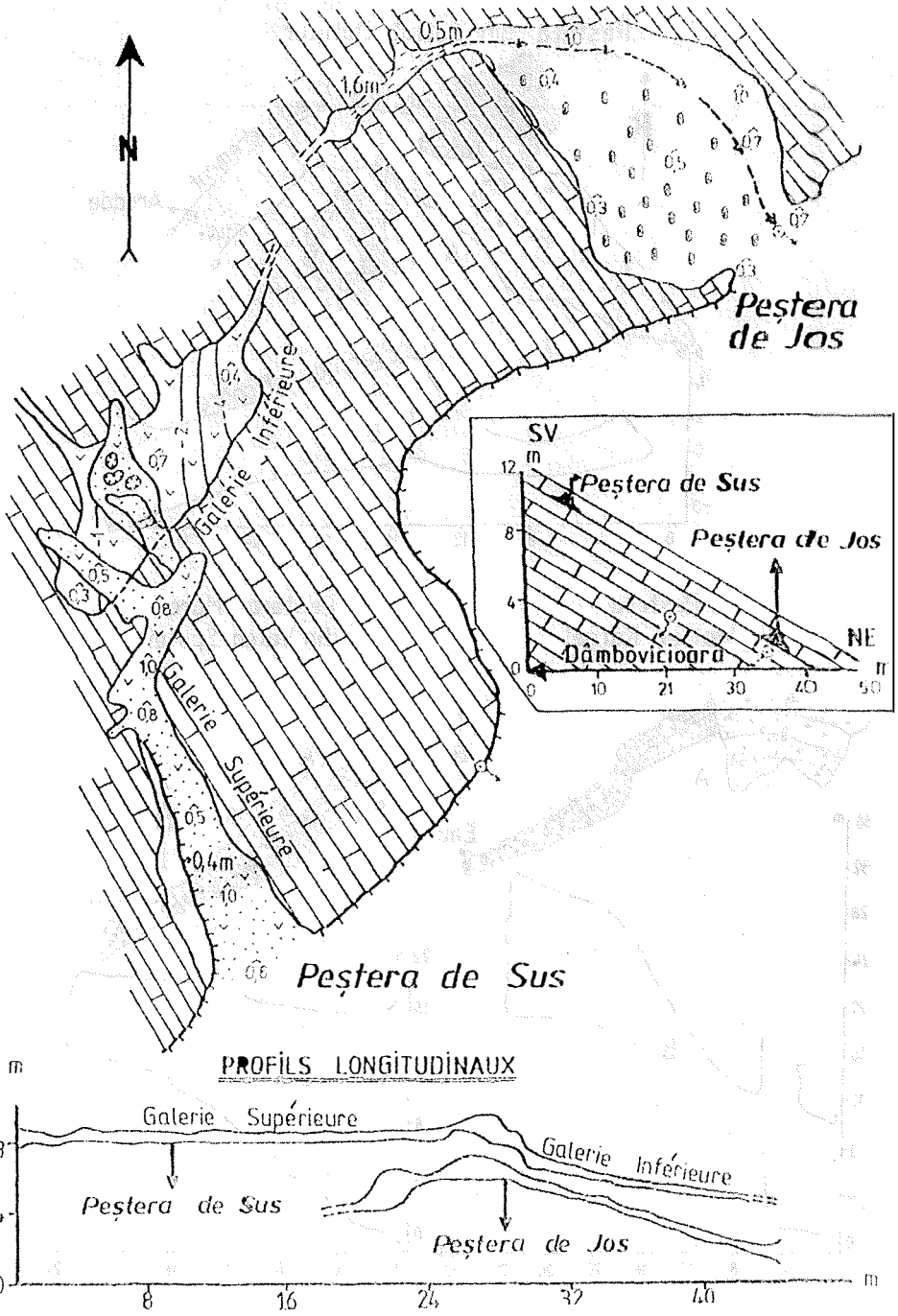


Fig. 4 - Peșterile din Valea Rea (Peșterile din Plai) : *Peștera de Sus* (*La Grotte du Haut*) et *Peștera de Jos* (*La Grotte du Bas*) (Légende, voir Fig. 2) (cartographie: Diana Petculescu).

Malgré le fait que jusqu'à présent à l'ouest et au nord aucun aven n'a été découvert, on considère que pendant les périodes humides et chaudes du Pléistocène, des avens ont été modelés, mais ils ont été colmatés par des éboulis calcaires. Le colmatage a été possible en même temps avec le modelage ou plus tard (Fig. 6A). Le processus de colmatage peut être partiel ou total (le cas des avens signalés par A. Prox sur le versant ouest et qui n'ont pas été identifiés ultérieurement)<sup>7</sup>.

L'action suppose également la *redispotion* d'éboulis donnant la possibilité d'agrandissement de la profondeur des avens (Fig. 6B). La profondeur différente donnée aux avens *Vlădușca* et *Grindu* par les divers explorateurs (A. Prox, Fr. Thomas, W. Gutt, V. Giurgiu, etc) peut être le résultat non seulement des erreurs de mesure, mais aussi de l'action mentionnée.

Le colmatage n'a pas été déterminé par la cessation de l'infiltration de l'eau, le processus continuant aussi à présent. Les observations effectuées pendant une période de 20 ans nous permettent affirmer que des avens colmatés de cette manière existent sur toutes les vallées de type Piatra Craiului. Sur *Valea Hotarului*, une pluie torrentielle a généré un cours d'eau (débit de 4-5 l/s) qui s'infiltrait en totalité dans une accumulation d'éboulis mobiles. Sans doute, qu'il y a là un aven colmaté. L'hypothèse est soutenue aussi par la présence d'un petit gradin antithétique. On a découvert un cas semblable sur *Valea Pocerilor*.

Les plus importants avens ont été modelés sur des failles, mais sur le versant nord-ouest c'est la stratification qui a influencé. Les couches verticales ou presque verticales ont favorisée la genèse de certains vides de *type aven*, mais sans présenter une ouverture à la surface. L'absence d'un cas pareil fait que notre affirmation reste seulement une hypothèse. Pourtant, *Avenul din Vlădușca* (Fig.5) peut être un exemple.

En conséquence, les 3 avens sont les formes endokarstiques qui s'imposent comme dimensions dans le Massif de Piatra Craiului.

Le nombre des avens est en réalité considérablement plus important que le nombre connu jusqu'à présent. La découverte de ces vides karstiques représente une action très difficile (voir la morphologie générale - Note 1). Au moins sur les versants nord-ouest et nord, on est convaincu qu'il y a d'autres avens colmatés complètement par des éboulis calcaires. Nous considérons que sur chaque vallée de type Piatra Craiului existe, au moins, un aven de ce type. L'affirmation a comme arguments :

- sur les vallées mentionnées se forment des cours d'eau seulement quand les pluies torrentielles durent plus de 10 minutes ;

<sup>7</sup> Les deux avens signalés par A. Prox (1937) n'ont été pas identifiés encore, en dépit du fait que plus tard la zone a été minutieusement recherchée par Fr. Thomas, W. Gutt, et al.



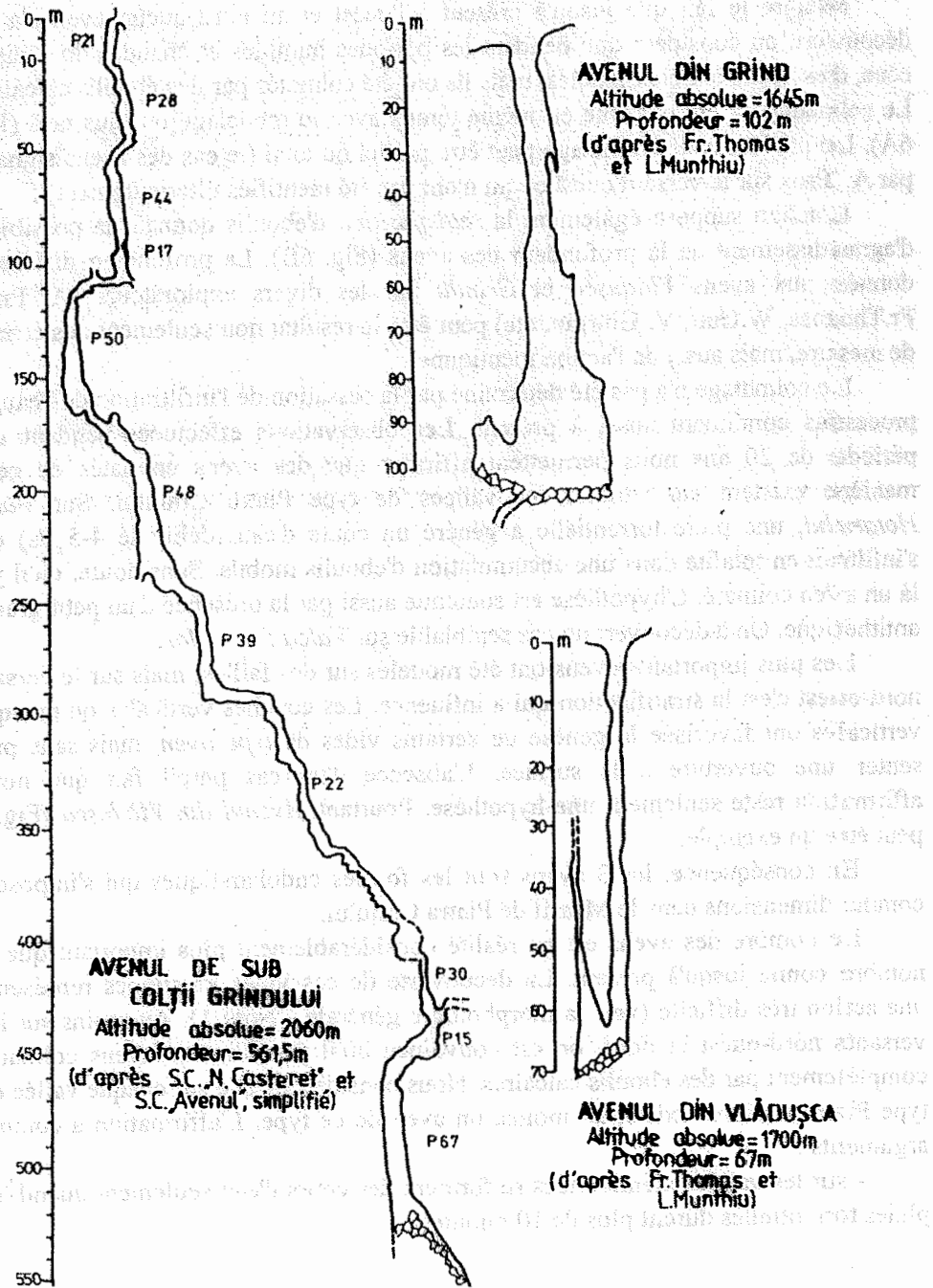


Fig. 5 - Les plus grands avens de Piatra Craiului : Avenul de sub Colții Grindului, Avenul din Grind, Avenul din Vlădușca. P= puits (cartographie: Diana Petculescu).

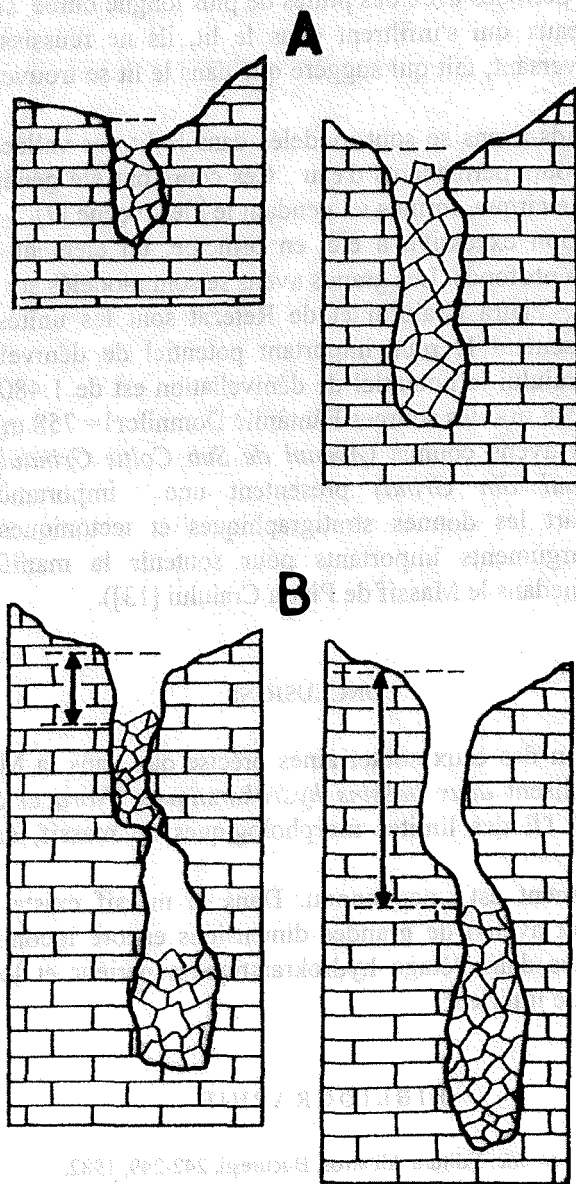


Fig. 6 - A - Colmatage des avens simultanément avec le modelage; B - Agrandissement de la profondeur des avens par la redistribution d'éboulis calcaires (cartographie: Diana Petculescu).

- pendant les périodes avec des pluies de plus longue durée, sur les vallées se forment des ruisseaux qui s'infiltrent dans le lit, ils ne réussissent pas arriver jusqu'à la base du versant, fait qui suggère que dans le lit se trouvent des avens de ce type.

Les plus grands avens se sont modelés dans le lit des vallées, l'action étant favorisée par des cours permanents d'eau. Ces cours ont été générés par la fonte des petits glaciers de cirque, formés ici pendant le Pléistocène [7].

La stratification excessive a été, en principe, un élément défavorable au modelage des avens profonds. Les grands avens se sont modelés sur des failles.

Les monts de Piatra Craiului et de Retezat sont les unités karstiques de Roumanie qui présentent le plus important potentiel de dénivellation. Dans le Massif de Piatra Craiului le potentiel de dénivellation est de 1.480 m (le sommet Piatra Craiului= 2.238 m - les sources Fântânila Domnilor= 758 m).

Les 3 grands avens connus (*Avenul de Sub Colții Grindului*, *Avenul din Vlădușca* et *Avenul din Grind*) présentent une importance scientifique considérable. A part les données stratigraphiques et tectoniques obtenues, ils représentent des arguments importants pour soutenir la manifestation de la glaciation pléistocène dans le Massif de Piatra Craiului [13]).

### CONCLUSIONS

- La circulation des eaux souterraines précise que dans la Massif de Piatra Craiului s'individualisent deux bassins hydrokarstiques (Nord et Sud). Tous les deux s'élargissent à l'E des limites morphologiques du massif, dans le Couloir Rucăr-Bran.

- Le cavernement est peu connu. Dans le massif existe d'autres vides karstiques (grottes et avens) de grandes dimensions encore inconnus. Les avens doivent être recherchés dans l'étage hydrokarstique supérieur et les grottes dans l'étage hydrokarstique inférieur.

### BIBLIOGRAPHIE

1. BLEAHU, M., *Relieful carstic*. Editura Albatros, București, 242-249, 1982.
2. COCA, S., *Avenul de sub Colții Grindului (-540 m) - deepest cave in Romania*. Proceeding of the 12<sup>th</sup> International Congress of the Speleology, Switzerland, 4, 87-90, 1997.
3. CONSTANTINESCU, T., *Considérations géomorphologiques et spéologiques sur la partie septentrionale du Massif Piatra Craiului*. Trav. Inst. Spéol. "Emile Racovitza", XII, 279 - 302, 1973.
4. CONSTANTINESCU, T., *Le karst de Pietricica (Massif de Piatra Craiului, Carpates Méridionales)*, Trav. Inst. Spéol. "Emile Racovitza", XV, 233-245, 1976.

5. CONSTANTINESCU, T., *Évolution du réseau hydrographique de la zone karstique Prăpăstiile Zărneștilor*, Trav. Inst. Spéol., "Emile Racovitza", XVI, 217-228, 1977.
6. CONSTANTINESCU, T., *Le karst de Piatra Craiului. Note 1*, Trav. Inst. Spéol. „Emile Racovitza”, XIX, 203-217, 1980.
7. CONSTANTINESCU, T., *Le Massif de Piatra Craiului. Genèse et évolution des torrents des versants nord-ouest et nord; glaciation pléistocène*. Theoret. and Appl. Karst. 1, 99-106, 1984.
8. CONSTANTINESCU, T., *Carte de la circulation des eaux souterraines dans Le Massif de Piatra Craiului*. Trav. Inst. Spéol. "E. Racovitza", XXIII, 779, 1984.
9. CONSTANTINESCU, T., *Évolution du réseau hydrographique du Couloir de Dâmbovicioara. Genèse et l'évolution de la Vallée de Dâmbovicioara*, Theoret. And Appl. Karst., 2, 55-64, 1985.
10. CONSTANTINESCU, T., *Évolution du réseau hydrographique du Couloir de Dâmbovicioara. Note 2. Genèse et évolution de la Vallée Dâmbovița*. Theoret. and Appl. Karst., 4, 117-126, 1987.
11. CONSTANTINESCU, T., *Évolution du réseau hydrographique du Couloir de Dâmbovicioara. Note 3*, Theoret. and Appl. Karst., 5, 67-81, 1992.
12. CONSTANTINESCU, T., *Massif de Piatra Craiului. Particularités morphogénétiques. Sous-unités karstiques*, Trav. Inst. Spéol. "Emile Racovitza", XXXI, 139-150, 1992.
13. CONSTANTINESCU, T., *Masivul Piatra Craiului. Studiu geomorfologic*. Rezumatul tezei de doctorat, Univ. București, Fac. de Geografie, 1-22, 1994.
14. CONSTANTINESCU, T., *Masivul Piatra Craiului. Particularitățile reliefului*. Ocrot. Nat. și Med. Înconj., Edit. Acad. Rom., 35-46, 1996.
15. CONSTANTINESCU, T., *Le Karst de Piatra Craiului (1). Particularités des composants géosystémiques*. Trav. Inst. Spéol., "Emile Racovitza", XXXV, 1996.
16. CONSTANTINESCU, T., *Le karst de Piatra Craiului (2). L'endokarst.*, Trav. Inst. Spéol., "Emile Racovitza", XXXVI, 1997.
17. CRISTEA, E., *Piatra Craiului. Turism-Alpinism*, Editura Sport-Turism, 71-322, 1984.
18. GÈZE, B., *Lexique des termes français de spéléologie physique et de karstologie*, Ann. Spéléol., t. 28, 1, 1-20, 1976.
19. GORAN, C., *Catalogul sistematic al peșterilor din România 1981*, Editat de Cons. Naț. ptr. Educație Fizică și Sport, 1982.
20. GORAN, C., *Les types du relief karstique de Roumanie*, Trav. Inst. Spéol. "Emile Racovitza", XXII, 92-101, 1983.
21. MICALEVICH-VELCEA, V., *Masivul Piatra Craiului. Considerații geomorfologice*. Univ. Buc. Sr. Șt. Nat., 27, 145-152, 1960.
22. ONCESCU, N., *Région de Piatra Craiului-Bucegi. Étude géologique*, Anal. Inst. Geol. Rom., XXII, 1-124, 1943.
23. ORĂȘEANU, I., GAȘPAR, E., BULGĂR, AL., TERTELEAC, N., *Hydrological study of Dâmbovicioara Passage*, Theoret. and Appl. Karst., 1, 153-164, 1984.
24. PATRULIUS, D., *Geologia Masivului Bucegi și a Culorului Dâmbovicioara*, Ed. Academiei R.S.R., 244-250, 1969.
25. POPESCU, I., *Contribuții la cunoașterea stratigrafiei și structurii geologice a Masivului Piatra Craiului*, D.S., LII, 157-176, 1967.
26. VELCEA V., SAVU AL., *Geografia Carpaților și a Subcarpaților românești*, Edit. Did. și Pedag., 125-130, 1982.

*L'Institut de Spéléologie « Emile Racovitza »,  
rue Frumoasa 11, R-78114, Bucarest, Roumanie.*