

489857

# REVISTA MUZEULUI GEOLOGIC-MINERALOGIC AL UNIVERSITĂȚII DIN CLUJ

VOL. III. — No. 1.

1929.

## CUPRINSUL

SOMMAIRE.

1. Aperçu synthétique sur la structure des regions Carpatiques . . . . . DR. I. VOITKESKI
2. Câteva date asupra Vârstei calcarelor metamorfice din Valea Ieri (Munții Apuseni) . . . . . ING.-GEOLOG VALERIU LUCCA
3. Contribuțiuni la explicarea fenomenului de încălzire al apelor lacurilor sărate din Transilvania. I. Lacurile Sovata. — Kontribution zur Erklärung des Erwärmungsprozesses des Wassers der Salzteiche von Transilvanien. I. Die heissen Salzteiche von Sovata . . . . . I. MAXIM

BIBL. CENTR. UNIV. CLUJ  
St. 541 66



CLUJ  
INSTITUTUL DE ARTE GRAFICE „ARDEALUL“  
1929.

BCU Cluj / Central University Library Cluj

REVISTA  
 MUZEULUI GEOLOGIC-MINERALOGIC  
 AL UNIVERSITĂȚII DIN CLUJ

VOL. III. — No. 1.

1929.

APERÇU SYNTHÉTIQUE  
 SUR LA STRUCTURE DES RÉGIONS CARPATHIQUES\*)

Par

PROF. DR. I. P.-VOITEȘTI  
 DE L'UNIVERSITÉ DE CLUJ (ROUMANIE).

Depuis Vienne, à l'Est, les Carpathes constituent le prolongement direct des Alpes, comme au niveau du Danube, entre Baziaș et Turnul Severin, elles se continuent sans discontinuité dans le Balkan occidental, aussi bien au point de vue structural, que morphologique.

La continuation directe des Carpathes dans les Alpes implique nécessairement que tout aperçu synthétique des premiers, basé en première ligne sur les études géologiques de détail, soit fait en parfaite concordance avec les nouvelles conceptions tectoniques sur les dernières.

Ainsi donc, pour mieux comprendre la structure des Carpathes, nous trouvons nécessaire d'esquisser brièvement du commencement celle des Alpes, d'après les plus récents et les plus importants travaux synthétiques, dus aux éminents géologues alpins: LUGÉON<sup>(1)</sup>, TERNIER<sup>(2)</sup>, HAUG<sup>(3)</sup>, ARGAND<sup>(4)</sup>, KOBER<sup>(5)</sup>, STAUB<sup>(6)</sup>, et COLLET<sup>(7)</sup>,

\*) Reproduit du volume jubilaire „TRANSILVANIA, BANATUL, CRIȘANA, MARAMUREȘUL — 1918—1928”, Vol. I., pag. 199—230. București 1929.

1. LUGÉON M. — Les grandes nappes de recouvrement les Alpes du Chablais et de la Suisse. Bull. Soc. Géol. France. 1901.
- „ — Les grandes nappes de recouvrement des Alpes Suisses. C. R. du Congrès géolog. intern., Wien, 1903.
- „ — Les nappes de recouvrement de la Tatra et l'origine des Klippes des Carpathes. Bull. Labor. de Géologie, Lausanne, 1903.

dont les conceptions structurales, admises aujourd'hui par tout le monde scientifique, constituent le glorieux couronnement de la géologie moderne.

#### A. LES LIGNES STRUCTURALES GÉNÉRALES DES ALPES.

Entre la Mer Ligurique et le Bassin de Vienne, la chaîne des Alpes constitue le relief le plus récent et en même temps le plus puissant de l'Europe centrale, formée au point de vue structural par un gigantesque empliment d'innombrables et énormes paquets de formations cristallines et sédimentaires, fortement plissées et chevauchées les unes sur les autres, du Sud au Nord.

Le berceau dans lequel ont pris naissance toutes ces formations géologiques, empilées dans la gigantesque chaîne des Alpes, était constitué par le grand géosynclinal de la mer „Tethys“ (SUSS), de direction E.-W., lequel, à la fin du Paléozoïque, se trouvait encadré entre deux puissantes masses continentales: au Sud le Continent Indo-Africain (ARGAND) et au Nord le Continent Européen.

2. TERMIER P. — Les nappes des Alpes orientales et la synthèse des Alpes. Bull. Soc. Fr., (4), t. III, 1903.
3. HAUG E. — Les nappes de charriage des Alpes calc. sept. Bull. Soc. Géol. Fr. (4), t. VI.
  - „ — Les grandes charriages de l'Embrunais dans des Alpes occid. R. C., Congr. géolog. intern., Wien, 1903.
  - „ — Sur les nappes des Alpes orient. et leurs racines. C. R. 148, 1909.
  - „ — Les nappes de charriage de l'Embrunais et de Ubaye et leurs faciès caractéristiques. Bull. S. G. Fr., 1912.
  - „ — Les nappes de charriage de la Basse-Provence. Mém. Carte Géol. France. Paris, 1925.
4. ARGAND E. — Les nappes de recouvrement des Alpes occidentales, etc. Beitr. Géolog. Schweiz., N. Folge. 28, 1911.
  - „ — Les nappes de recouvrement des Alpes Pennines. Mat. pour la Géol. de la Suisse, nouvelle série, XXXI, 1911.
  - „ — Sur l'arc des Alpes occidentales. Eclog. Géol. Helvet., XIV, 1916.
  - „ La tectonique de l'Eurasie. C. R. Congrès géol. intern. Bruxelles, 1922.
5. KOBER L. — Der Bau der Erde. Berlin, 1921.
  - „ — Bau u. Entstehung der Alpen. Berlin, 1923.
6. STAUB R. — Der Bau der Alpen (versuch einer Synthese). Bern, 1904.
7. COLLET W. L. — The Structure of The Alps. London, 1927.

L'Europe était à ce temps là puissamment ridée depuis l'Angleterre, au Nord, jusque dans la région méditerranéenne, au Sud, par les chaînes de montagnes hercyniennes, dont les tronçons représentés aujourd'hui par la Corse, par le massif d'Estérelle, entre Marseille et Nice, par le Plateau Central français, par les Vosges et la Forêt Noire et par le Massif de la Bohême, constituaient les crêtes proéminentes les plus proches du bord du géosynclinal alpins, prolongées jusque dans la région litorale de la mer par quelque massifs plus avancés, représentés aujourd'hui par les anciens massifs centraux des Alpes occidentales: Mercantour, Pelvoux et Belledonne, Mt. Blanc et Aiguilles Rouges et les Massifs de l'Aar et de St. Gothard, lesquels, dû à leur situation trop avancés, ont été depuis complètement englobés dans les plissements alpins.

Les trois principaux faciès géologiques des formations mésozoïques des Alpes: le faciès helvétique, le faciès penninique, et le faciès ostalpin, corespondaient aux trois principales zones bathimétriques de la mer de ce géosynclinal: celui helvétique correspondant aux sédiments néritique-bathiaux déposés dans les eaux recouvrant le socle continental de l'„Avant-Pays“ Européen, au Sud de la ligne des noyaux hercyniens représentés par les massifs centraux; celui penninique, aux sédiments abissaux, déposés dans les profondeurs les plus grandes des eaux du géosynclinal, et celui ostalpin, aux sédiments néritiques-bathiaux, sédimentés dans les eaux recouvrant le socle continental de l'„Arrière-Pays“ Indo-Africain.

Le faciès helvétique passait vers le Nord insensiblement dans celui jurassique typique — du „Jura“ —, sédimenté dans les dépressions marines épicontinentales, situées au Nord de la ligne des noyaux hercyniens des massifs centraux, de même que le faciès ostalpin, passait insensiblement vers le Sud, dans celui dinarique — des „Dinarides“ — sédimenté dans les eaux marines occupant les dépressions épicontinentales du bord africain.

Les mouvements orogéniques qui ont plissé les formations sédimentaires de ce grand océan de dimensions de l'Atlantique et dont les eaux ont transgressé à maintes époques géologiques, sur le Continent de l'Europe, vers le Nord, jusqu'en Angleterre et sur celui de l'Afrique, vers le Sud, jusqu'au niveau du Sahara actuel, font sentir leur action depuis la fin du Paléozoïque, quand ils provoquent

la naissance des deux premières rides anticlinales sous-marines, embryonnaires, dans la région du faciès penninique.

C'est par ce prologue que commence à se développer le puissant drame qui eut depuis lieu entre les deux continents limitant le géosynclinal alpin, qu'ils écrasent ensuite complètement entre leurs bords rigides, pendant le jeu tectonique de leurs masses énormes.

Dans le développement de ce drame que nous allons passer, en ce que suit, brièvement en revue, acte par acte, c'est le Continent Indo-Africain qui conduit l'action, tandis que le géosynclinal alpin et le bord du Continent Européen la souffrent passivement.

De l'étude géologique détaillée des formations qui prennent part à la constitution des Alpes, il en ressort que depuis la fin du Paléozoïque — depuis le Permien —, le Continent Indo-Africain se détache du Continent Antarctique, auquel il était uni jusqu'alors et en glissant lentement vers le Nord sur la zone magmatique qui constitue son soubassement très profond (WEGENER, <sup>8</sup>), écrase tout dans son chemin, ainsi que successivement toutes les formations du Géosynclinal alpin et du bord européen sont écrasées, plissées et renversées vers le Nord, sous l'énorme poids de la masse en mouvement du gigantesque „traineau-écraseur“ Indo-Africain.

Cette action tectonique commencée dans le Permien par la formation des deux premiers plis anticlinaux embryonnaires sous-marins, dans la région profonde du Géosynclinal, se poursuit sans discontinuité jusqu'à nos jours, tantôt lentement, tantôt passant par des phases paroxysmiques; ces dernières représentant les périodes les plus critiques pour les formations géologiques du Géosynclinal, elles constituent en même temps des coupures naturelles dans le développement progressif de l'action tectonique.

La première de ces phases paroxysmiques — la „phase juvénile“ (STAUB, <sup>9</sup>) eut lieu pendant le Crétacé moyen (ante-Gosau). A ce temps-là et sous l'influence de la poussée du „traineau-écraseur“ Indo-Africain, les premiers deux plis anticlinaux de la zone penninique sont fortement reliéfés, tandis que les formations sédimentaires néritiques-bathiales de la zone ostalpine, voisines à la bordure du Continent Africain, sont écrasées jusque dans leur soubassement de Cristallin et transformées par refoulement en un puissant et premier paquet de plis, fracturés et empilés en énormes

(<sup>8</sup>) WEGENER A. — Die Entstehung der Kontinente und Ozeane; 4te, umgearb. Auflage, Leipzig, 1929.

écaillés vers le Nord — les „Tirolides“ —, pincées à leur tour dessous la marge du continent African. Cette marge, à cause de la résistance que lui opposent les formations de la zone ostalpine pendant leur refoulement, elle en est aussi fortement influencée, ses formations sédimentaires épicontinentales de la zone dinaridique qui la constituent, se fracturant en plusieurs écaillés jusque dans leur fondament de Cristallin, lesquelles, empilées vers le Nord, constituent un nouveau paquet — les „Dinarides“ —, superposé à celui des „Tirolides“ (Pl. I.).

Pendant la phase juvavique, la plus grande part du Géosynclinal alpin étant presque complètement obstrué par les plis que les forces tectoniques ont provoqués, son axe et avec lui ses eaux, ont dû forcément se déplacer vers le Nord, dans les dépressions nouvellement formées sur le bord du Continent Européen — sur le bord de l'„Avant pays“ européen —, constituant ainsi, dans leur nouvel emplacement, le géosynclinal où vont se sédimenter les formations du „Flysch“ crétacé supérieur-paléogène.

Une seconde phase paroxysmique se manifeste dans le Paléogène (Éocène-Oligocène) — la phase ostalpine inférieure —, avec deux subphases: „grisonide“ et „tirolide“.

Sous l'empire des forces tectoniques, toujours croissantes, exercées par la bordure chevauchante du continent africain, individualisée, depuis la phase précédente dans la pile des „pils dinarides“ et sous la poussée directe des ces derniers, le paquet des „plis tirolides“ écrase et rabote, à cette date, jusque dans leur fondament de Cristallin, toutes les formations sédimentaires pardessus lesquelles il est forcé de passer, en les transformant dans une nouvelle gigantesque pile de plis — les „Grisonides“ — pile laquelle, poussée toujours en avant contre les deux premiers plis anticlinaux pennines, en exagère, par pression, tellement leur envergure, qu'ils se transforment en deux gigantesques plis couchés vers le Nord, en représentant (Pl. I.): celui septentrional l'anticlinal du „Gr d. St. Bernhard“ ( $P_1$ ) et celui méridional l'anticlinal de la „Dent Blanche“ ( $P_2$ ) de la zone pennine, profonde, des Alpes. D'après KOBER<sup>(3)</sup>, l'entière première moitié de cette phase — la subphase „Grisonide“ — a eu lieu pendant le Crétacé moyen, époque pour laquelle plaident jusqu'à présent aussi les observations tectoniques dans les Carpathes roumaines (MURGOCI, MRAZEC, VOITESTI).

Dans la seconde moitié de cette phase, — dans la subphase „Tirolide“ —, ont lieu les plus importants phénomènes tectoniques

pour les Alpes en général et pour les Alpes Orientales, — pour les „Austrides“ —, tout spécialement

Les „Triloides“ sous l'influence toujours croissante de la poussée des „Dinarides“, glissent vers le Nord, en énorme „traineau-écraseur“, pardessus les „Grisonides“ et les deux premiers anticlinaux couchés ( $P_4$  et  $P_6$ ) des „Pennines“. L'effet mécanique provoqué par cet énorme chevauchement des „Tirolides“ fut des plus importants: les „Grisonides“ sont laminées et étendues par ce laminage de beaucoup vers le Nord et les deux anticlinaux pennines qui les supportaient furent à leur tour repoussés vers le Nord, en écrasant, à leur tour par refoulement en profondeur, tout le reste du géosynclinal alpin, dont les couches se replient sur place en trois nouveaux anticlinaux (les plis-nappes: d'Antigorio —  $P_1$ , de Lebendun —  $P_2$  et de Monte Leone —  $P_3$ ), tandis que l'entière masse des „Pennides“, déferlant sur le bord néritique européen, froisse et détache ces formations sédimentaires de leur soubassement, en les refoulant puis pardessus le Cristallin des anciens noyaux varisques des massifs centraux, ces derniers, sous l'énorme pression, étant transformés en gigantesques écailles, prennent eux aussi part à la constitution du nouveau paquet de plis individualisé et poussé par dessus l'Avant-pays et qui forme ainsi les „Hervétides“.

Comme un dernier et profond retentissement de la poussée de cette subphase, un nouveau plis anticlinal prend naissance dans la zone pennine. C'est la nappe de Mt. Rose ( $P_5$ ), laquelle s'arc-boutant, sous pression, entre la nappe du „Grand St. Bernhard“ ( $P_4$ ) et la nappe de la „Dt. Blanche“ ( $P_6$ ), provoque le bombement et consécutivement l'exhaussement de toutes les piles des nappes supérieures, en compliquant par celà de beaucoup leur structure. Entre ces complications il est de toute importance celle soufferte par la marge septentrionale des „Tirolides“ („Silvretta“), laquelle, détachée du reste („Oetzta“), est pincée sous la bordure chevauchante de celui-ci et ensuit transportée en gigantesque bourrelet vers le Nord, jusque dans la région actuelle des Alpes calcaires qu'il constitue depuis.

Une dernière phase dans le développement structural des Alpes est la phase „insubrique“, laquelle commence dans le Miocène, quand les eaux du Géosynclinal alpin se trouvaient restreintes à une étroite cuvette synclinale, qui longeait la bordure extérieure de la chaîne en formation, en pénétrant aussi à l'intérieur des zones atteintes par le plissement, par les zones d'effondrément, con-



sécutivement formées (Bas. de Vienne, Dépres. Panonique, Bas. transylvain, etc.). Depuis la fin de l'Oligocène, la bordure septentrionale des „Dinarides“, qui tenait sous tension les plis des Alpes Occidentales, commence un mouvement d'affaissement avec sous-poussée en profondeur, mouvement qui, par refoulement, provoque un puissant exhaussement de toutes les piles de nappes, on peut dire l'exhaussement complet de la puissante chaîne alpine et, consécutivement, ont lieu aussi les plus puissantes intrusions et extrusions de magmes acides et basiques qui ont accompagné les phénomènes du plissement alpin. Dû à cet affaissement des „Dinarides“, les racines de toutes les nappes ont été éntraglées, laminées et renversées, en même temps que, dû à la résistance que les nappes opposaient à ce mouvement, les Dinarides ont été forcées de se replier et déferler leur piles de plis en arrière, constituant ainsi les nappes dinarides à chevauchement inverse, vers le Sud, vers l'Arrière-Pays.

C'est seulement au niveau des Alpes Orientales que, grace à l'ennoyage graduel de la chaîne alpine depuis la vallée du Rhin vers l'Est, les „Dinarides“ peuvent avancer leur bordure chevauchante de beaucoup vers l'intérieur des Alpes, par-dessus les nappes supérieures („Tirolides“) des „Austrides“.

Le mouvement d'élévement de la chaîne alpine qui atteint pendant cette phase son maximum de complication structurale, se continue avec de petites intermitences pendant tout le Pliocène, ayant une nouvelle recrudescence paroxyismique au commencement du Quaternaire, recrudescence mise très bien en évidence, tant par la glaciation, que par les nombreuses terrasses qu'accompagnent les flancs des cours d'eaux actuels et laquelle se continue encore de nos jours.

De ce court exposé il en ressort que la structure des Alpes est dans ces grandes lignes aussi grandiose que compliquée dans ses détails. Et cette structure est uniquement due (ARGAND<sup>4</sup>, STAUB<sup>6</sup>), au mouvement de translation vers le Nord du Continent African, lequel, en gigantesque „traineau écraseur“, refoule, pince et écrase sous son énorme poid toutes les formations du Géosynclinal Alpin. À mesure que les différents faciès (dinarique, ostalpin, pennin et helvétique) sont atteints par le mouvement, ces formations sont transformées successivement dans de gigantesques piles de paquets de plis-nappes, chevauchant les unes sur les autres vers les Nord, les piles les plus supérieures, en même temps les plus anciennes, — ostalpines —, couvrant complètement les plus inférieures, — pennines —, ces dernières couvrant celles „helvétiques“ et, enfin, l'entier bati des Alpes étant déversé par-

dessus le Continent Européen et écrasé entre la bordure méridionale effondrée de ce dernier et entre celle septentrionale du Continent Africain, comme entre les mâchoires d'un gigantesque étau (Pl. I.).

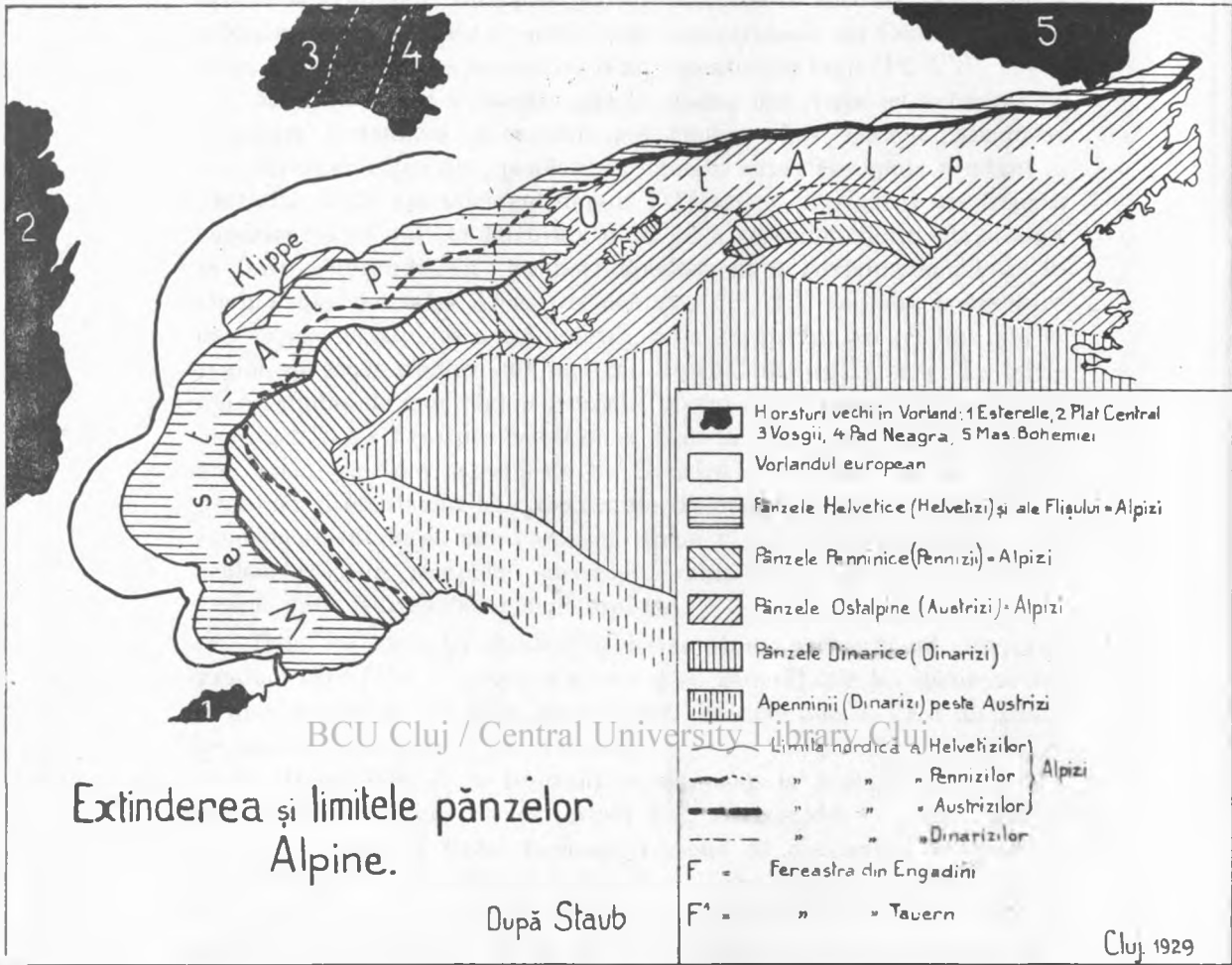
Mais au fur et à mesure que la chaîne des Alpes en achevant sa structure tectonique exondait ses cimes, elles étaient attaquées par l'érosion, ainsi que, pendant le Crétacé supérieur, puis pendant le Tertiaire, mais spécialement depuis l'Oligocène, plusieurs des nappes supérieures en ont été détruites. C'est dû à l'érosion continentale, dont la force s'agrandissait proportionnellement à l'exhaussement de la chaîne, que dans les Alpes Occidentales (Pl. I.), l'entière couverture des nappes ostalpines a été enlevée, n'en subsistant aujourd'hui que la région de leurs racines sur la ligne Sesia-Canavese-Ivrea et les quelques témoins de leur région frontale, gisant en „klippes exotiques“ sur le Flysch et les Prealpes helvétiques, dans la région des „Helvétides“ et que, au niveau des massifs du St. Gothard et de l'Aar, où les nappes pennines présentaient leur maximum d'élévation, elles ont été si profondément entamées par l'érosion, qu'on y peu voir aujourd'hui non seulement leur complète succession, mais aussi leur complication jusque dans leur soubassement profond.

Dans les Alpes Orientales, la chaîne alpine accusant un ennoyage graduel vers l'Est, l'érosion n'a enlevé en général que les éléments des nappes ostalpines les plus supérieures, de sorte que, à l'Est du Rhin, les nappes pennines — les „Pennides“ — et en partie celles helvétiques — les „Helvétides“ —, se trouvent cachées sous la puissante couverture de nappes ostalpines — les „Austrides“ (Grisonides“ et „Tirolides“). Et c'est seulement dans quelques régions de maximum d'élévation, comme dans les „Engadins“ et dans les „Hohe Tauern“, où l'érosion en enlevant l'entière couverture des nappes ostalpines, que nous avons la possibilité de voir dans ces „Fenêtres“ tectoniques, en dessous de „Austrides“, la continuation vers l'Est des „Pennides“, en nous procurant en même temps aussi la plus puissante base scientifique à la conception en gigantesques nappes de charriage, de la structure des chaînes alpines, des „Alpides“ (voir le tableau synoptique pag. 10).

## B. LES LIGNES STRUCTURALES GÉNÉRALES DES CARPATHES.

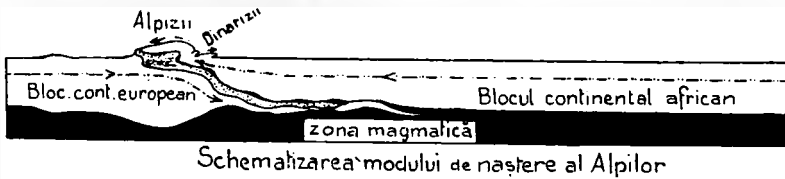
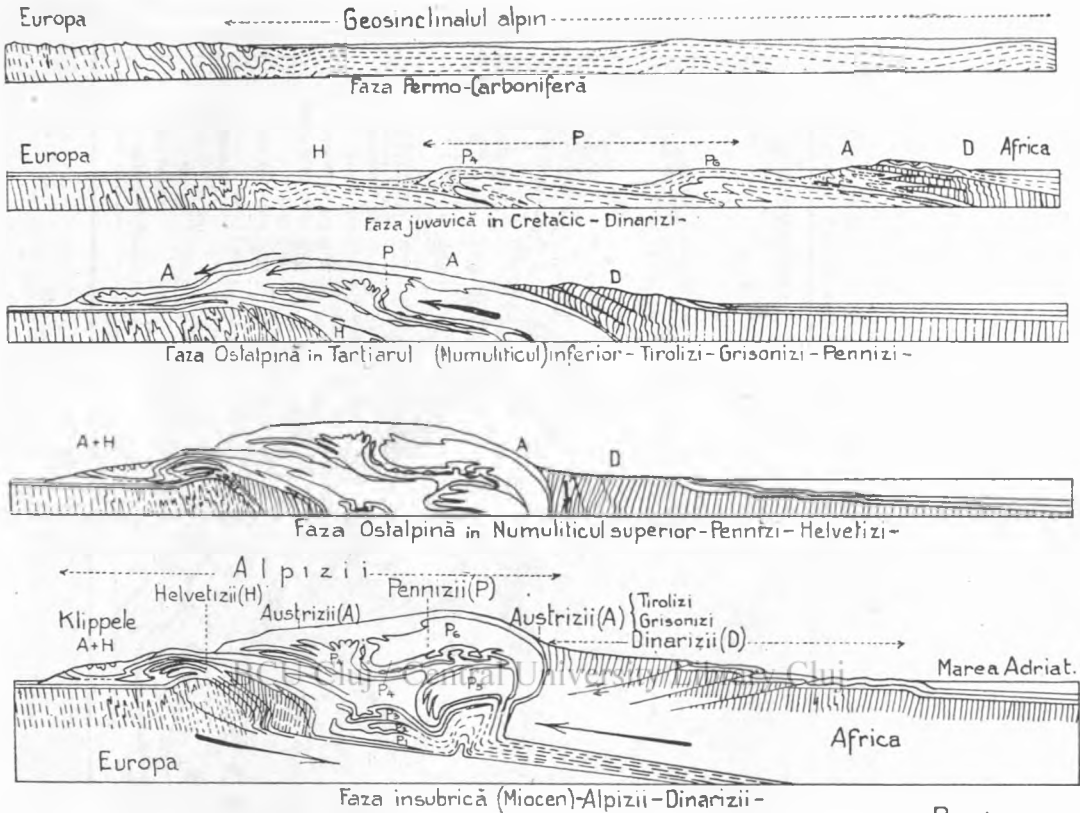
Dans le prolongement des Alpes, depuis Vienne à l'Est, se trouve la chaîne des Carpathes. Leur continuité directe y est interrompue par la dépression miocénique du Bassin de Vienne et c'est seulement par la chaîne des „Petites Carpathes“, au NE., et celle des M.-tes de

BCU Cluj / Central University Library Cluj



Extension et limites des nappes dans les Alpes (d'après ARGAND).

Legende : Anciens Horsts de l'Avant-Pays (1 = Estérelle, 2 = Plat. Central, 3 = Vosges, 4 = Forêt Noire, 5 = Mas. de-Bohème); Avant Pays européen; Nappes Helvetiques (Helvetides). N. Pennines (Pennides); N. Ostalpines (Austrides); N. Dinariques (Dinarides); Apennines (Dinarides) sur Austrides; Limites septentrionales des: Helvetides, Pennides, Austrides et Dinarides; F = Fenêtre des Engadins; F' = Fenêtre des Tauern.



Schematizarea modului de naștere al Alpilor

Fazele structurale ale Alpilor după Argand.

Pennizi

- P<sub>6</sub> Pânza Dent Blanche
- P<sub>5</sub> " Mont Rose
- P<sub>4</sub> " Grd. St Bernard
- P<sub>3</sub> " Monte Leone
- P<sub>2</sub> " Lebedun
- P<sub>1</sub> " Antigorio

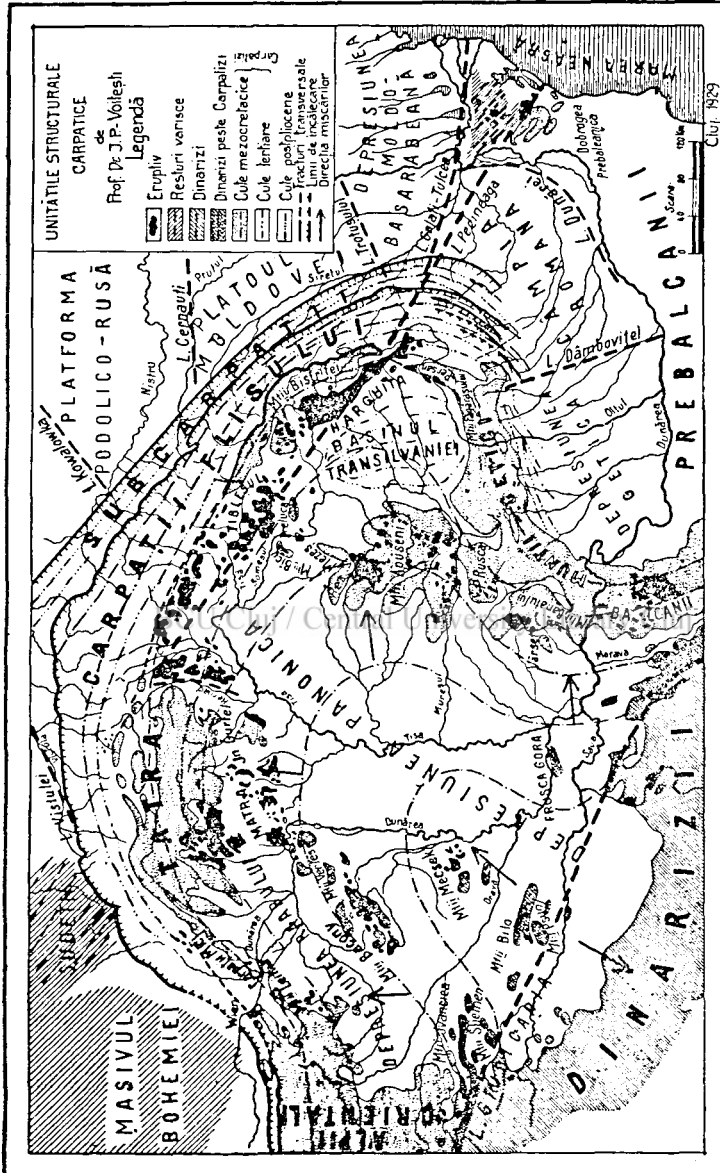
Simplon  
&  
Tessin

Cluj 1929.

Phases structurales des Alpes (d'après ARGAND) : Phase Permo-Carbonifère; Ph. juvavique crétacée; Ph. ostalpine nummulitique inférieure; Ph. ostalpine oligocène; Ph. insubrique miocène; Schéma de la naissance des Alpes.

BCU Cluj / Central University Library Cluj

„Leitha“, au SW. du Danube, qu'est réalisée une continuation directe, entre la zone centrale des „Alpes du Mur“ et les Carpathes. La Dépression de Vienne n'est d'ailleurs qu'un dernier retentissement vers le NW.



du grand effondrement de la région centrale des Carpathes dont il est sorti la Dépression Pannonienne, tout aussi comme vers l'Est de celle-ci l'est le Bassin de la Transylvanie (Fig. 1).

Tableau synoptique des Nappes des Alpes et des Carpathes

Avant-Pays		Alpes-Occident.	Ligne d. Rhin	Alpes-Orient.	Carpathes					
		Molasse	Molasse	Molasse	Méditerranéen des Subcarpathes					
<b>ALPIDES</b>	<b>Helvétides</b>	Nappe helvétiques	Infer.	N. de Morcles	Mas. de l'Aar	Glarner-D. Mürtschen-D.		N. Subbeskides	N. Marginale	
				N. des Diablerettes						
			Moyen.	N. du Wildhorn						Axen-D.
		Supérieures	N. de Plaine-Morte	St. Gotthard	Drusberg-D.		N. Beskides	N. de Fusaru (-Tarcau)		
			N. de Mt Bovin		Sântis-D.					
			N. de Laubhorn		Wildflysch-D.					
	<b>Pennides</b>	Nappes pennines	Inférieures	N. d'Antigorio	N. du Simplon	N. du Tessin	Molare-D.	Ahorn-Ankogel-D. (Centralgneiss u. Schieferhülle)	N. des Portes de Fer-Albești	
				N. de Lebendun			Simano-D.			
				N. de M <sup>te</sup> Leone						
		Supérieures	Moyen.	N. du Gd. St Bernhard	Adula-D.	Tuxer-Hochalm-D.	N. de Șușitza-Paring.			
				N. de M <sup>t</sup> Rose	Suretta-Tambo-D	Sonnblick-Modereck-D.	N. de Cerna-Rătezat			
				N. de la Dent Blanche	Schamser-D. Margna-D.	Schladmiger-Radstätter-D.	N. Hoch-tatrique N. Gétique			
	<b>Anstrides</b>	Nappes ostalpines	Inférieures	Zones de Racines	Sesia	Klippen-D.	Sella-Err-D.	Klippen-D.	N. Sub-tatrique N. de Lunz	N. Bucovini-que-du Congl. des Bucgi
					Canavese		Brekzien-D.			
		Supérieures		Klappes des Préalpes	Simmen-D.	Grisonnides	Silvretta-D.	Ötscher-D. Hallstätter-D.	N. Trans-sylvaine	
						Tirolides				
	<b>Dinarides</b>									
	Arrière-Pays	Plaine Lombarde	Plaine Venitienne	Sudetes Platf. Russo-Podolique, Dobrogea Platf. Prébalkanique						

N = Nappe = D = Decke



D'après KOBER et VETTERS, les „Petites Carpathes“ représentent, au point de vue structural, le prolongement oriental de la région ostalpine inférieure de Semmering. Leur fondement est constitué par une série stratigraphique formée par le Cristallin ancien avec beaucoup de Granite, par des Quarzites permienes, par des traces de Triasique et par des Calcaires jurassiques (avec des schistes piritieux) à *Belemnites*, série laquelle, depuis Semmering, peut être suivie constamment par les Petites Carpathes jusque dans les M-ts de Tatra des Carpathes du NW., où elle leur forme le fondement visible et où elle constitue l'unité tectonique dénommée par UHLIG (9) „Hochtatrische Decke“. Cette nappe gît en profondeur, d'après KOBER, sur les „Nappes lepontines“, les équivalentes des nappes pennines des Alpes. Tant dans les Petites Carpathes, que dans la Tatra la „Nappe Hochtatrique“ est chevauchée par un paquet de formations du faciès „subtatrique“, constituées par des quarzites, calcaires et schistes bariolés triasiques et par le Jurassique ostalpin à calcaires de „Hierlaz“, „Fleckenmergel“ et calcaires siliceux à *Aptychus*, et qui constituent une unité tectonique supérieure, appelée „Subtatriische Decke“. Les racines de cette dernière nappe se trouveraient au Sud de Tatra complètement laminées par écrasement le long de la „linge tectonique de Gran“, par un nouveau paquet tectonique de couches de faciès ostalpin typique, apparaissant dans la zone de „Innere Gürtel“ (Pl. II, coupe a) et formé par du Cristallin, Paléozoïque et Mésozoïque, la région frontale du quel aurait procuré aussi la ligné de klippes „Pienines“.\*)

Le chevauchement de ces unités tectoniques est au moins anté-éocène, car l'Éocène les couvre transgressivement et est peu où point disloqué. Dans les Petites Carpathes sur la nappe subtatrique-chevauche, d'après KOBER, la nappe de „Lunz“ — „Lunzer-Decke“ —, typiquement individualisée sur la bordure de NE. des Alpes Orientales, constituée par le Triasique: les „Couches de Werfen“ avec des Melaphyres, le Muschelkalk, le Grès typique de Lunz et les Dolomies, couvert transgressivement par l'Éocène. Immédiatement à l'extérieur de cette zone, suivent les lignées des „klippes internes“ des Carpathes: „piénines“ et „subpiénines“.

(9) UHLIG V. Bau und Bild der Karpathen. Wien, 1903.

„ — Die Tectonique der Karpathen. Wien, 1907.

(\*) Il ne faut pas confondre les „Pennines“ des Alpes Occidentales, avec les „Pienines“ de la bordure extérieure des Carpathes du Nord.

Nous voyons ainsi que, aussi bien la Tatra que les Petites Carpathes ont des liaisons structurales et une continuité presque directe avec les Alpes, tandis que depuis Tatra vers l'Est, jusque dans les Carpathes du Maramureș, toutes ces unités tectoniques, de Cristallin et de Mésozoïque ancien, s'enfoncent et disparaissent sous la puissante couverture de Flysch crétacé-paléogène, leur continuité y étant à peine marquée par une ligné de quelques „klippes“ de roches mésozoïques, égrénées dans le prolongement des „klippes pienines“ des Carpathes du NW., jusque dans les Carpathes Orientales de la Bucovine. Dû à cet ennoyage axial des Carpathes du N., il est très difficile d'établir une comparaison plus serrées entre la structure des Alpes et celle des Carpathes roumaines.

Mais dans les Carpathes Orientales, en commençant un peu au Nord des Sources de la Tissa (Theiss) et vers le Sud jusque tout près du village de Pauleni, au Nord de la ville de „Miercurea Ciucului“, le Cristallin et le Mésozoïque ancien apparaissent de nouveau en un puissant faisceau, avec maximum d'élargissement au niveau des M-ts. de Rodna et avec les extrémités effilées vers le N. et vers le S. sous la couverture de Flysch.

D'après les dernières recherches de I. ATANASIU et G. MACOVEI<sup>(10)</sup>, dans les Carpathes Orientales on peut distinguer au point de vue du métamorphisme deux séries de schistes cristallins.

Une première série est phyllithique, moins métamorphisée, formée par: des phyllithes graphiteuses, des schistes sericiteux, chloriteux et amphiboliques, avec de bandes peu développées de gneiss, blancs et rougeâtres, en général écrasés.

Dans la série des phyllithes qui constituent presque entièrement le Cristallin des Carpathes Orientales, on trouve assez souvent pincés dans des synclinaux des calcaires cristallins et des quartzites noires. Cette série est identique, d'après ce que nous avons vu dans les M-ts de Rodna, à celle qui constitue le Cristallin de la moitié orientale des „M-ts. Apuseni“ - les „M-ts. de Gilău“ - et nous n'ésitons pas de les considérer comme appartenant à la même unité tectonique structurale de la Transylvanie.

D'ailleurs vers le NE., le Cristallin des M-ts. Apuseni, par la lame de Cristallin des „M-ts de Zălau (Mezes)“ et en leur prolongement dans le soubassement de l'anticlinal des M-ts. du Lăpuș, par les

---

<sup>(10)</sup> „Guide“ du Congrès de l'Asoc. pour l'avancement de la géologie des Carpathes, II-e Sess., București, 1927.

lambeaux de Benedec et de „Preluca“, se lie presque directement à celui des Carpathes Orientales, au niveau de l'éperon qu'avancent vers l'W, les „M-ts de Rodna“.

Une différence entre les deux régions à phyllithes serait marquée par la présence des lames de gneiss „oilletés“ („Augen-Gneiss“) du type de celui des M-ts. Perşani et des M-ts. de Făgăraş dans les Carpathes Orientales, présence laquelle, d'après REINHARD, serait due aux phénomènes de charriage.

Une seconde série cristalline que ATANASIU y sépare, mieux distincte dans la région de Tulgheş, est constituée par: des roches instrussives granitiques (granite et diorite), des micaschistes à grenats et des amphibolites. Cette série, fortement métamorphisée, est faiblement représentée dans le Cristallin de la région de Tulgheş et leur apparition se réduit à quelques lambeaux qui, avec ceux de Mésozoïque qu'ils supportent, constituent les crêtes et les sommets dominants de la région, échelonnés NNW.-SSE. D'après nos connaissances cette série est largement représentée dans la région de Ineu, dans les M-ts. de Rodna.

En ce que concerne les rapports entre ces deux séries de Cristallin, ATANASIU (et avec lui MACOVEI, admettent que la série à métamorphisme plus avancé formerait le soubassement profond de la série phyllithique, de dessous laquelle elle apparaîtrait dans des petites voûtes brachy-anticlinales, dont les flancs, brisés, seraient déverés par-dessus les phyllithes, tant vers l'West que vers l'Est.

Étudiant la carte et les coupes géologiques que ATANASIU (op. cit. 10, carte 12), a publiées récemment sur la région de Tulgheş, on s'apreçoit que l'explication donnée par lui à ces rapports ne résiste pas à la critique et leurs rapports peuvent être mieux expliqués ayant en vue la tectonique en nappes de la région.

Deux faits importants et de haute valeur tectonique pour la région ressortent de l'étude de la carte de ATANASIU:

1. Les schistes cristallins de la série à métamorphisme plus avancé apparaissent toujours en lambeaux synclinaux, orientés NNW.-SSE., formant les hautes crêtes ou les hauts sommets de la région et ils supportent toujours des cuvettes synclinales de Mésozoïque. Ces lambeaux synclinaux de Cristallin-Mésozoïque gisent directement sur la série des phyllithes, lesquelles les contournent en les moulant de tous les cotés, même dans le lit des vallées le plus profondement creusées (Putna, Bistricioara). Si la série des schistes à métamorphisme plus avancé formait le soubassement de la série des

phyllithes, comme le croit ATANASIU, cela devrait être visible dans le lit de ces vallées, où leurs affleurements devraient s'élargir de beaucoup en profondeur et même s'unir. Le lit de ces vallées n'est formé jamais que par la série des phyllithes, qui moulent contournant les extrémités des lambeaux de Cristallin-Mésozoïque de la série plus métamorphisée qui restent toujours cantonnés sur les hauteurs.

2. Tout aussi importante est la constatation que les apparitions de Mésozoïque (Triasique, Liasique et Dogger-Malm-Néocomien) sont exclusivement liées aux lambeaux synclinaux de cette série cristalline et très rarement, par des glissements dans la direction de la pente

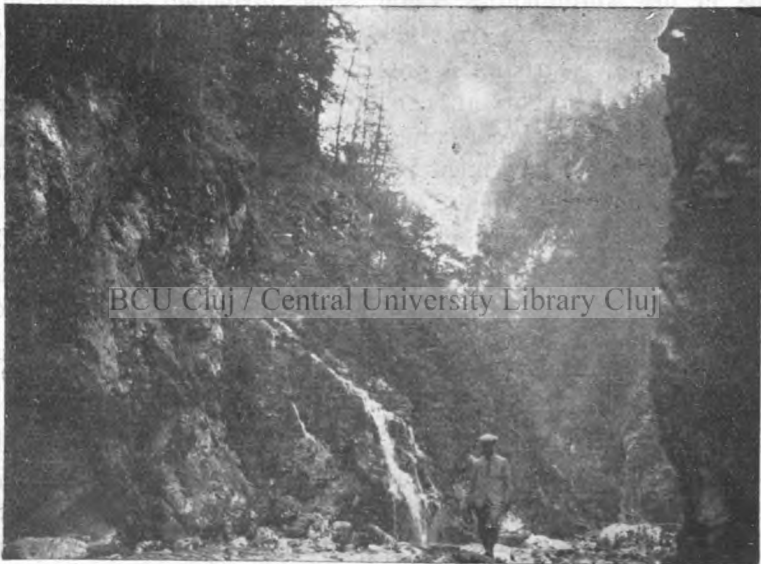


FIG. 2. — Les „Cluses du „Bicaz”, entaillées dans la couverture de calcaires mésozoïques de la Nappe Transylvaine.

de la montagne vers l'Est, elles arrivent en contact aussi avec la série des phyllithes.

D'après nous ces rapports ne peuvent avoir qu'une seule explication, celle tectonique, par la structure en nappes du Cristallin des Carpathes Orientales, c. a. d. les lambeaux synclinaux de Cristallin-Mésozoïque représentent les restes d'érosion d'une grande nappe chairée par-dessus la série des phyllithes. Car, excepté la région de Ineu où il n'y a que le Cristallin par-dessus les phyllithes, ces lambeaux de recouvrement apparaissent constitués de la même manière

par: le Cristallin ancien, le Permien?, le Triasique du facies de Hallstadt, le Liasique marin du facies d'Adneth, le Dogger et le Malm du type ostalpin, le tout portant le cachet caractéristique des nappes ostalpines supérieures. De cette manière on trouve constitués ces lambeaux dans les Carpathes Orientales, de même sur le versant septentrional des M-ts Perşani et de même dans la moitié occidentale des M-ts Apuseni, à l'West du massif granitique des M-ts de Gilău, dans les M-ts de „Bihor“, de „Codru Muma“ et de „Pădurea Craiului“.

Le chevauchement de cette nappe ostalpine à eu lieu dans le

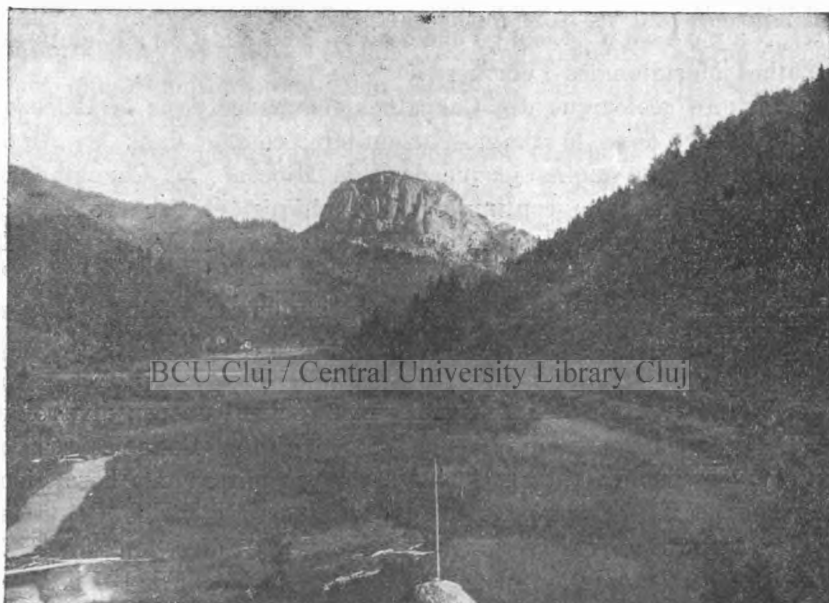


FIG. 3. — Le „Lac du Bandit“ — lac de barrage en amont des Cluses du Bicz.

Crétacé moyen, en passant de l'West à l'Est, par-dessus le massif granitique des M-ts de Gilău et son manteau des schistes phylliteux, jusque dans les Carpathes Orientales. À ce temps là n'existaient pas encore ni la Grande Dépression Panonique, ni celle du Bassin de la Transylvanie.

C'est ce phénomène tectonique que constitue le premier acte de naissance des Carpathes roumaines.

Cette nappe — la „Nappe Transylvainne“ („Siebenbürgische Decke“) —, comme l'a appelée UHLIG<sup>(9)</sup> qui en ce que concerne le Mésozoïque, l'a entrevue pour la première fois en

1907, indiquée par MRAZEC et VOITEȘTI <sup>(11)</sup> et REINHARD <sup>(12)</sup> en 1911 et plus tard, en 1927, par MRAZEC et JEKELIUS (10, planche 3), a été mise en mouvement — d'ailleurs comme l'ont été les Austrides dont elle fait partie intégrante — par la poussée de la puissante masse des Dinarides, qu'elle supporte directement dans la région des M-ts de „Bakony“ et de „Vertes“. Dans les M-ts Apuseni de même que dans les Carpathes Orientales, cette nappe chevauche par-dessus la série du Cristallin phylliteux et son Mésozoïque, série qui constitue avec son Mésozoïque une nappe spéciale appelée, d'après que nous allons voir, la „Nappe Bucovinique“ dans les Carpathes Orientales (UHLIG) et la „Nappe du Conglomerat des Bucegi“ dans les Carpathes Méridionales (VOITEȘTI).

L'histoire géologique des Carpathes commence dans le Paléozoïque supérieur, dans le Permo-Carbonifère, comme dans les Alpes, avec lesquelles, au moins jusque dans le Miocène, les Carpathes se trouvaient en parfaite continuité orographique, et l'achèvement de leur structure tectonique est dû aux mêmes causes de déplacement du Continent Africain, lequel, dans son mouvement de translation \*) vers le Nord, écrase l'entier géosynclinal alpino-carpathin et la bordure du Continent Européen qu'il pince en dessous.

Les marges du Continent Européen qui bordaient les eaux du géosynclinal carpathin pendant le Permien, étaient un peu différentes de celles qui les bordaient dans la région alpine. Dans les régions carpathiques elles étaient aussi ridées par les plissements hercyniens (caledoniens aussi?) et spécialement dans ces régions le Continent Européen était ridé par les rameaux Varisques de direction NW.-SE., qui liaient à ce temps là les Suedetes aux M-ts. du Măcin de la Dborogea septentrionale, dans une puissante chaîne de montagnes, qui suivait de près la bordure de l'ancienne carapace Russo-Podolienne exondée depuis le Paléozoïque inférieur. Avec le Permien cette chaîne s'est

---

(11) MRAZEC L. et VOITEȘTI. — Contrib. à la connaissance des Nappes du Flysch carpathique. An. Inst. Geol. Vol. V. Buc., 1911.

(12) REINHARD M. — Rocle granitice granulare din Carpații de Sud și Est. An. Institut. Geol. Vol. V., 1911.

(\*) L'entier déplacement du Continent Africain, y compris son chevauchement par-dessus la bordure méridionale du Continent Européen et la translation consécutive des deux Continents vers le Nord, est évaluée à approximativement 60° de latitude (WEGENER, op. cit. 8), fait qui a dû provoquer aussi les variations climatiques souffertes depuis par les deux continents.

effondrée graduellement sur la distance qui sépare aujourd'hui les Studetes des M-ts. du Măcin, ainsi que depuis ce temps, le bord du géosynclinal carpathique a été constitué vers le Nord par le Massif de Bohême et par les Sudetes, vers le NE. et l'É par la marge de la Plate-forme Russo-Podolienne et vers le SE. et le Sud par le Horste de la Dobrogea du Nord et par la Plate-forme à fondement caledonien des Prébalkanes. Dans les Carpathes méridionales, de même que dans les régions de plaine du Banat, de l'Olténie et de Muntenie, il y avait encore des noyaux et noeuds de plis varisques, du type du Massif de Bohême, si non pas même des tronçons de montagnes plus reliées encore, dont la direction (E.-W.?) n'est plus reconnaissable aujourd'hui, après l'achèvement des mouvements alpino-carpathiques qui les ont profondément modifiées, mais dont l'existence nous est indubitablement témoignée, tant par la présence du Carbonifère supérieur continental, avec de dépôts de charbons exploitables (Reșița, Baia-Nouă, dans le Banat; Schela, Porceni-Bumbești-Stănești, dans le depart. de Gorjiu), que par la présence des conglomérats permien, qui en gisent transgressivement par-dessus.

L'axe du vieux géosynclinal carpathin coïnciderait de nos jours, dans les Carpathes méridionale, avec la région des „M-ts. de l'Almăș“ et de „Semenic“, d'où se raccordait en s'arquant vers le NE., le N. et le NW. dans la région des M-ts. Apuseni et du Bassin de la Transylvanie, avec l'extrémité orientale du géosynclinal des Alpes. C'est seulement dans ces régions des Carpathes du Banat (Svinitz) et plus à l'Est, dans les Carpathes méridionales (Dâmbovicioara) que les formations du Mésozoïque moyen (Jurassique-Néocomien) se trouvent développées sous un faciès bathial de maximum de profondeur; tandis que de deux cotés de cette zone bathiale du géosynclinal, les faciès du Mésozoïque sont en général néritiques et néritiques-littoraux. Dans les zones géosynclinales des Carpathes du Banat et Méridionales, les variations facielles du Liasique et du Dogger-Malme-Néocomien, nous témoignent que le fond du Géosynclinal était ridé par quelques crêtes anticlinales de Cristallin (avec des granites anciens), qui le partageait en autant de zones différentes de sédimentation. Dans la suite de schistes cristallins qui constituaient leur fond, se trouvaient représentées, plus ou moins métamorphisées, les couches paléozoïques inclusivement le Carbonifère supérieur, leur métamorphisme datant du temps du plissement varisque, quand eut lieu aussi l'intrusion du granite de Șușița, caractéristique au II-e groupe du Cristallin (MRAZEC).

Et c'est seulement dans les zones profondes des synclinaux secondaires qu'on trouve conservée dans le géosynclinal carpathique la suite complète des schistes cristallins: des gneiss (ortogneiss?) et des micaschistes, à la base et dans le voisinage immédiat des massifs granitiques; des micaschistes, des amphibolites et des chloritoschistes, dans les parties moyenne, et des phyllithes avec des schistes argilo-calcaires, des calcaires, des conglomérats et de grès, dont la structure sédimentaire est encore assez bien conservée, dans les parties supérieures de la série. Dans les zones ridées par les anticlinaux secondaires, lesquelles, au moins pendant le Permien, constituaient par leur exondement de vraies crêtes orographiques, entamées ensuite puissamment par l'érosion, le complexe des schistes cristallins n'est plus entièrement conservé, l'érosion les ayant par place enlevés jusque dans leur fondement granitique et c'est à cette cause qu'on doit le fait que les formations Mésozoïques du géosynclinal carpathique gisent quelquefois directement soit sur des micaschistes, soit sur des granites.

L'existence de ces rides anticlinales évidenciée par l'érosion zonaire du complexe des schistes cristallins pendant leur exondation, nous témoigne que dans les Carpathes, de même que dans les Alpes, les mouvements tectoniques se font sentir de très bonne heure, du commencement des temps Mésozoïques. Dans la suite, ces mouvements ne font que s'accroître, causant par cela le déversement consécutif et progressif des eaux du géosynclinal pardessus les zones continentales voisines, jusque vers la fin du Néocène, plus précisément vers la fin de l'Aptien, quand le géosynclinal carpathique est complètement écrasé sous la constante poussée de „traîneau-écraseur“ des „Dinarides“, lesquelles, sous la forme d'un gigantesque éperon, avancent en ce temps là jusque dans le „Bakony“, à l'intérieur de l'arc carpathique, tout près de la bordure occidentale des M-ts. Apuseni. (Fig. 1.).

Quoique, après la guerre mondiale, la majorité des géologues roumains sont hostiles aux idées nouvelles qui admettent l'existence des nappes de chevauchement dans les Carpathes, s'efforçant d'expliquer la complexité des phénomènes tectoniques que leur structure présente, par l'ancien et lourd système des failles, système abandonné depuis longtemps par les géologues alpins justement à cause de son insuffisance, nous n'hésiterons ni cette fois de démêler la structure des Carpathes à la lumière tectonique que nous recevons des



géologues alpins, comme n'a pas hésité Murgoci <sup>(13)</sup> en 1905 et 1910, MRAZEC et nous même <sup>(11)</sup> en 1911, enfin comme n'ont pas hésité les géologues autrichiens, polonais, tchécho-slovaques et yougoslaves <sup>(14)</sup>, qui se sont occupés avec les problèmes de la tectonique de l'arc carpathique.\*)

Dans les régions carpathiques roumaines on peut distinguer deux paroxismes tectoniques principaux:

L'un à la fin du Crétacé inférieur, pendant lequel s'est achevée pour la plus grande part la structure en nappes de la zone cristalline des Carpathes, zone dans laquelle se trouvait aussi à cette époque l'emplacement du géosynclinal des Carpathes, et.

L'autre, à la fin de l'Oligocène, qui se continue jusqu'aujourd'hui, avec des récurrences assez prononcées dans le Miocène et à la fin du Pliocène et pendant les quelles se sont achevés et la structure en nappes-écailles du Flysch crétacé-paléogène, dont le géosynclinal se trouvait situé en suite du paroxisme crétacé à la bordure extérieure du Cristallin et le plissement des formations miocènes des Subcarpathes et des bassins internes.

#### LA STRUCTURE DU CRISTALLIN DES CARPATHES — LES NAPPES MÉSOCRÉTACÉES

La structure du Cristallin des régions carpathiques, y compris le Mésozoïque ancien qu'il supportait, était pour la plus grande part achevée, pendant le premier paroxisme de la fin du Crétacé inférieur, quand ses plis entassés en nappes vers l'extérieur, constituaient déjà une chaîne de montagnes assez reliée, „La Chine Da-

(13) MURGOCI G. M. — Sur l'existence d'une grande nappe de recouvrement dans les Carpathes merid. C. R. Ac. Sc. Paris, 1905.

— Synthesis of. South. Carpathians. C. R. du XI-e Congr. Géol. Intern. Stockholm, 1910.

(14) RADOVANOVICI Sv. — Beiträge zur Gebirgstektonik des nordöstlichen Serbien; publié par GEZA v. BENE dans Földt. Közl. Vol. XLVI, Budapest, 1916.

(\*) En 1918, avec M. le Prof. PETCOVICI de Belgrad et nos collaborateurs nous avons entrepris la revision tectonique de la région de raccordage des Carpathes avec le Balkan, au niveau du Défilé du Danube, entre Bazias et les Ports de Fer. Les travaux de détail sont en cours d'exécution — plus avancés sur le teritoir yougoslave — et nous espérons arriver à des résultats assez satisfaisants. En tout cas il parrait que la tectonique y est plus compliquée que RADOVANOVICI et MURGOCI la considéraient.

cienne“ comme nous l'avons dénommée, par rapport à son grande extension dans l'ancienne „Dacie“.

Ces nappes, que nous allons passer brièvement en revue dans ce qui suit, se sont empilées, comme nous l'avons dit du commencement, sous l'empire de la poussée énorme et constamment soutenue, exercée sur le géosynclinal des Carpathes par l'avancement graduel, en éperon, des „Dinarides“, vers l'Est, dans la région des M-ts. de „Bakony“ et de „Vertes“ et jusque près de la bordure occidentale des M-ts. Apuseni \*)..

1. La Nappe Transylvaine (UHLIG \*\*). La première pile de formations mise en mouvement jusque dans son fondement de Cristallin, sous la poussée des „Dinarides“, est la „nappe transylvaine“. Son mouvement de translation est de l'West vers l'Est (ses racines se trouvent dans la région occupée actuellement par la Depression Pannonique) et en passant par-dessus l'ancien noyau varisque (?) des M-ts. Apuseni et par-dessus la région occupée actuellement par la depression du Bassin de la Transylvanie, cette nappe avance sa région frontale jusque dans les Carpathes Orientales dans l'Est et jusque dans les M-ts. Perşani dans le Sud (Pl. II.). Dans sa composition entrent: le Cristallin (Granite, Diorite, Micaschistes à Grenats, Schistes à Biotite, Amphibolites); le Paléozoïque (Permien), et le Mésozoïque ancien (Triasique dans le faciès de Hallstadt, dans le flanc inverse et dans le faciès de Dachstein, dans le flanc direct; le Liásique-

(\*) D'après KOBER (<sup>5</sup>), tout système de montagne qui prend naissance par le plissement d'une région géosynclinale, est constitué par deux chaînes jumelles, chacune épousant de près le contour et ayant ses plis déversés et surplissés par-dessus la bord continental voisin. Dans le cas du géosynclinal alpin, les Alpes (avec les Cordillères bethyques et les Pyrénées), les Carpathes, le Balkan et le Caucase, constitueraient le rameau du bord européen: les Dinarides, constitueraient le rameau du bord africain. Entre ces deux rameaux il y a une région moyenne — „Zwischengebirge“ — qui les sépare et qui peut être complètement écrasée entre les deux chaînes jumelles, comme c'est le cas entre les Alpes et les Dinarides, dans les Alpes, mais qui peut prendre des grandes extensions, comme entre les Carpathes du Nord et les Dinarides. Dans ce cas la Depression Pannonique avec les Mts. de Bakony, Vertes, etc., appartient au „Zwischengebirge“..

(\*\*) Cette dénomination a été donnée par UHLIG (op. cit. 9) en l'entrevo-  
yant en 1907 pour la première fois. D'ailleurs, dans la nomenclature des nappes nous suivrons celle adoptée par MRAZEC et nous en 1911. (op. cit. 11).

dans le faciès d'Adneth et le Dogger, Malme, Néocomien, dans le faciès postalpin, et des lambeaux synclinaux de conglomérats aptiens, du type de Gosau sur le flanc directe).

Comme nous l'avons déjà dit au commencement, cette nappe est mieux conservée dans la partie occidentale des M-ts. Apuseni (Bihor, Codru-Muma, Pădurea Craiului), tandis que dans les M-ts. Perșani elle est représentée seulement sur son versant tourné vers de Bassin Transylvain. Dans les Carpathes Orientales elle n'est conservée que sous forme de lambeaux synclinaux de recouvrement,

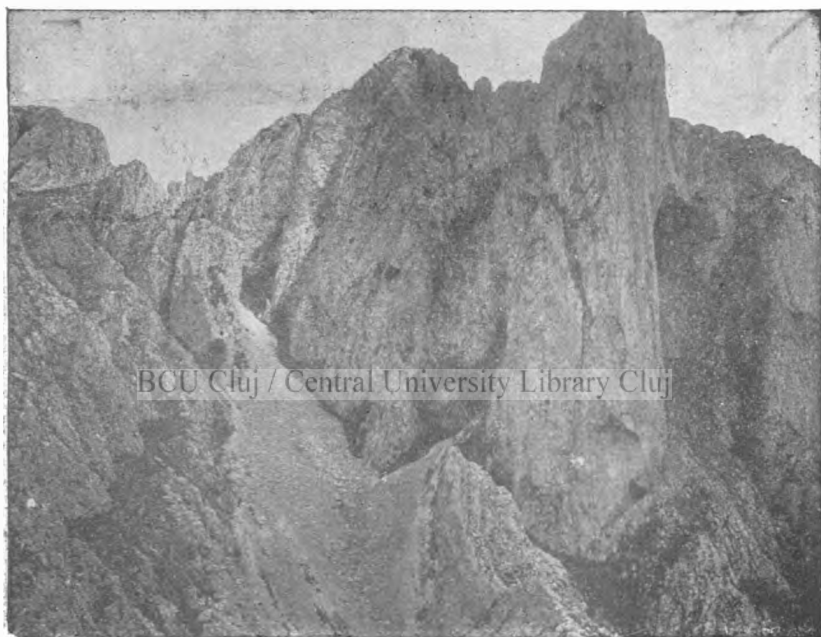


FIG. 4. — Les „Daco-Granites“ (Dacites) de „Valea Drăganului“, dans la „Vlădeasa“, Mts Apuseni.

épargnés par l'érosion par dessus le groupe phylliteux, comme dans la région de Tulgheș, dans le Sud et la région du sommet de Ineu dans le Nord, pour ne citer que les plus grands.

C'est du Mésozoïque de la nappe transylvaine, glissé en avant dans sa région frontale, de même que du Mésozoïque de la nappe sous-jacente refoulé en avant par sa bordure frontale, qu'ont pris naissance les „klippes“ qui suivent de près la bordure frontale du Cristallin de Carpathes Orientales et qui sont nettement individualisées

seulement depuis la Bucovine vers le N.-West, jusque dans la région piénine des Carpathes du Nord. C'est toujours de la bordure frontale de cette nappe que proviennent aussi, soit dus à l'érosion, soit sous forme de moraine tectonique frontale, les grands „bloes exotiques“ (de type ostalpin) de roches cristallines et Mésozoïques, si répandues dans les conglomérats aptiens des Bucegi, de Braşov, des sources de la Prahova, Doftéana et Teleajen, de Țigăile, Bratocea, Ciucaş, Băkot, Ceahlăul, et., de même que (plus tard et dû à l'érosion) ceux du Bassin de la Transylvanie. \*)

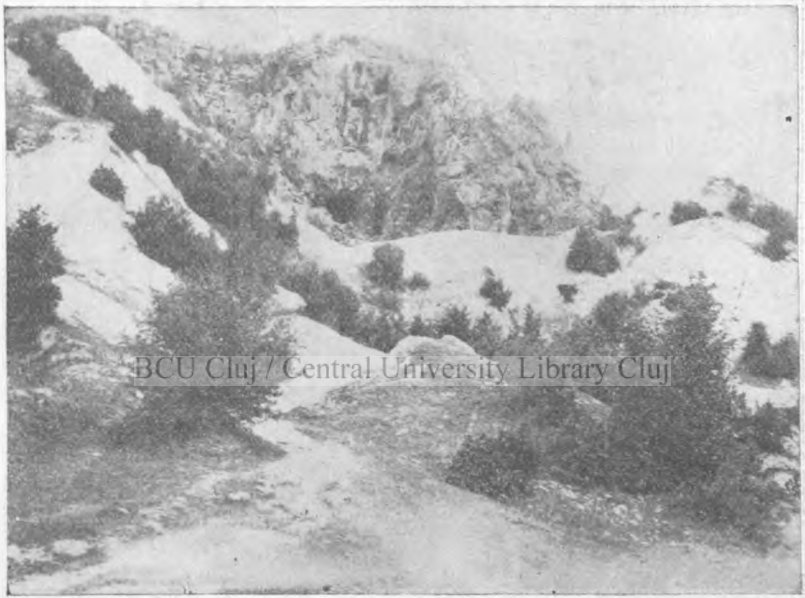


FIG. 5. — „Cetatea“, ancien volcan rhyolithique, près „Roşia Montană“, M<sup>ts</sup> Apuseni : au milieu le „culot“ du volcan (avec les exploitations aurifères romaines), entouré de son manteau de cendres (en blanc).

Dans son ensemble, la nappe transylvaine représente dans les Carpathes l'équivalent des nappes ostalpines les plus supérieures — la „nappe de Hallstadt“ — et sa mise en place a été accompagnée par

(\*) KOBER et KRAÜTNER, d'ailleurs aussi comme UHLIG, en forment une nappe spéciale, à laquelle ils rattachent seulement le Mésozoïque (Triasique) du type de Hallstadt des Klippes de la Bucovine. Nous les considérons comme provenant par rabotage du flanc inverse de cette nappe - le flanc directe de la nappe immédiatement inférieure - la nappe bucovinique.

de puissantes intrusions de magmes basiques: diabases, porphyrites et porphyres, et plus trad, dans le Tertiaire: dacites, rhyolithes et andesites. (Fig. 4, 5, 6, 7).

2. La Nappe Bucovinique (UHLIG) — Nappe du Conglomérat des Bucegi (VOITEȘTI). — En dessous et sous l'influence de l'énorme masse de la nappe transyilvaine, une seconde nappe de Cristallin-Mésozoïque prend naissance — c'est „la Nappe



Fig. 6. — „Cetatea“ (voir Fig. 5) vue de plus près avec les galeries d'exploitations aurifères romaines.

Bucovinique“ — du Conglomérat „des Bucegi“ —, caractérisée aussi par le faciès phylliteux, moins métamorphisé de son Cristallin, que par le Mésozoïque qui le couvrait et qui était développé sous le faciès de Hallstadt typique ostalpin. Le Cristallin de cette nappe est du type phylliteux, avec très peu de gneiss, de micaschistes et d'amphibolites, développés seulement autour du mas-

sif granitique des M-ts. du Gilău et dans les zones d'injections puissantes de quartz pegmatitique. Il est constitué pour la plus grande part, par: des phyllithes graphiteuses avec des pincements synclinaux de calcaires marmoréens, plus ou moins cristallinsés (jurassiques?); des grès quartzeux (liasiques?) et même des conglomérats; par des schistes chloriteux, sericiteux et micacés, le tout traversé par d'innombrables filons, veines et veinules de quartz et par des injections quelquefois (région de racine) très puissantes de roches basiques (diabases, porphyrites et porphyres). Son Mésozoïque, assez bien développé dans la région de racine sur la bordure orientale et de SE. des M-ts. Apuseni (Turda-Crête de Bedeleul. Fig. 8, 9.), est constitué par



FIG. 7. — „Șteamp“-Moulin paysan à eau pour l'extraction de l'or, à Roșia Montana, M<sup>ts</sup> Apuseni (A gauche les paysans propriétaires).

de très peu de Trias du type de Hallstadt (KOBEL), par de grès et conglomérats quartzeux liasiques (?), par de calcaires récifaux, titoniques, couverts par de marnes grises ou rouges-violacées à *Aptychus* (néocomiennes?) et par de conglomérats, marnes, calcaires et grès aptiens. Dans sa partie frontale, le Mésozoïque est représenté, dans les Carpathes Méridionales, par les calcaires jurassiques-néocomiens de Piatra Craiului-Bucegi (exclusivement? ceux des Dépressions de Rucăr-Dâmbovicioara-Brașov) et par la plus grande part des „klippes“ de Triasique ou de Jurassique-néocomien, isolées ou enlitées dans le Flysch ou dans la série du „Conglomérat des Bucegi“, qui

BCU Cluj / Central University Library Cluj

**SCHIȚA TECTONICĂ**

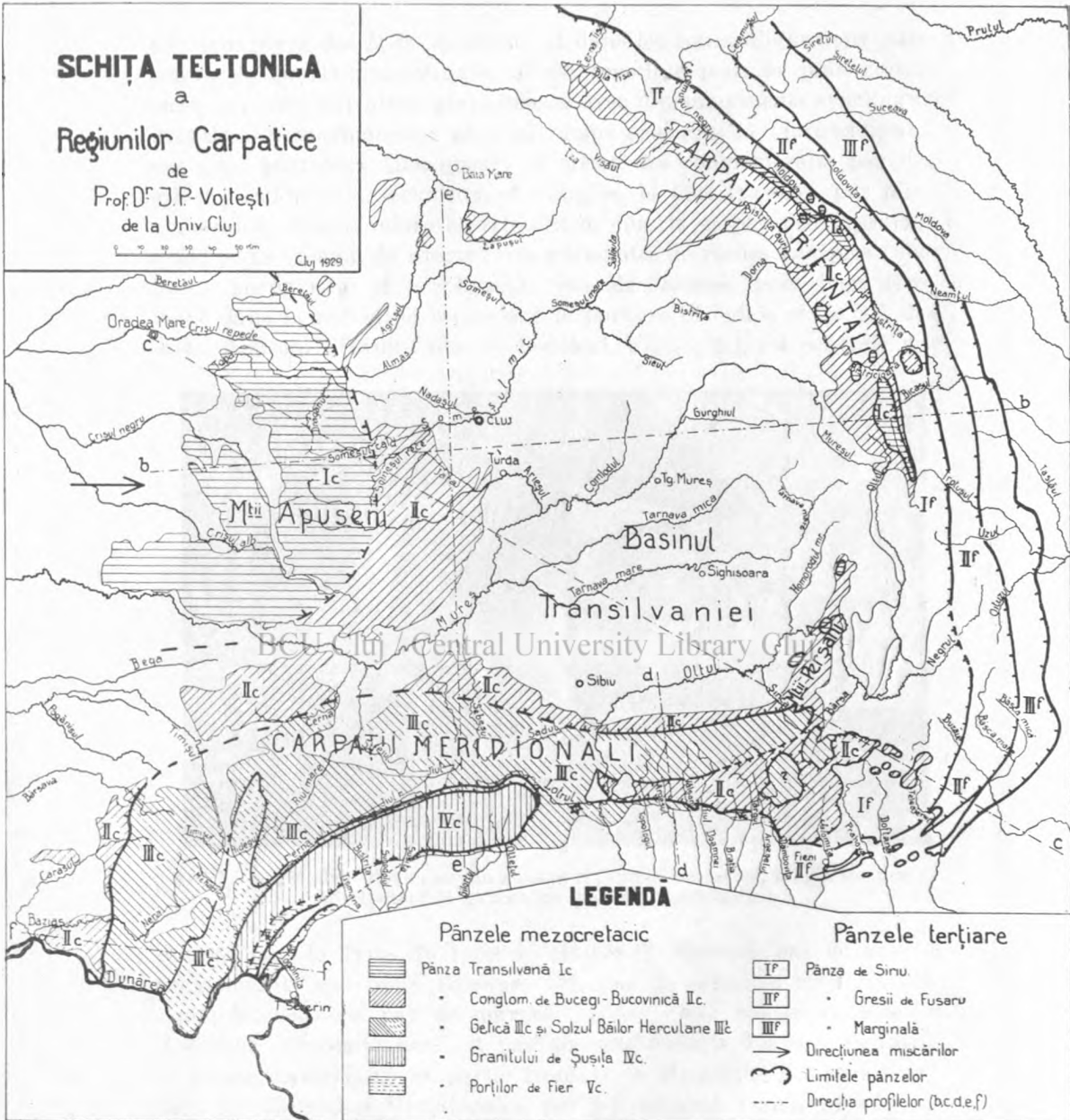
a

**Regiunilor Carpatice**

de

Prof. Dr. J. P. Voitești  
de la Univ. Cluj

Cluj 1929



**LEGENDĂ**

**Pânzele mezocretacic**

- Pânza Transilvană Ic
- Conglom. de Bucegi-Bucovinică IIc.
- Getică IIIc și Solzul Băilor Herculane IIIc
- Granitul de Șușița IVc.
- Porților de Fier Vc.

**Pânzele terțiare**

- If Pânza de Siriu.
- IIIf • Gresii de Fusaru
- IIIIf • Marginală

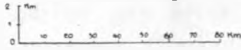
- Direcțiunea mișcărilor
- ~~~~~ Limitele pânzelor
- - - - Direcția profilurilor (bc,de,f)

Esquisse tectonique des régions carpatiques. Nappes mesocrétaées : Ic = Nappe Transylvaine ; IIc = Nappe Bucovinique — des Conglom. des Bucegi ; IIIc = Nappe Gétique ; IIIc = Nappe de Baile Herculane-Rătezat ; IVc = Nappe du Granite de Șușița ; Vc = Nappe des Portes de Fer. Nappes tertiaires ; If = Nappe du Grès de Siriu ; IIIf = Nappe du Grès de Fusaru (Tarcu) ; IIIIf = Nappe marginale ; b, c, d, e, f = directions des coupes de la Planche II-b.



# STRUCTURA CARPAȚILOR

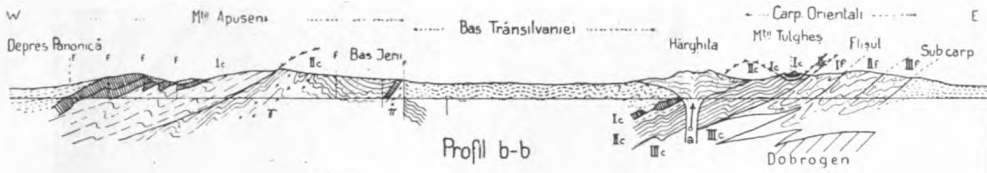
in  
**Profile Schematice**  
 de  
 Prof. Dr. J. P. Voitesli  
 de la Univ. Cluj.



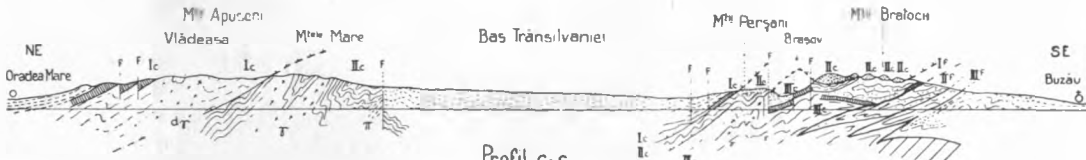
Cluj 1929



Profil a, in Tatra dupa Uhlig și Kober



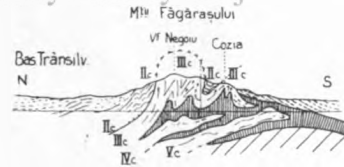
Profil b-b



Profil c-c

## LEGENDĂ BCU Cluj / Central University Library Cluj

- Tertiari nou
- Gosau = Aptian (Carpatii)
- Flysch cretacic-paleogen
- Paleozoic - Mezozoic pânzilor cristaline
- Cristalinul pânzilor mezocretace
- Eruptiv {
  - $\gamma$  - granite
  - $\delta$  - dacogranite
  - $\pi$  - porfirite
  - $\alpha$  - andezite
- Suprafața de încălzire



Profil d-d



### Pânze mezocretace

- Ic - Pânza Transilvaniană
- IIc - Conglom. de Bucegi - Bucovinică
- IIIc - Getică și Solzul Băilor Mercurulane (IIIc)
- IVc - Granitul de Susita
- Vc - Porților de fier

### Pânze terțiare

- I' Pânza de Siriu
- II' Gresi de Fusaru (Tarcău)
- III' Marginală



Profil f-f

Esquisse structurale des régions carpathiques. (Legende des nappes à la Pl. II-a). Legende stratigraphique: Néogène; Gosau et Aptien (Carpathes); Flysch crét.-paléogène; Paléozoïque-Mésozoïque des nappes méso-crétacées; Cristallin des nappes méso-crét.; Eruptif:  $\gamma$  = granites,  $\delta$  = Dacogranites,  $\pi$  = Porphyrites,  $\alpha$  = Andésites.



BCU Cluj / Central University Library Cluj

couronne les couches Mésozoïques de la nappe et qu'on trouve répandues le long des Carpathes, soit à sa bordure frontale, soit gisant directement sur le Flysch interne, depuis les sources de la vallée de la Prahova et Doftéana, par Bratocea-Țigăile, Ciucaș, Ceahlăul, Rarăul, jusque dans le Nord de la Bucovine. Le Cristallin des Carpathes orientales, au moins dans leur partie visible, est presque dans sa totalité constitué par le groupe de Cristallin phylliteux appartenant à cette nappe, à l'exception des quelques lambeaux de recouvrement appar-



FIG. 8. — Les „Cluses de Turda“ entaillées dans le Jurassique faisant couverture aux schistes phylliteux, du bord oriental des Mts Apuseni, appartenant à la Nappe Bucovinique.

tenant à la nappe bucovinique (Ineul, Tulgheș, etc.) conservés sur les hautes crêtes. Dans les Carpathes Méridionales lui appartient le Cristallin de Leaota-Bucegi-Piatra Craiului et la lame de Cristallin, séparée par REINHARD <sup>(15)</sup> et nous même <sup>(11 et 16)</sup> entre la faille du bord nord du „Gneis de Cozia“ et la faille du bord sud du „Gneiss de Cumpăna“, depuis Leaota vers l'West jusque dans la vallée de l'Oltul, de même que la bande de Cristallin phylliteux séparée par REINHARD

(<sup>15</sup>) au Nord de la faille du Negoiu, sur le versant transylvain des M-ts. du Făgăraș \*).

À l'West de l'Oltu, nous considérons comme appartenant toujours à cette nappe le Cristallin des M-ts. du Sebeș et de Poiana Ruscă, situé au Nord de la faille de Bistra, de même que le Cristallin des M-ts. du Panat à l'West de la ligne (à chevauchement)



FIG. 9. — Phénomènes d'érosion litorale de la mer méditerranéenne sur le calcaire tithonique de Sănăești, près Turda.

Baziaș - Oravița - Reșița. Cette nappe chevauche avec son Cristallin

(<sup>15</sup>) REINHARD M. — Șișturile cristaline din Munții Făgărașului Anuar. Inst. Geol. Vol. III. Buc. 1910.

(<sup>16</sup>) VORTEȘTI I. P. — La nappe du Conglomérat des Bucegi dans la vallées de l'Oltu. Ibidem. Vol. VIII. (1914). Bucarest, 1918.

(\*) Ayant en vue son faciès, il est possible que le Cristallin du type de Leaota appartient, avec son Mésozoïque, à la Nappe Transylvaine, à la Nappe Bucovinique n'appartenant dans ce cas que les phyllithes du versant nord des M-ts. du Făgăraș. Alors, tout ce que nous y avons séparé (<sup>15</sup> et <sup>16</sup>) comme „Nappe du Conglomérat des Bucegi“, appartient entièrement à la Nappe Transylvaine et dans ce cas le Cristallin de la Crête de Cozia n'est qu'un gigantesque bourelet de Cristallin, appartenant au I-er groupe de M-ts. du Făgăraș — à la Nappe Gétiquo — deraciné et poussé en avant sur le plane de charriage et la région frontale de la Nappe Transylvaine.

phylliteux par-dessus le Cristallin du I-er groupe (MRAZEC) de la nappe gétique et son sédimentaire, ce dernier, conservé seulement en quelques zones synclinales (les M-ts. du Banat, Burila-Vâlcea et la Dépression de Braşov) est formé par le Permo-Carbonifère, le Triasique, le Liasique à charbons et le Dogger-Malm-Néocomien, formations qui complètement représentées se trouvent seulement dans les zones synclinales des M-ts. du Banat.

Le Cristallin de la Nappe du Conglomérat des Bucegi a joué fortement aussi pendant le paroxysme oligocène-miocène, car sa bordure frontale chevauche, dans le Bassin Brezoi-Titeşti et dans la région de „Câmpiile Vâlsanului—Rîul Doamnei (Argeş), par-dessus le Paléogène gétique et forme dans la haute vallée de la Ialomiţa et dans celle de la Prahova (Sinaia-Buşteni-Azuga) quelques écailles, accompagnées par de „klippes“ de Mésozoïque. C'est toujours au Mésozoïque frontal de cette nappe qu'appartiennent aussi les grandes, quelquefois énormes, „klippes“ de Conglomérat des Bucegi, qu'on trouve le long de la haute crête des Carpathes du Flysch, depuis les sources de la Prahova, dans les Carpathes Méridionales, jusque dans le Ceahlăul dans les Carpathes Orientales, gisant tantôt sur le Flysch crétacé inférieur (Piatra, Tatarul, Țigăile-Brotocea, Ciucaş, Ceahlăul, etc.), tantôt sur le Flysch paléogène (Bakot, Clej) leur position tectonique, et leur composition pétrographique ne pourraient être expliquées autrement que par voie tectonique. D'ailleurs, un chevauchement très bien prononcé par-dessus le Flysch crétacé-paléogène, présente aussi la bordure extérieure du Cristallin de cette nappe dans les Carpathes Orientales. De nombreux grands et petits lambeaux de „Gneiss de Cozia“ et „de Cumpăna“, détachés par rabotage du Cristallin (du I-er groupe) de la nappe sous-jacente, pendant ces mouvements tertiaires et, portés en avant en bourelets (REINHARD, <sup>12</sup> et <sup>15</sup>), se trouvent actuellement complètement englobés, par pétrissement, dans la masse et sur le plane de charriage du Cristallin phylliteux de la Nappes du Conglomérat de Bucegi, souvent complètement bréchiés, comme dans la vallée de l'Oltu (VOITEŞTI, <sup>16</sup> et <sup>17</sup>).

Dans les M-ts. Apuseni appartient à cette Nappe l'entière série des schistes phylliteux de leurs bords orientaux — les M-ts. du Gilăul et de Traşcăul —, identiques au point de vue pétrographique à ceux des Carpathes Orientales, mais plus riches en injections de

---

(17) VOITEŞTI I. P. — Contributions à l'étude du Nummulitique gétique. Anuar. Inst. Geol. Vol. III, Bucarest, 1910.

quartz et de diabases-porphyrites (M-ts. de Traşcău, Zarand et Drocea), richesse due à leur situation proche de la zone de racine. À Turda, aux „Cluses de Turda“ et depuis au moins jusque dans la vallée de l'Arieş, les calcaires mésozoïques — (triasiques? KOBER, et tithoniques-néocomiens), en sont faiblement métamorphisés sur la ligne de contact (LUCA, <sup>18</sup>) par ces porphyrites, ce que leur assigne un âge postnéocomien.

3. La Nappe Gétique (MRAZEC et MURGOCI). Cette nappe à son plus grand développement visible dans les Carpathes Méridionales, depuis les M-ts. Perşani dans l'Est, jusqu'au Sud du „Défilé du Danube“ dans l'West. Son Cristallin est formé par le complexe des schistes cristallins à métamorphisme très prononcé du I-er groupe, assez connu pour en revenir (MRAZEC, MURGOCI, REINHARD) et les massifs de granite caractéristique des M-ts. du Semenici et d'Almaş, de Tzracul, de Rătezatul et des M-ts. du Făgăraş, où le granite-gneiss „oileté“, d'injection, est disposé en deux larges bandes: celle méridionale des M-ts. de Cozia couverte et écrasée depuis Rîul Doamnei à l'E. sur le plane de chevauchement du Cristallin de la nappe du Conglomérat des Bucegi, qui y la sépare, d'ailleurs, de celle septentrionale du Gneiss de Cumpana, qui se continue sans interruption depuis l'Oltul vers l'Est jusque dans les M-ts. Perşani. Certainement que le Cristallin gétique se prolonge dans les Carpathes Orientales, y constituant le soubassement direct de la nappe Bucovinique, prolongement déduit d'après les lentilles et les bourellets de gneiss du type de Cozia, que le Cristallin phylliteux de cette nappe en contient (REINHARD). Le Sédimentaire du flanc direct de la nappe gétique est conservé seulement en quelques synclinaux de son Cristallin: entre Baziaş et Bogşa, dans les M-ts. du Banat; dans les Dépressions de Hatzeg, de Rucar, de Braşov, etc., et il est formé par le Carbonifère productif et le Permien conglomératique - le Verucano - (Reşiţa, Moldova Nouă, etc.), comme formations paléozoïques; le Triasique dolomitique; le Liasique à charbons; le Dogger gréseux-calcaire, rougeâtre; le Malm-Néocomien néritique bathial à *Ammonites* et *Brachiopodes* (Banat, Hatzeg, Rucăr-Dâmbovicioara, Braşov), ces dernières formations présentant des passages gradués vers le faciès ammonitique, bathial, du Malm-Néocomien du flanc invers. Ce dernier faciès, fortement disloqué par le chevauchement, apparaît très bien développé dans la grande fenêtre de Svinitza, où

(<sup>18</sup>) LUCA V. ING. — Voir ce No. de la Rev. Muz. (Vol. 3. No. 1).

il est formé par de calcaires marneux ammonitiques, en bancs minces, gris et rougeâtres (Malm) et par de marnes calcaires grises-bleuâtres, en plaquettes (Néocomien), sédimentés dans la zone de maximum de profondeur du géosynclinal carpathique. Dans la région de Svinitză ces formations gisent sur le Dogger gréseux, faiblement développé, le Liasique gréseux-conglomératique, gris-blanchâtre et le Permien gréseux-conglomératique, rougeâtre (Verrucano), avec des tuffs et des intrusions de porphyres rouges.

La Nappe Gétique chevauche de l'intérieur vers l'extérieur des Carpathes Méridionales, couvrant complètement et écrasant avec sa gigantesque masse les formations des zones les plus profondes (Svinitză) et celles néritiques-bathiales (Cazane) du brod extérieur du géosynclinal. Le chevauchement de cette nappe est accompagné par de puissantes intrusions de roches basiques (gabrros et serpentines), et acides (granites). Sous l'influence de la poussée de sa gigantesque masse, le faciès de profondeur avec le Cristallin du support et l'entière série de roches instrussives acide (granites de Almaş-Răteazatul, etc.) et basiques (gabrros, serpentines et diabases) liées à ce support, s'en détachent, constituant une nappe-écaille secondaire, — la nappe écaille de Băile Herculane-Răteazatul —, laquelle renverse en le chevauchant le long de la ligne Cerna-Cazane, le faciès néritique-bathial du Mésozoïque de Cazane-Cerna-M-ts. de Cerna (au Sud de Cerna), du flanc direct de la nappe immédiatement inférieure (nappe du granit de Şuşitză). Cette nappe-écaille secondaire à son plus grand développement dans les M-ts. du Răteazatul et depuis vers le Sud jusque dans la vallée du Danube entre Plavişava et Ogradina \*). Au Nord de Cerna lui appartient aussi le Cristallin de Culmea Seseminului, à l'exceptions du grand lambeau de recouvrement de Godeanul qui appartient à la Nappe Gétique. Dans le cours supérieur de la Cerna, lui appartient aussi le Cristallin et le Mésozoïque pincés le long de la dislocation qui suit jusqu'aux sources cette vallée et depuis, en continuation, le long de la grande ligne de dislocation qui suit les cours des vallées du Jiul, Jieţul et Lotrul, ligne qui coïncide avec le bord nord de la „Fenêtre du Pă-rîngu“. Sur cette distance la nappe-écaille de Băile Herculane-Răteazatul est complètement écrasée par laminage sous le bord méridional

---

(\*) Les données tectoniques regardant la vallée du Danube ont été établies dans l'étude entreprise en commun en 1928 avec M. PETROVICI et son collaborateur M. LUCOVICI de l'Université de Belgrade.

de la Nappe Gétique. Ce sont probablement les restes écrasés de cette nappe-écaille que MRAZEC a séparé sur le bord nord de la fenêtre sous le nom de „Groupe mésozoïque“. Comme il vient d'être dit, exceptant les fenêtres dans lesquelles apparaît la nappe-écaille de Băile Herculane-Rătezatul (Plavisava-Băile Herculane-Vallée de Cerna, Rătezatul) et la grande „fenêtre du Păringu“, dans laquelle apparaît la Nappe du granite de Șușitza, fenêtres dues à l'érosion, la Nappe Gétique s'étend dans toutes les Carpathes Méridionales. En effet, depuis Polovragi-Voineasa (sur Lotru) vers l'Est, elle couvre complètement la „Fenêtre de Păringu“, les formations sédimentaires de la fenêtre de Păringu n'apparaissant plus que dans la très petite fenêtre de „Valea lui Stan“, Brezoi (Vâlcea), dans quelques lambeaux-écailles de Verucano et Jurassique, complètement écrasées. Ainsi, cette nappe constitue les Mts. du Lotru — les Mts. de Făgăraș — les Mts. Perșani, dans la haute crête septentrionale et les Mts. de Căpățina-Cândoaia-Cozia sur la crête méridionale, les deux crêtes séparées, comme nous le savons déjà, depuis l'Oltul à l'Est, par le lambeau (synclinal) de Cristallin appartenant à la Nappe du Conglomérat de Bucegi.

La Nappe Gétique est, d'après nous, représentée aussi sur le bord méridional, fracturé et effondré, de la „Fenêtre de Păringu“ et c'est à sa région frontale (flanc direct) que nous croyons qu'appartient la lame de Cristallin avec le Carbonifère productif, le Permien (Verucano) et le Jurassique-Néocomien (?) qui suit de près ce bord, depuis Polovragi-Novaci vers l'West (Stăncești-Bumbesti-Porcenis-Schela), jusqu'à Baia de Aramă et Gura Văii sur le Danube. Le Calcaire de Gura Văii lui appartient certainement, car il est séparé du Cristallin de la Nappe des Portes de Fer par une puissante brèche tectonique, formée comme nous allons voir plus loin, par des roches appartenant: aux gabbros, aux schistes et gneiss du I-er groupe et au phyllithes du II-e groupe cristallin.

4. La Nappe du Granite de Șușitza-Păringu (VOITEȘTI). Comme nous avons dit plus haut, cette nappe apparaît bien visible seulement dans la „Fenêtre de Vulcan-Păringu“. Son Cristallin, considéré jusqu'à présent comme en place (autochton), est constitué par les grands massifs de Granite de Șușitza, les gneiss (orthogneiss) et les Diorites rubanés de la vallée du Jiu et par leur couverture de schistes phyllitheux, peu métamorphisés, roches très caractéristiques pour le II-e groupe du Cristallin (MRAZEC) et très bien connues pour en revenir. Le sédimentaire de son flanc normal est formé par le faciés néritique-bathial du Jurassique, spécialement par



les schistes marneux-calcaires noirs liasiques et par le Dogger-Malm récifal, que nous connaissons déjà de la région de Cazane (sur le

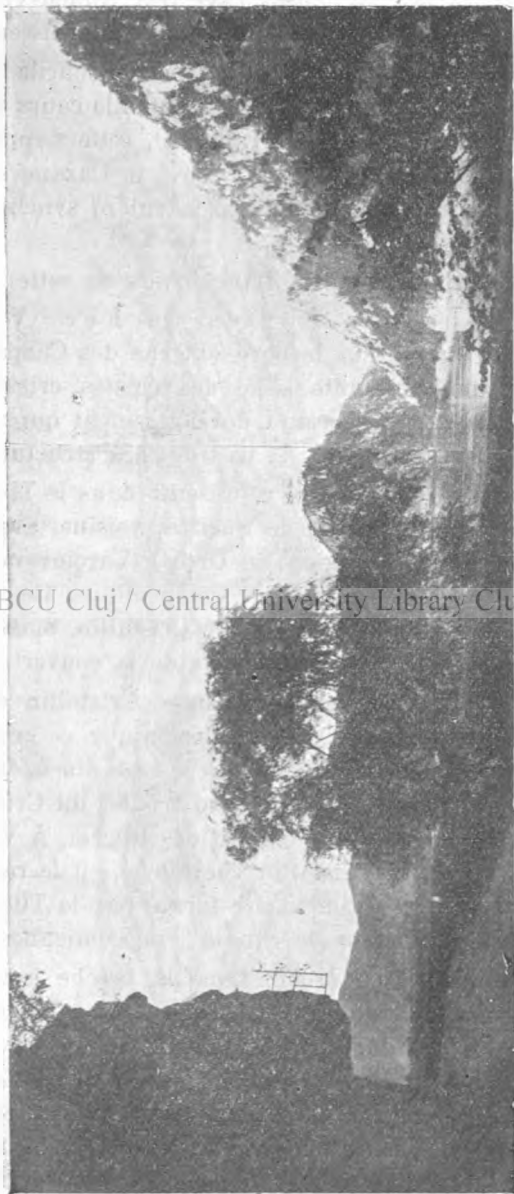


Fig. 10. — Le Défilé du Danube dans les Calcaires jurassiques de „Cazane”.

Danube, Fig. 10), etc. de la Vallée de Cerna et des M-ts. de Cerna-Vulcan. Dans la „Fenêtre de Păringul, ces roches mésozoïques appa-

raissent écrasées sur son pourtour: Vallées de Cerna-Jiul Românesc-Jieful-Lotru, sur son bord nord; la ligne Voineasa-Polovragi-Novaci-Crasna, sur le bord est; et plus à l'West, à Runcu-Vălari-Tismana-M-ts. de Cerna, sur son bord sud; puis elles apparaissent encore dans la zone synclinale de Lainici (Borzii Vinetzi-Locurile Rele-Rafailă-Tapa) dans la vallée du Jiu. Vers l'West, dans le cours inférieur de la vallée de Cerna (Băile Herculane-Toplitz), cette nappe se réduit de plus en plus, de manière que, entre Orșova et Cazane sur le Danube, elle n'est plus représentée que par la charnière synclinale de racine de son flanc direct.

Nous ne connaissons pas la flanc invers de cette nappe.

↳ La Nappe des Portes de Fer (VOITEȘTI). Entre Vârciorova et Gura Văii, sur le bord externe des Carpathes Méridionales, apparaît une puissante série de schistes cristallins, dont le faciès est caractérisé par le grand développement qui y prennent les gneiss quartzeux, très compacts et très durs, à structure microgranitique, faciès qu'on ne trouve pas représenté dans le II-e groupe Cristallin de la nappe du granite de Șușitza, voisine, avec laquelle elle vient en contact dans la région de Orșova-Vârciorova et dont les rapports tectoniques nous sont encore inconnus. Ce faciès diffère d'ailleurs aussi de celui du I-er groupe Cristallin, mais il est parfaitement semblable aux schistes cristallins de la couverture du granite d'Albești (Muscel), qui forment un groupe Cristallin distinct aussi bien comme faciès, qu'au point de vue tectonique, ce groupe apparaissant sur la bordure méridionale des Carpathes, pincé, entre les vallées de Bratia et de Dâmbovitza, sous le bord frontal du Cristallin du type de Leaota de la Nappe du Conglomérat des Bucegi. À Vârciorova, sur la gauche du Danube, ce Cristallin chevauche, en le renversant complètement, par-dessus le sédimentaire formé par le Tithonique récifal et par les „Couches typiques de Sinaia“, néocomiennes, qui y apparaissent dans un anticlinal érodé. Dans la brèche tectonique sur la ligne de chevauchement, apparaissent aussi des conglomérats et des grès quartzeux qui peuvent appartenir au Liasique. Plus en aval, les Couches de Sinaia s'enfoncent sous un synclinal de Cristallin, suivi d'un nouvel anticlinal au niveau du torrent „Valea Slătinicului“ et des „Portes de Fer“, dans le noyau duquel les Couches de Sinaia apparaissent pour la dernière fois en fenêtre. Depuis les „Portes de Fer“ jusqu'à Gura Văii, près Turnul Severin, n'apparaît que ce Cristallin, formant plusieurs plis très redressés, lequel à Gura Văii disparaît



par affaissement sous la couverture de marnes et conglomérats miocènes de la Dépression Gétique.

À Gura Văii, comme nous l'avons dit déjà, sur le Cristallin de la Nappe des Portes de Fer, apparaît une série de schistes phylliteux, puissamment broyés, contenant de nombreux noeuds et lames de Gneiss de Cozia et de roches pegmatitiques à feldspathes roses, comme pétris dans leur masse. Ils sont couverts en haut par une vraie mylonite de schistes et roches cristallines, contenant vers sa base une lame de Gabros. C'est cette mylonite qui supporte les blocs de calcaire brècheux, rougeâtre, de Gura Văii (Triasique?, КОБЕР), lequel supporte transgressivement le Grès (liasique?) de Gura Văii, le tout étant couvert par les marnes, les grès et les conglomérats miocènes (sarmatiens?).

Dans cette énorme brèche tectonique, les phyllithes appartiennent, probablement, à la Nappe du granite de Șușitza, y portées et broyées par la Nappe Gétique, à la charnière frontale de laquelle appartiennent les autres éléments constitutifs de la brèche y compris les blocs de calcaire (et le grès?) de Gura Văii.

Voilà en quelques mots notre conception sur la structure architectonique des Carpathes, vue dans l'ensemble des phénomènes tectoniques des Alpes, et si cette structure n'est pas si grandiose comme celles des Alpes, elle est assez importante par le nombre et le développement des piles de formations, poussées les unes sur les autres pendant le paroxysme du Crétacé moyen (Fig. 11).

Il est tout naturel que ce court exposé présentasse beaucoup de lacunes, d'une part, parce que l'étude géologique de détail dans les Carpathes sont à peine au commencement, d'autre part parce que dans un court exposé synthétique, comme le présent, on ne peut pas discuter toutes les données dont on dispose.

Le nombre des nappes et leur interprétation tectonique pourrons varier avec l'avancement des études de détail, mais ce que nous désirons par cet exposé, est d'établir une base aux discussions tectoniques futures; car malgré l'aversion de beaucoup de collègues roumain, les Carpathes roumaines, représentant la directe continuation des Alpes, elles ne peuvent pas avoir un développement structural différent et par conséquent leur structure actuelle ne peut être expliquée autrement que par la conception des nappes, tout aussi que celle des Alpes.

Si nous comparons maintenant les unités tectoniques des Carpathes avec celles des Alpes (voir le tableau synoptique, pag. 10), nous arrivons à la conclusion que les deux nappes supérieures: N.

Transylvaine et N. Bucovinique — Congl. des Bucegi, appartiennent au groupe des nappes supérieures des Alpes Orientales. D'après UHLIG, ce groupe serait représenté dans la Tatra par les deux nappes qu'il y en a distinguées: „Subtatische“ et „Hochtatische“ - Decke \*).

Les autres trois nappes (quatre avec la nappe-écaille de Băile Herculane-Rătezat) appartiennent d'après nous au groupe des nappes pennines: la Nappe Gétique étant l'équivalent de la nappe pennine supérieure — la „Nappe de la Dent Blanche“ (P<sub>6</sub>, Pl. I); la Nappe-écaille de Băile Herculane-Rătezat, l'équivalent de la „Nappe de Mt. Rose“ (P<sub>5</sub>); la Nappe du granite de Șușitza-Păringu, l'équivalent de la „Nappe du Grd. St. Bernhard“ (P<sub>4</sub>) et la Nappe des Portes de Fer, représenteraient le groupe des „Nappes du Simplon — Tessin (P<sub>1-3</sub>)“.

Le Cristallin correspondant aux Nappes Helvétiques des Alpes reste dans les Carpathes méridionales couvert sous les dépôts crétacés-paléogènes de la Dépression Gétique et du Flisch. Mais son existence en profondeur se remarque par quelques crêtes orographiques importantes, comme celle de Slătioara, dans la Dépression Gétique et par quelques „klippes“, plus à l'Est.

À l'Est de l'Oltu, plus précisément vers l'Est de la Dâmbovitza, d'où les nappes du Flysch, les équivalentes directes des Helvétides des Alpes, s'individualisent en s'élevant de dessous la couverture mioplIOCène des Subcarpathes méridionales, la présence du Mésozoïque et même celle du Cristallin dans leur soubassement nous est témoignée par quelques apparitions importantes de „klippes“.

Ainsi, sur la zone d'écrasement axial de l'anticlinal d'Aptien-Sénonien-Paléogène de Fieni-Urseiul, Dâmbovitza, apparaissent de nombreuses klippes, grandes et petites, d'un calcaire compact blanc, dans lequel nous avons trouvé de restes de *Diceras* et *Nerinea*, couverts par un calcaire finement bréchiforme, blanc, assez souvent conglomératique, à restes de *Belemnites* et *Ostrea*, klippes qui certainement ont été déracinées de leur support de Cristallin et portées en haut, car, à Urseiul, sur les failles qu'accidentent les marnes rouges sénoniennes du flanc méridional de l'anticlinal, apparaissent bréchi-

---

(\*) KOBER<sup>(5)</sup> rapporte la Nappe Hochtatische à la Nappe de la Dent Blanche des Alpes, qu'il considère, d'ailleurs, comme nappe ostalpine inférieure et dans ce cas elle serait comparable à notre Nappe gétique et alors c'est la Nappe Bucovinique — des Bucegi qui serait l'équivalent de la Nappe (supérieure) Subtatische, celle Transylvaine n'ayant pas dans ce cas un équivalent dans la Tatra, mais au Sud de „Innere Gürtel“, dans les nappes de „Silveretta-Hallstadt“.

fiés aussi des éléments appartenant à une roche granitique à feldspath rose. Des klippes identiques apparaissent encore plus à l'Est, sur le prolongement de la même zone de dislocations, à Şotriile, dans la vallée de Doftana et à Bertea-Vulpea (Prahova), où cette zone se lie à la fracture bordière du Flysch interne (Nappe de Siriu). Vers l'intérieur et parallèlement à cette fracture bordière, apparaissent sur une fracture secondaire les grandes „klippes de diabase“ du versant sud de Vf. Crăiţelor, près Teşila, sur le versant gauche de la Doftana (ditr. de Prahova) et à l'West de la Prahova les klippes calcaires de la vallée de Belia.

Dans la région marginale des Subcarpathes à Pödenii Noui, sur une puissante ligne de fracture à massifs de sel, ligne qui y correspond aussi avec le pli-faille marginal de la nappe marginale du Flysch, dans la brèche tectonique du massif de sel de „Valea Dulce“, en dehors de traînées, de blocs, et de grandes lames de Flysch marginal (Oligocène), sur les deux flancs et dans le toit, nous avons trouvé d'innombrables blocs exotiques, les uns énormes: d'un calcaire gréseux à *Crinoides* et de calcaire gréseux, plus compact, à *Nerinea*, *Ammonites*, *Brachiopodes* (jurassiques); de calcaire noirâtre, compact, néocomien (Couches de Sinaia?); de tuffs gréseux, rouges-violacés (permien?); d'un porphyre rouge, à grands feldspaths blancs (caolinisés); d'une roche granitique (Sienite, d'après STANCIU et SZADÉCKY) et enfin d'innombrables blocs de schistes cristallins et de roches cornéennes.

Toutes ces apparitions de klippes nous témoignent que, de même que dans les Alpes, le soubassement immédiat du Flysch carpathique est formé par le Mésozoïque ancien et par le Cristallin et que ce fondement étant disloqué en nappes-écailles correspondant aux nappes du Flysch, a procuré aussi le matériel exotique de ces klippes, apportées vers l'extérieur pendant les mouvements tertiaires sur le plane de chevauchement des nappes du Flysch.

La succession dans laquelle les nappes carpathiques méso-crétacées ont pris naissance, nous paraît être la suivante.

Sous l'empire de la poussée des „Dinarides“, la première qui a pris naissance a été la „Nappe Transylvainne“. Par la pression et le refoulement exercé par cette nappe en profondeur, prend naissance la grande „Nappe Gétique“, au commencement comme un simple pli anticlinal, déversé vers l'extérieur, puis s'agrandissant progressivement, il prend la forme d'une énorme nappe de surplissement qui couvre et écrase l'entier géosynclinal des Carpathes, en provoquant

par son action en profondeur la naissance de toutes les autres nappes inférieures visibles: la „Nappe-écaille de Băile Herculane-Rătezat“, la „Nappe du granite de Șușitza-Păringul“ et la „Nappe des Portes de Fer“, les trois dernières ayant un développement très réduit qui ne dépasse pas vers l'Est la vallée de l'Oltu et qui doivent certainement leur naissance à la résistance exercée par quelques noyaux varisques dans l'avant-pays (effondrés ensuite) à la pression de la Nappe Gétique.

La Nappe Bucovinique — du Conglomérat des Bucegi, fut la dernière qui naquit, sous la poussée de la Nappe Transylvaine, laquelle, en écrasant complètement les synclinaux secondaires qui la séparaient de la Nappe Gétique, rabote et détache la pile de schistes phylliteux qui leur formait le fondement et la poussant en avant, en gigantesque lame, donne ainsi naissance à la „Nappe du Conglomérat des Bucegi“ (dans les Carpathes Méridionales) — „La Nappe Bucovinique“ (dans les Carpathes Orientales).

#### LE PAROXISME TERTIAIRE

Pendant le Crétacé supérieur, les forces orogénétiques se trouvent non seulement dans une courte période de repos, mais on y remarque même une détente. Si nous envisageons cette période de calme dans les vues de WEGENER, nous devrions admettre que le „Continent Africain“ exécute en ce temps une dérive vers l'West, fait qui se répercute dans le bloc du „Continent Européen“ par un étirement de ses formations dans cette direction \*). Et c'est par suite que la mer du Crétacé supérieur pénètre vers l'intérieur du Continent le long de toutes les zones affaissées par étirement ou par fracturation consecutive. C'est de cette manière qu'ont dû prendre naissance et les fractures transversales des Carpathes et les dépressions longitudinales,

---

(\*) Si ce phénomène a eu vraiment lieu, comme le croit WEGENER<sup>(5)</sup>, alors c'est à lui qu'on doit attribuer la naissance des dépressions marines méridionales: la Méditerranée (occidentale) et l'Adriatique, la mer Aegée, et par leur détachement du Continent et leur dérive consécutive vers l'West, les péninsules de l'Italie et de l'Espagne, la Péninsule Balkanique, etc.; de même que la formation de toutes les dépressions à l'intérieur du Continent, sous l'influence de la propagation du phénomène le long et dans le prolongement de ces zones d'étirement. Et nous croyons que beaucoup de phénomènes géologiques, inexplicables, aujourd'hui, en trouveront leur explication dans le cas de cette hypothèse.

comme: la Dépression Gétique, la Dépression du Géosynclinal du Flysch (à l'extérieur, la grande Dépression Pannonienne et ses dépendance (Maramureș, Transylvanie, etc.), à l'intérieur des Carpathes.

Mais les discontinuités en sédimentation que présentent les dépôts du Flysch, nous témoignent que cette période de repos n'a pas été complètement exempte de tout mouvement (épirogénique?). Vers la fin de l'Oligocène les mouvements orogénétiques recommencent un nouveau paroxysme. Cette fois, et toujours sous l'empire d'une poussée venant de l'West, des Dinarides, des nappes mesocrétacées c'est seulement la Nappe Transylvanie qui a le plus puissamment joué, en rabotant et poussant en avant la Nappe Bucovinique — des Bucegi et spécialement son Mésozoïque, réduit entre temps en lambeaux d'érosion \*), par-dessus la bordure du Géosynclinal du Flysch qu'elle écrase progressivement jusque dans son fondement. C'est de cette manière qu'ont pris naissance les trois grandes nappes-écailles du Flysch des Carpathes, correspondant aux trois grandes zones de faciès pétrographiques différents des dépôts crétacés-paléogènes: la „Nappe de Sîriu“ (Crétacé inférieur et Sénonien, avec très peu d'Éocène), la plus interne étant la première à s'individualiser sous la poussée de la Nappe Transylvanie; puis sous son influence c'est la „Nappe du Grès de Fusaru“ (Crétacé inférieur, Sénonien à marnes rouges et Éocène gréseux — Grès de „Fusaru“ et „Tarcău“, avec peu d'Oligocène schisteux), qui lui suit vers l'extérieur, et enfin la dernière, qui prit naissance du Géosynclinal du Flysch, fût la „Nappe marginale“ (Sénonien gréseux-marneux et Paléogène marginal), en même temps la plus extérieure (voir MRAZEC et VOITEȘTI, op. cit. 11).

Après ce paroxysme, pendant lequel l'arc carpathique complète sa structure avec les nappes du Flysch — l'équivalent des „Helvétides“ des Alpes —, suit une nouvelle période de repos orogénétique, pendant laquelle apparaissent de nouveau les phénomènes d'étirement, suivis d'effondrements consécutifs. C'est pendant ce temps que les dépressions internes s'élargissent et s'approfondissent de nouveau, en s'accommodant aux conditions structurales nouvelles (Dépression Pannonienne avec ses prologements dans les bassins de Maramureș, de Transylvanie, de Hatzeg, Banat, etc.) et de nouvelles dépressions

---

(\*) C'est du Mésozoïque de la région frontale et du flanc direct de cette nappe, raboté et poussé en avant par la Nappe Transylvanie que nous croyons provenir les klippes triasiques décrites par UHLIG en Bucovine..



prennent naissance à l'extérieur des Carpathes: la Dépression des Subcarpathes, de la Plaine Roumaine, etc., dans lesquelles les eaux marines pénètrent de nouveau en commençant un nouveau cycle. C'est aussi pendant ce temps que s'accroissent de beaucoup les fractures transversales anciennes (crétacées). L'une de ces lignes, élargies énormément pendant le Tertiaire moyen est celle qui longe le bord interne des Carpathes Orientales, en les séparant par les effondrements causés (dans le Cristallin), aussi bien des Carpathes Méridionales que de celles du Nord. Sur le trajet de son élargissement apparaissent les grands volcans qui, depuis la fin de l'Éocène, mais plus intensivement dans le Néogène, ont vomis les énormes masses de laves et de cendres andésitiques, entassées dans les M-ts. de Hărghita, de Călimani, de Gurghiul, de Gutâi (Gutin), de Ouaşul, etc. Sur le prolongement sud-est de cette grande ligne, le fondement de Cristallin des Carpathes est non seulement aminci par étirement, mais complètement fracturé, de manière qu'entre le Cristallin de l'extrémité orientale des M-ts. Perşani et l'extrémité méridionale de celui des Carpathes orientales à Pauleni, près Miercurea Ciucului, il n'y a plus de continuité, la continuité tectonique entre les Carpathes Méridionales et Orientales étant réalisée sur cette distance, seulement par les couches du Flysch crétacé inférieur, elles aussi fortement étirées. C'est un phénomène identique qu'apparaît sur son prolongement dans les Carpathes du NW., où le Cristallin de Tatra est complètement rompu de celui des Carpathes Orientales, les Carpathes y présentant, à cause de cette fracturation du fondement de Cristallin la moindre hauteur (Pas de Dukla). D'ailleurs, cette grande ligne n'intéresse pas seulement le fondement des régions carpathiques, mais aussi celui des Subcarpathes et de l'Avant Pays, dans la Plaine Roumaine et la Dobrogea, son trajet se remarquant toujours par une sismicité très prononcée et par des affaissements qui se continuent même de nos jours.

Généralement considérée, cette fracture de direction NW.—SE. est parallèle à la bordure de l'ancien bloc russo-podolien et à la direction des anciens plis varisques, sudétiques — nord-dobrogéens, effondrés entre la ligne de la Vistule, dans le NW. et celle du Danube dans le SE., pendant la naissance du Géosynclinal Carpathique.

Depuis la fin du Miocène, les tensions tectoniques font de nouveau leur apparition dans les régions carpathiques, mais elles ne passent

pas par un paroxisme que vers la fin du Pliocène (dans le Levantin) — le commencement du Quaternaire.

Pendant ce paroxisme, dont les effets se sont ressentis jusque dans le Cristallin des nappes méso-crétacées, l'arc carpathique tout entier souffre un élèvement sur la verticale d'au moins 1000 m.\*). Sous l'influence de cet élèvement, suivi du jeu tectonique des anciennes lignes de chevauchement et de fracture, tous les plis anciens sont plus ou moins accentués, mais le retentissement le plus puissant que ces mouvements ont eu, nous est reflété dans l'accentuation des plis du Flysch et dans le plissement très caractéristique en plis diapires (MRAZEC) des formations mio-pliocènes des Subcarpathes et du Bassin de la Transylvanie.

C'est toujours sous l'empire de ces forces que sont issus des profondeurs aussi les massifs de sel des régions carpathiques et nous croyons que la naissance des gisements de pétrole et de gaz méthane en est aussi liée.

Avec ce dernier phénomène tectonique, les Carpathes achèvent complètement la structure qu'elles présentent de nos jours.

Cluj, 1929.

BCU Cluj / Central University Library Cluj

---

(\*) Les conglomérats du Levantin (Pliocène supérieur) se trouvent, disloqués, sur le sommet de la „Măgura Odobeștilor“ à la cote de 1001 m.

## CÂTEVA DATE ASUPRA VÂRSTEI CALCARELOR METAMORFICE DIN VALEA IERI (MUNȚII APUSENI).

de Ing.-geolog VALERIU LUCCA

Extras din teza de licență, cu titlul „RAPORTURILE GEOLOGICE ALE REGIUNEI DELA W. DE TURDA”, prezentată Facultății de Științe a Universității din Cluj, în anul 1925).

Calcarele metamorfice din complexul șisturilor cristaline dela W. de Turda (Munții Apuseni), au fost cunoscute deja de mult. Cu ocazia studiilor geologice ce am făcut în anii 1922—24 în regiunea dela W. de Turda, pentru lucrarea de licență, am avut ocazia să observ mai de aproape aceste calcare marmoreene. În special am făcut acest lucru, atrăgându-mi-se atenția asupra lor de Dl. Prof. Dr. I. P.-VOITEȘTI, dsa având o oarecare îndoială asupra vârstei lor pe care o consideră ca jurasică (Elemente de Geologie, Ediția I, pag. 419, 1921 și Ediția II, pag. 418, 1924).

Aruncând o scurtă privire asupra structurii geologice a Munților Apuseni, vedem că la W. de calcarele tithonice din regiunea Tur.-Trăscău și paralel cu acestea, se găsesc încheștate între șisturile cristaline mai multe fășii de calcar cristalin marmorean, a cărei structură, observată chiar și numai cu ochiul liber, diferă mult de aceea a calcarelor jurasice învecinate.

Unele dintre aceste fășii le găsim mai mult în apropierea calcarelor compacte dela Petrid-Trăscău, iar altele se apropie și merg paralel mai mult cu cele dela Runc.

Direcția după care se orientează acestea fășii, e aproximativ N 30° E și coincide în mare parte atât cu direcțiile de cutare ale șisturilor cristaline, cât și cu axul principal al calcarelor jurasice Tur.-Trăscău.

Una dintre crestele acestor calcare marmoreene venind dinspre Sud de Arieș, prinsă între șisturile cristaline, se ridică măreață deasupra comunei Burul. (Fig. 1).

Această fâșie după o mică întrerupere în Valea Arieșului, se continuă spre NNE, dealungul pârăului Berchișului, până în pârăul Urzii la S de Berchiș, unde dispăre din nou, reapărând în coasta de S a dealului Teiul și dealul Crucii (Berchiș), unde se și exploatează. De aci se pierde din nou, ca să o regăsim tocmai în dealul Pietrii dela Petridul de Jos, de unde mai spre N., peste Valea Hășdate, de unde sisturile cristaline, între care este încleștată, devenind sericitoase-filitoase dispar treptat în adâncime și fâșia de calcar nu mai apare atât de metamorfozată ca la SSW, ci cu o structură compactă, ase-

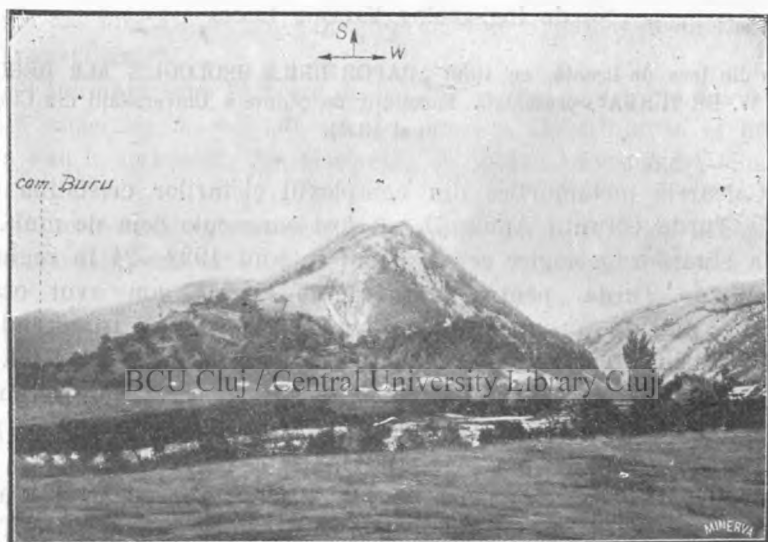


Fig. 1. — Creasta de calcar marmorean de la W de comuna Burul

mănătoare cu aceea a calcarelor tithonice dela Cheile Turzii, din imediata lor apropiere.

Mai spre W. de fâșia aceasta de calcar cristalin, urmează alte două, cari taie Valea Ierii, dirijându-se aproximativ în aceeași direcție ca prima, constituind crestele mai înalte ale dealurilor.

Dintre aceste trei fâșii, cea din mijloc are o lățime ce variază între 100—200 m. și dela Valea Ierii spre NNE se spintecă în șuvițe mai subțiri late de câte 5—15 m. Una singură dintre acestea, aceea care trece prin vârful Pleșcuța (Berchiș), are o lățime mai mare de cca 50 m.

O ramură a acestor calcare trece prin pârăul Moldovan (la W. de Berchiș), de unde se continuă spre N. sub forme de mici petece răzlete

cari reapar în Vârful Vederii, Coasta Vârfurilor, Cătușița și în fine sub Pojorături (N de Berchiș).

Calcarele acestea, cu excepția cazurilor ce vom vedea mai jos, peste tot sunt complet metamorfozate și le întâlnim sub formă de bancuri, sau lespezi subțiri, uneori — de obicei spre mijlocul lor — pot fi chiar compacte. Chiar macroscopic trădează o structură grăunțoasă care variază din loc în loc și care uneori e grosieră, altădată poate fi mai mărunță.

Șistozitatea lor e mai pronunțată spre marginile din imediata vecinătate a șisturilor cristaline. În schimb șisturile, în apropierea calcarelor, alternează cu lame subțiri calcaroase.

Calcarele, care vin în contact direct cu șisturile cristaline, studiate la microscop, apar formate din Calcită cu ceva Mică (Muscovită sau Biotită) și Cuarț, adesea cu granulațiuni de Magnetită și Amfiboli, mai rar cristale de Feldspați și grăunțe de Grenafi.

Structura lor pe alocurea absolut cristalină, dovedește un metamorfism care în mare parte a fost pe deplin săvârșit.

Sunt destul de interesante pentru a fi amintite și zăcămintele metalifere cari apar la contactul acestor calcare cu șisturile cristaline. Aceasta sunt alcătuite din Pirită sau Marcasită și Oxizi de fier sub formă de filioane groase uneori de câțiva metri. Oxizii de fier prin alterare au dat naștere la Ocră roș-galbenă care se exploată întrebunțându-se la fabricarea vopselelor.

Remarcăm astfel de minereuri de fier în Valea Ierii și la Măgura. În partea de SE a vârfului Recea (N de Buru) am întâlnit în legătură cu fâșiile de calcar chiar și Hematită, care în parte era limonizată.

A. KOCH<sup>(2)</sup>, cu ocazia ridicărilor sale geologice făcute în anul 1887, trece calcarele acestea între rocile cristalofiliene, ca ceva proprii ale acestora și cu cari împreună le crede de vârsta arhaică.

Dealtfel și PETERS<sup>(1)</sup>, în 1861, le atribuie tot șisturilor cristaline din Munții Apuseni, de vârste cel puțin paleozoică dacă nu și mai veche. PETERS presupune anume că din formațiunile sedimentare anterioare Paleozoicului, datorită unui metamorfism, au luat naștere rocele acestea cristalofiliene.

Această părere, într'un timp prea a fi întărită prin observările făcute de M. PÁLFI<sup>(4)</sup> asupra conglomeratelor roșii-violacee din Munții Apuseni, în care determină prezența fragmentelor de cristalin și care conglomerate le consideră ca Verrucano, prin analogie cu typul Verrucano din zona Briançonneză a Alpilor. Urmă deci ca șisturile să.

fi preexistat acestei perioade, în care pe socoteala lor ar fi luat naștere conglomeratele permieni.

Dar în ceea ce privește vârsta acestor conglomerate s'au emis și alte păreri dintre cari unele au avut un răsunet important abea mai târziu.

Astfel deși PETERS<sup>(1)</sup> și pe urmă BLANKENHORN<sup>(2)</sup> le credeau numai cretacice, totuși se păstrează încă vechea concepție. LOTZY (junior)<sup>(3)</sup> însă reușește să determine în aceste conglomerate câteva resturi fosile caracteristice Cretacicului superior și pe baza acestor date d-sa le crede a fi de vârste cretacică superioară.

Ca urmare deci a acestor noi date era firesc ca vârstea atât a calcarelor cristaline cât și a șisturilor, de cari se crede a fi legate și ca vârstă și ca origină, să nu mai corespundă vechilor concepțiuni.

Deoarece teza noastră de licență în care erau expuse observările noastre asupra acestor calcare, nu a fost încă publicată, revenim pe calea aceasta asupra concluziunilor ce tragem pe baza acestor observări făcute atât la fața locului, cât și în baza studiului microscopic asupra clacarelor și rocilor dela contactul calcarelor.

Astfel am găsit că la Burul, în coasta de deasupra școlii primare, metamorfismul suferit de calcarele cristaline nu a fost desăvârșit pe toată întinderea lor. Printre calcarele complet recristalizate se găsesc intercalații, cari cu toată șistuoșitatea lor nu prezintă o structură grăunțoasă marmoreană.

Pe de altă parte, ceva mai la E de aci, în părăul Berchișului calcarele acestea le găsim frământate împreună cu micașisturile puțin sericitizate și cu marnele șistoase-calcaroase neocomiene. În această zonă, șisturile sunt puternic injectate de Cuarț care pe alocurea, întretesând și marnele argiloase ale Cretacicului inferior, acestora le imprimă un caracter de metamorfism incipient și le transformă în șisturi sericitoase și filite argiloase. Eșantioane din filioanele acestea de Cuarț injectat, având — conservate pe laturi — și marne transformate, se găsesc, câteva chiar frumoase, în colecția Institutului de Geologie-Mineralogie al Universității din Cluj.

La SE de Berchiș în dealul „Teiu“ pe unde trece una din fâșiile de calcar cristalin, se găsește un amestec interesant de roce. La microscop se vede că masa fundamentală a acestei rocă e formată din Calcită și Caolină născută pe socoteala Feldspațiilor alterați. Sporadic se mai observă Muscovită, infiltrații sub formă de petece galbene-verzui de Clorită și draperii de Magnetită.

În acelaș timp, în pârăul Moldovan, lângă Berchiș, chiar lângă calcarele metamorfice, am întâlnit unele blocuri de calcar, în cari se vedeau încă net formele de Coralieri cu centurul bine reliefat, fapt ce trădează originea lor sedimentară și organică. Ori aceste blocuri nu puteau să fie străine de calcarele cristaline. Aceste calcare, în acelaș loc (pârău), sunt în contact cu o rocă eruptivă. În zona de contact se găsește separațiuni de minerale, ca Feldspați de dimensiuni foarte mari, cari la microscop prezintă o structură zonară. Aceștia îi găsim atât ca forme simple cât și maclați simpli sau polisintetic după Periclin. Amfibolii verzui, numeroși uneori, îi vedem transformați în produse cloritoase sau epidotizați. Dealungul crevaselor ce spintecă Amfibolii se observă și un început de serpentinizare. Mai găsim și Cuarț xenomorf. Pe suprafața calcarelor sunt asociații mari de Tremolită (Actinot?) și Wollastonit.

Tot în acelaș pârău am văzut și injecții de Cuarț, cari, în șisturi, au dat naștere la separațiuni pegmatitice.

Studiind la microscop structura acestei roce eruptive, intrusă între șisturile cristaline și calcare, am găsit că în masa ei predomină Amfibolii ca element fero-magnezian, iar dintre elementele leucocrate, Feldspații și Cuarțul formează concrețiuni micropegmatitice. Feldspații, cu indicele de refracție mai mare decât al balsamului de Canada, fac parte din seria Andesin-Labradorului și sunt maclați polisintetic după Albită și Periclin. Pe lângă elementele citate, masa fundamentală mai conține Muscovită, Apatită, Magnetită și Grenați, iar elementul verde e reprezentat prin lamele de Pennină, născută pe socoteala Amfibolilor, cari pot apare și cloritizați, respectiv propilitizați sau trecând la Epidot.

Ori, atât mineralele din calcarele cristaline ca: Tremolita, (Actinot?) și Wollastonitul, cât și Grenații din roca eruptivă dela contact, sunt elemente cari apar tocmai în zonele de contact ale magmelor eruptive cu calcarele, fapt ce a trebuit să se petreacă și în cazul de față, în care calcarele metamorfozate sunt de origine organică cum ne dovedește structura blocului de calcar cu Coralieri găsit în apropierea acestor calcare.

În cristalinelul din regiunea studiată de noi, pe lângă dioritele dela Berchiș, cari le-am întâlnit și în „Vale“ (Berchiș), am mai găsit și alte filoane de roce plutonice, deasemenea și injecții puternice de Cuarț, cari în șisturi, au dat naștere la separațiuni pegmatitice sau la filoane de Cuarț (Cuarțitice), câteodată foarte dure și de culoare-

albă cum sunt de exemplu cele din „Izvoarele“, „Valea Rea“ dela Berchiș.

În dealul Teiu, pârăul „Vadului“ și pârăul „Moldovan“ (Berchiș) se pot găsi pe distanțe destul de mari și gneisuri de culoare deschisă, probabil tot ca produse ale injecțiilor acide. La microscop gneisurile acestea prezintă o structură puțin sistoase. Ele sunt alcătuite din Feldspați — Ortoclazi în concreșteri cu granule xenoblaste de Cuarț, alternând cu separațiuni lamelare de mică neagră. Am întâlnit chiar și un Myrnekite tipic.

Injecțiile magmatice uneori sunt atât de acide încât dau naștere la filoane groase de Aplite albe, gălbui sau rozacee. Alături de Cuarțul ce predomină în acestea Aplite, ele mai conțin Feldspați Ortoclazi, Muscovită, iar sporadic și Grenafi. Asemenea sunt și Aplitele din dealul Teiu de la Berchiș în cari se găsesc ici-colea și stilete fine de Muscovită, iar Feldspații în parte prezintă un început de caolinizare, pe când cei necaolinizați apar și sub formă de macle de Karlsbad. Extincțiile ondulatorii ale acestora se comportă ca efect al cauzelor dinamice.

Fâșia de calcar marmorean, ce trece pela Petridul de Jos, cum am amintit mai sus, după ce reapare la N. de Valea Hășdate, pierde orice urmă de caracter metamorfic și prezintă exact aceeași formă structurală ca și calcarele tithonice la cari se poate face ușor de aci trecerea.

Cele spuse asupra calcarelor cristaline de lângă Burul, în zona de contact dintre roca eruptivă și calcarele metamorfozate, pe alocurea încă cu fosile (în pârăul Moldovan dela Berchiș), precum și trecerea gradată a acestor calcare, dela N. de Petridul de Jos, la calcarele jurasice, le credem a fi tot atâtea dovezi, cari ne îndreptățesc să presupunem, că fâșiile de calcar cristalin nu sunt altceva decât lame de calcar jurasice (tithonice) încheștate între șisturile cristaline, datorită mișcărilor tectonice și apoi metamorfozate în parte sau total prin presiune și prin contactul lor cu intrusiunile și injecțiile magmatice, bazice, mai tinere decât calcarele, probabil contimporane, eventual ulterioare mișcărilor orogenetice din Cretacicul mediu.

Cu ocazia unei convorbiri ce am avut la începutul anului 1923 cu Dl. Prof. I. SzABECZKY, care s'a ocupat mult cu șisturile cristaline, am avut deosebită plăcere să constat că aceeași părere are și Dsa. fapt ce reiese de altfel și din publicația Dsale<sup>(6)</sup> „Asupra originii și vârstei șisturilor cristaline din ținutul Arieșului (Munții Gilăului)“, din „Dărle de seamă“, etc., ale Institutului Geologic al României, Vol.



XI. pag. 194, 1923, unde D-sa expune aceeași părere bazată pe observări făcute în alte părți din Munții Apuseni.

Mergând mai departe, găsim chiar că acest fenomen a avut loc ulterior chiar și Cretacicului inferior, Neocomianului, mai ales dacă presupunem că metamorfismul în parte a fost cauzat și de intrusiunile magmatice provocate de puternicile mișcări orogenetice, căci marnele șistoase ale Neocomianului sunt străbătute de filoane de Cuarț în legătură strânsă cu injecțiile aplitice și dioritice acide.

E cu totul firesc să presupunem că aceste fenomene de petrogeneză și metamorfism au început să se desfășure într-o epocă ulterioară Cretacicului inferior și anterioară Cretacicului superior.

Ori acest timp coincide foarte bine cu puternicile mișcări orogenetice,acompaniate de importante manifestațiuni vulcanice. Cretacicopaleogene, cari au dat naștere și Catenelor-Dacice. fenomene cari încep la finele Cretacicului inferior. se continuă și se accentuiază în Paleogen.

---

BCU Cluj / Central University Library Cluj

## RESUMÉ.

Les bandes de calcaires plus ou moins cristallins, pincées dans des synclinaux de schistes cristallins entre Burul et la Vallée de Iara, sur la gauche de l'Aries, près Turda, Transylvanie, sont des calcaires tithoniques plus ou moins metamorphisés par les injections de roches acides et basiques, insues sous l'influence des forces orogénétiques qui ont surplissé en nappe pendant le Crétacé moyen les M-ts Apuseni.

---

## BIBLIOGRAFIE

- 1) PETERS 1861): Sitzungsberichte der math. u. naturw. Cl. d. kays. Akad. d. Wissenschaft. Wien 1861, pag. 421.
- 2) KOCH A. Dr. (188): Jelentés a Torda-Aranyos megye Tordától Ny-ra eső terület 1887 nyarán végzett földtani részletes fölvételéről. (M. kir. Földt. Int. évi jelent. 1887-ről, Budapest 1888).
- 3) BLANKEHORŇ M. (1900): Studien in der Kreideformation im Südl. u. Westl. Siebenbürgen. (Zeitschr. der deutsch. Geol. Ges. 1900. Bd. 52 pag.?)
- 4) PÁLFFY M. (1908): Umgebung von Abrudbánya. Zone 20. Col. 1:75.000 Budapest 1908.
- 5) LOCZY jun. (1917): Danten zur Kenntniss der Gossau- und Flyschbildungen des Arayostales. (Jahresber. der kön. ung. Geol. Reichsanst. 1916 Budapest 1917).
- 6) SZÁDECZKY J. (1923): Asupra originii și vârstei șisturilor cristaline din ținutului Arieșului (Munții Gilăului). („Dări de seamă ale ședințelor Institutului Geologic“ Vol. XI. Șed. 29/IV. 1923).
- 7) LUCCA VALERIU (1925): Raporturile geologice ale regiunii dela West de Turda. (Teză de licență prezentată la 1925 Facultății de Științe dela Universitatea din Cluj.

# CONTRIBUȚIUNI LA EXPLICAREA FENOMENULUI DE ÎNCĂLZIRE AL APELOR LACURILOR SĂRATE DIN TRANSILVANIA.

## I. LACURILE DELA SOVATA.

I. MAXIM

### PREFAȚĂ.

Lacurile sărate dela Sovata (în deosebi lacul Ursului), prin temperatura ridicată ce o prezintă în mod permanent apa lor, au ajuns clasice, fiind citate în literatura științifică mondială.

Cauzele încălzirii acestor ape au fost explicate pentru prima dată de KALECSINSZKY, iar lucrarea de față vine să precizeze și să completeze unele date nedeslușite bine în lucrările lui.

Inițiativa lămuririi acestui fenomen, a fost luată de D. Prof. Dr. I. P. VOITEȘTI, care mi-a dat acest subiect ca lucrare pentru licență și sub ale cărui îndrumări părintești am lucrat tot timpul, punându-mi la dispoziție și aparatele necesare acestui studiu. Îl rog să primească și pe această cale mulțumirile mele cele mai sincere odată cu recunoștința mea.

*Cluj, 24 Iunie 1926.*

## INTRODUCERE.

### I. SITUAȚIA GEOGRAFICĂ A LACURILOR DELA SOVATA.

#### Morfologia regiunii.

Comuna *Sovata* în hotarele căreia se află lacurile de cari ne ocupăm, este situată în colțul de SE. al județului Mureș, la poalele vestice ale Munților Hărghita, unde râulețul *Sovata* se varsă în Târnava Mică. *Sovata* este așezată, deci, la marginea estică a basenului Transilvaniei, unde regiunea colinară trece pe nesimțite în ultimile povârnișuri ale Hărghitei.

În hotarul acestei comune și spre N. de ea se află un mic podiș de 8 km.<sup>2</sup> numit „Între Sărături”, pe care se găsește situate lacurile ce formează subiectul studiului de față. Podișul acesta, situat la 500 m. altitudine, se ridică în spre N. și NE. destul de repede în spre vârful *Cireșeriu* (912 m.), acoperit în bună parte cu păduri. Din acest vârf ce predomină regiunea se desprind mai multe creste, dintre cari unele se pierd în luminșișurile și poienile dela poale, dintre cari două sunt mai reliefate.

Una, numită „*Esoc*”, care mărginește podișul spre E., prezentând înălțimea cea mai mică tocmai în șeaua de legătură cu podișul (545 m.) pe unde trece și drumul ce străbate stațiunea balneară în spre pârăul *Sebeș*, de unde creasta se dirijează spre S., apoi puțin spre SW., atingând înălțimea cea mai mare în vârful numit *Amenus* (651 m.), după care se coboară în pantă dulce dispărând pe nesimțite în lunca Târnavei Mici. Aceasta creastă își merită numele, căci pantele ei se lasă repede atât în spre pârăul *Sebeș*, spre E., cât și în spre pârăul *Sovata*, spre W., panta de W. începând a fi mai domolă numai din punctul de unde încetează a mai constitui țărnul stâng al râului *Sovata*. Creasta „*Esoc*” împreună cu vârful *Cireșeriu* constituie o pavază atât statului, cât și stațiunii balneare, împotriva vânturilor reci și mai frecvente dinspre E. și NE., după cum vârfurile: *Picek*, *Hallgato* și *Beheci*, alcătuiesc un scut de apărare contra vânturilor de W. și NNW., fapt ce are o importanță deosebită în menținerea condițiilor termice ale lacurilor.

A doua creastă, numită „Berț“, se desface dela poalele Cireșeriului urmând aceeași direcție ca și cea dintâi, însă nu formează ca aceasta o individualitate morfologică aparte, ea nereprezentând decât partea marginală vestică a podișului Intre Sărături, cu o pantă do-moală ce se scoboară pe nesimțite în valea largă a râului Sovata.

Podișul Intre Sărături delimitat astfel prin aceste două creste, având în subasment un puternic masiv de sare, cu un slab acoperiș sedimentar, se înțelege ușor care îi va fi configurația morfologică. Rocile din acoperișul masivului fiind reduse mult ca grosime, apa precipitațiilor atmosferice a putut ajunge cu ușurință la el, sculptând forme caracteristice de coroziune. Vom întâlni deci la tot pasul doline și văi în formare, sau acolo unde stânca de sare este desgolită de tot, te izbesc de departe șanțuiturile cu profil ascuțit, datorite modelărilor speciale făcute de apele de ploaie.

### Hidrografia regiunii.

Apele acestui mic ținut în mod natural se clasifică în două categorii: 1. pe baza compoziției lor chimice, ca: *a*) ape dulci; *b*) ape sărate; *c*) sulfuroase (un singur izvor), și pe baza felului lor de a se prezenta ca izvoare, pâraie, lacuri. Ambele împărțiri se mențin ne-excluzându-se una pe alta, pentru că cele curgătoare pot fi sărate și dulci, precum și cele stătătoare pot fi de două feluri.

**Apele curgătoare.** Pe versantul de S. în marginea de E. a dealului Cireșeriu izvoarește pâraul Auriu, care după parcurge o distanță de 1500 m. pe o pantă repede, se varsă în lacul Ursului. Debitul său socotit în 24 ore ar fi de 27475,20 litri (<sup>1</sup>) (Mai 1904), el variază însă foarte mult cu precipitațiile anuale. După ploi intense el duce din breția andesitică prin care trece cantități foarte mari de sedimente în lac.

Tot pe versantul de S. al Cireșeriului, însă pe clina sa de W. izvoarește pâraul Toplița, care făcând un drum tot așa de lung ca și celalalt se varsă și el în lacul Ursului, aproape în același punct ca și Auriul. Cantitatea de apă adusă de el este mai redusă, măsurată în 24 ore ar fi de 8899,20 litri (Mai 1904) (<sup>1</sup>), prin aceasta și cantitatea de sedimente aduse de el este mai redusă. Dealtfel el curge prin o regiune mai puțin descoperită, iar barajul construit în calea lui de un proprietar de vilă, îi scade cu mult puterea de transport. Auriul și Toplița, cari aproape se împreună la locul de vărsare în lac, înainte de formarea lacului, traversau regiunea ce formează azi

fundul lacului Ursului, pierzându-se în partea de S. a actualului lac, în dolinele masivului, reapărând apoi sub forma unui izvor puternic sărat, tocmai la marginea de N. a satului. Azi apa lor pătrunde în lac și după ce îi împânzește suprafața cu o pătură de apă dulce, apa lor se scurge mai departe prin un canal de lemn lung de 50 m. (spre a se împedeca eroziunea), răsfirându-se apoi din nou pe suprafața unui alt lac (Alunișul), de unde ies sub numele de Pârăul Sărat spre a se vărsa în râul Sovata.

Un alt pârău este acela ce trece prin mijlocul stațiunii balneare, având izvorul ceva mai spre SW. de unde șoseaua ce duce spre pârăul Sebeș trece creasta Esoc, vărsându-se și el în Sovata, apa lui devenind sărată numai de unde primește micul curs de apă ce vine dela lacul Negru.

**Izvoarele sărate (de slatină).** Ele sunt destul de numeroase. La poalele fiecărei stânci de sare mijeste câte unul. Celea mai concentrate și mai abundente sunt acele ce se ivesc deasupra băilor Gera (27—30% Cl. Na.).

În rezumat deci, între Sărăturile sunt străbătute de două pâraie mai importante: Pârăul Sărat (cu afluenții săi superiori) și dulci Auriul și Toplița, Pârăul Stațiunii, foarte puțin sărat numai de unde primește scursura lacului Negru.

**Lacurile dulci,** mai importante, sunt două: Lacul Șerpilor situat în linia lacului Roșu ceva mai spre W., la o altitudine de 500 m. având o suprafață de 3050 m<sup>2</sup>, și Lacul Dulce situat ceva mai spre W. de vârful Zoltan la o altitudine de 530 m., cu o suprafață de aproximativ de 884 m<sup>2</sup>. Lacurile acestea deși sunt situate pe masivul de sare și originea lor este datorită unor doline, sunt azi complet îndulcite. Aceasta se explică prin faptul că fundul lor fiind cu timpul împotmolit de un strat destul de gros de argilă, care izolând complet apa lor de masivul de sare pe care zac, aceasta a fost îndulcită cu timpul prin apele de ploaie și de infiltrație.

**Lacurile sărate** sunt destul de numeroase, importante sunt însă trei: L. Ursului, L. Aluniș și L. Negru. Putem menționa încă și lacurile din prelungirea de NW. a lacului Ursului, reduse azi mult ca întindere și adâncime, ele fiind supuse la un proces de împotmолire foarte înaintat: cum sunt: L. Verde și L. Roșu. Alte lacuri sărate mai mici sunt cele din regiunea numită Gera.

**L. Ursul.** Numele îi este dat de popor, prin asemănarea ce o prezintă suprafața lui cu o piele de urs întinsă. El s'a mai numit și Ilyeș, după numele celui ce a atras mai întâi atenția lumii științifice asupra însușirilor sale (Fig. 1).



Fig. 1. — Lacul Ursului. Der Teich „Ursul“.

Situația lui geografică este la  $46^{\circ}35'$  latitudine nordică și  $25^{\circ}7'$  longitudine estică Greenwich, la o altitudine de 502 m., având o suprafață de 45696 m<sup>2</sup>.

În ce privește *adâncimea* sa, se cunoaște o schiță, batimetrică rădicată de SCHAFARZIK <sup>(1)</sup> pe care o dau și eu (Fig. 2.) cu modificările necesare aduse. Adâncimea maximă după TELEGGI v. ROTH <sup>(2)</sup> este de 20 m., după KALECSINSZKY <sup>(3)</sup> de 34 m., iar în punctul unde a făcut el personal măsurările, în partea de SE. a lacului o găsește de 20 m. RÓZSA M. <sup>(4)</sup> în 1910 măsoară adâncimea maximă de 20 m. tot în partea indicată de schiță. În măsurările de adâncime ce am făcut, am găsit adâncimea maximă numai de 18 m. Adâncimea mijlocie se poate lua între 8—10 m., în porțiunea mediană, spre SE., ea poate fi socotită între 10—12 m.

Comparând datele de mai sus, pe cari le socotim exacte în ce privește adâncimea maximă, vedem că aceasta a scăzut cu timpul din ce în ce mai mult. Luând ca dată pozitivă măsurarea din 1904 (SCHAFARZIK), vedem că în decurs de 6 ani, până în 1910, regiunea cu maximum de adâncime, însă de suprafață ce e drept redusă, s'a împotmolit destul de repede cu o grosime de 3 m., sedimentarea materialului a mers deci foarte grăbit. Socotind apoi timpul din 1910—1925 când eu am măsurat adâncimea maximă de 18 m., se poate deduce că în decurs de 15 ani adâncimea aceasta a scăzut cu 2 m. În acest răstimp sedimentarea și umplerea raportată la perioada de timp ~~1904—1910~~ <sup>1904—1910</sup> University of Libman Găpet și aceasta se datorește faptului că prin înălțarea fondului, suprafața de colmatare devine din ce în ce mai extinsă.

Din aceste constatări se poate deduce că, procesul împotmolirii lacului merge cu pași destul de repezi, și dacă cele două pâraie ce se varsă în acest lac, prin influența apei lor, constituiesc puterea lui magică, prin miracolul temperaturii ridicate, tot ele îi sunt și cauza dispariției sale viitoare. Cantitatea de sedimente ce ele o aduc în lac este enormă și ea poate fi apreciată mai mult după micile delte cu care ele înaintează în lac pe fiecare an cu aproximativ 0,25 m. Se știe că nămolul în suspensiune, când ajunge în prezența unui electrolit, ca ClNa, se depune imediat. Această proprietate este accentuată aici și mai mult prin temperatura ridicată, așa că toate elementele detritice ajunse odată în lac se depun la fund. Adăogând la acestea faptul că pârăul Auriu își are albia săpată în brecea andesitică, cu un material ce se macină ușor, avem o icoană clară de colmatare a fundului în decurs de 21 ani cu peste 6 m.

*Volumul* de apă, dulce și sărată, al lacului este destul de mare, El se poate calcula cu destul de mare aproximație cunoscându-i suprafața, adâncimea medie și considerând întregul basen ca un



# LACUL URULUI Die Teich „Ursul“ (Harta Batimetrică. Batimetrische Skizze)

Nach d. Schafarzik F. 1904. avg.

revăzuta de durchgesehen von

I. MAXIM 1925 Julie.

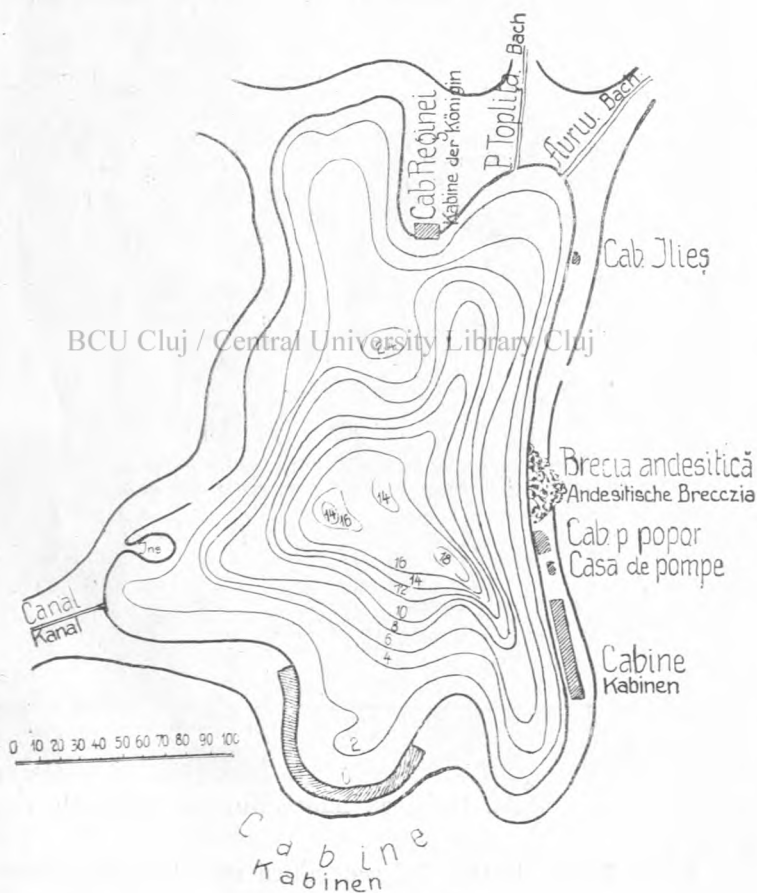


FIG. 2.

trunchiu de con, la care se adaugă volumul părții lacului cu adâncimea maximă, de formă conică doliniformă. Volumul astfel calculat este de 308915,73 m<sup>3</sup>. Fundul lacului se prezintă ca o pâlnie (doliniform) cu pereți abrupti (Fig. 3), acoperit de nămol negru, pe

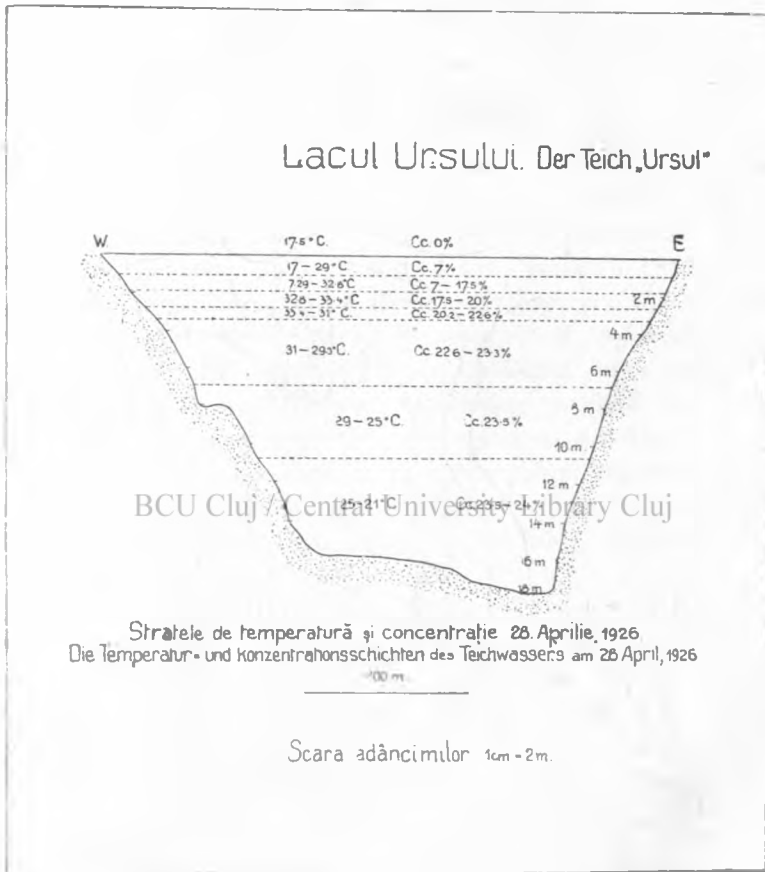


Fig. 3.

o grosime remarcabilă. Originea nămolului de fund este de natură organică.

**2 Lacul Aluniș.** Poziția lui geografică este dată de liniile de latitudine și longitudine amintite la lacul Ursul, el fiind așezat la o altitudine de 498 m., numai cu 50 m. mai spre W. de acesta, având chiar o legătură directă cu el prin Pârăul Sărat (canalul de lemn),

(Fig. 4). Lacul Aluniș are înfățișarea unei potcoave și este situat tot în o depresiune dolinară, având o suprafață de 5712 m<sup>2</sup>. Are cea mai mare adâncime în partea de W., cam la mijloc 6 m., adâncimea medie fiind cuprinsă între 3—4 m. Volumul său de apă calculat după metoda indicată, ar fi de 7269,1 m<sup>3</sup>. Fundul lacului e cu pârți abrupte și formați din sare, care în unele locuri se simte și cu

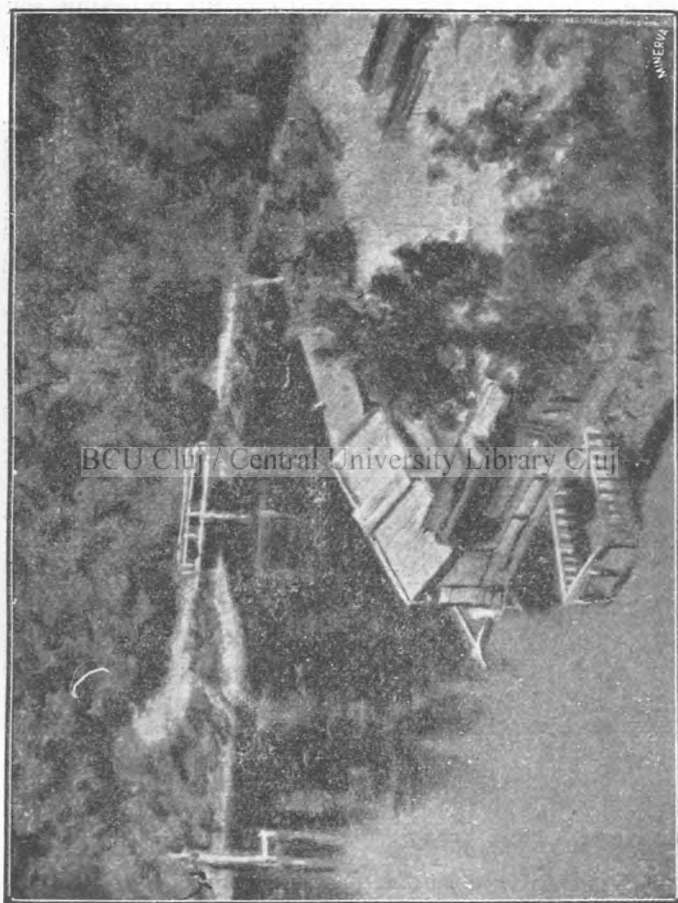


Fig. 4. — Lacul Aluniș, Der Teich „Aluniș“.

sondă cu greutatea de plumb și este acoperit de un nămol negru, de proveniență tot organică.

3. **Lacul Negru.** (Fig. 5). Are o altitudine de 520 m. și o formă mai mult sau mai puțin ovală, cu întinderea de 6426 m.<sup>2</sup>, fiind deci al doilea ca mărime după lacul Ursul. Adâncimea este mică, de 5—6

m.; schimbări importante în această adâncime nu s'au petrecut, el neavând nici un afluent care să îi aducă sedimente (Fig. 6).

Volumul său de apă ar fi de 10567,14 m<sup>3</sup>, iar fundul cu pârâni domoli și o înfățișare dolinară mai ștearsă este acoperit cu nămol negru de proveniență organică.

**Mișcarea apei lacurilor.** — **Valuri.** Dată fiind așezarea lor între înălțimi care le fac zid de apărare de jur împrejur, scutindu-le de vânturile mai mari, valurile lor sunt mici de tot, sau am putea

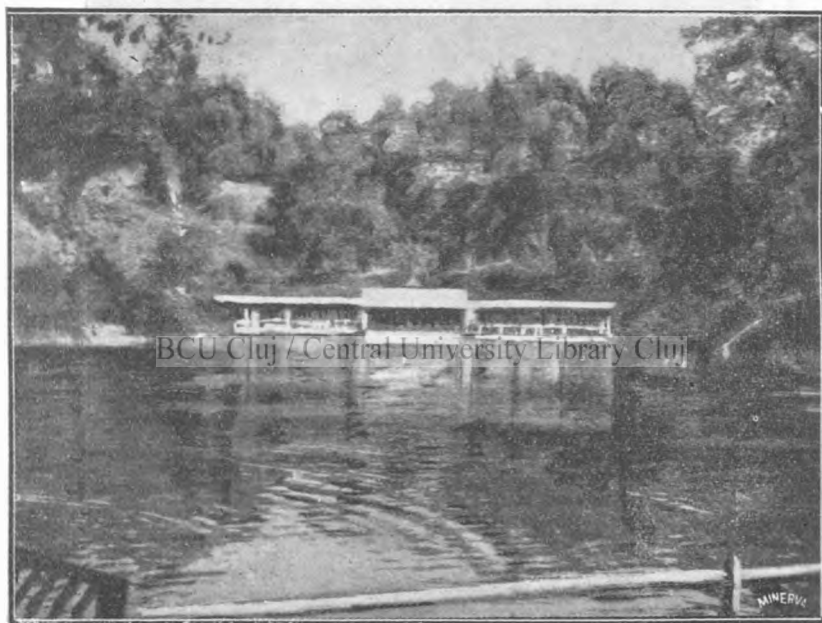


FIG. 5. — Lacul Negru. Der Teich „Negru“.

zice numai simple încrețiri ale suprafeții. Concentrația ridicată și prin aceasta greutatea specifică destul de mare a apei nu-i permite o mobilitate prea mare; — să știe că lacurile sărate peste tot par încremenite.

**Clima regiunii.** Clima la Sovata este aceea a regiunii Hărghita-Gurgiului scutită doar de vânturi. Temperatura medie anuală este cuprinsă între 8—9° C. Stațiunea meteorologică din sat (Sovata) a înregistrat în 1925 următoarele date:

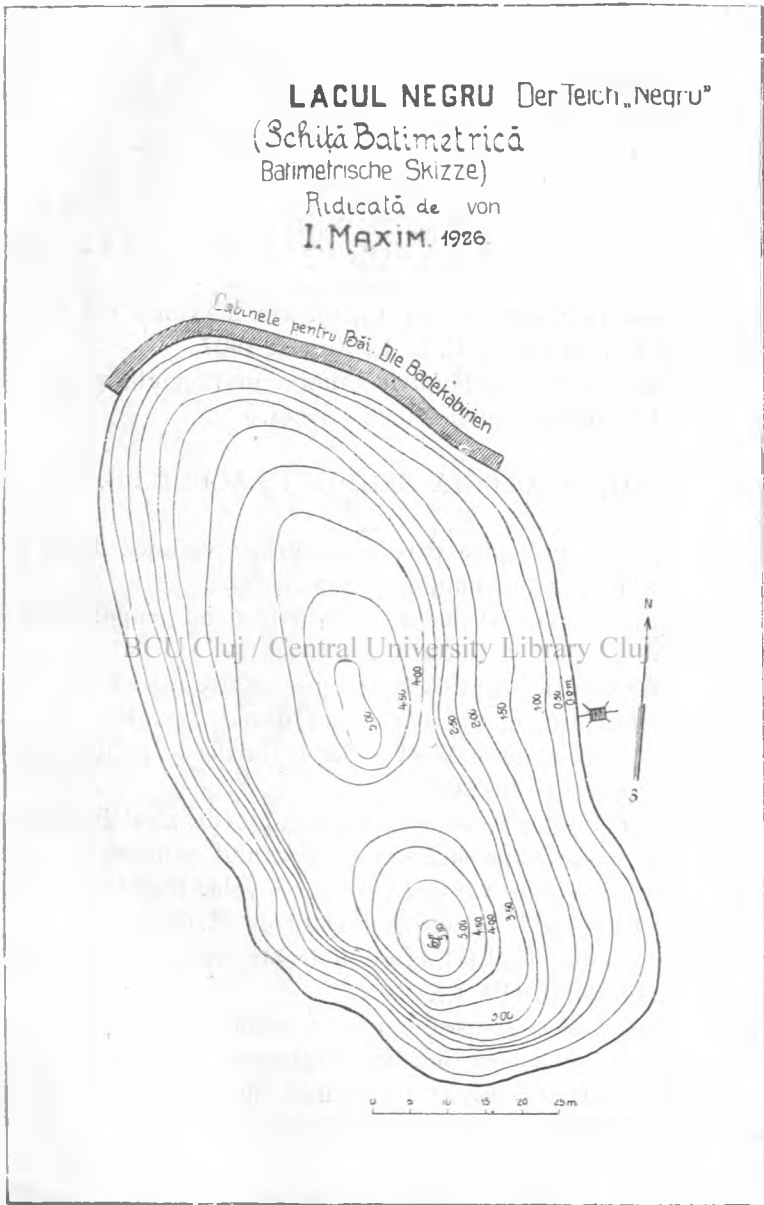


FIG. 6.

Ianuarie un maximum de 13,8° și un minimum de — 10° C.

Februarie un maximum de 18° și un minimum de — 5,6° C.

Iulie un maximum de 28,9° și un minimum de 10,8° C.

August un maximum de 25,4° și un minimum de 8,2° C.

Precipitațiile snt destul de abundente, căzând mai mult vara, izohietele de vară fiind cuprinse între 275—300 mm. (<sup>5</sup>), cele de primăvară între 175—200 mm., iar iarna între 75—100 mm.

Amplitudinile variațiilor de temperatură sunt aici cele mai favorabile din întreaga regiune (<sup>6</sup>), minimumul cel mai puțin scăzut, înregistrat la 13 August 1907, comparat în toate văile munților Ghiurghiului, a fost la Sovata de 10° C., tot așa maximul cel mai ridicat a fost tot la Sovata de 30° C. la 12 August 1907.

Aceste date ne arată lămurit situația privilegiată și din punctul de vedere al climei a lacurilor dela Sovata.

## II. GEOLOGIA REGIUNII LACURILOR.

Formațiunile geologice care constituiesc regiunea Intre Sărăturilor aparțin Terțiarului nou, — Neogeneului.

Rocile alcătuitoare le putem împărți în două grupe: unele de natură eruptivă și altele de natură sedimentară.

Rocile de natură eruptivă sunt reprezentate prin *breciile și tufurile amphibolandesitice*, din cari este formată creasta Esoc, dealul Cireșeriu, — trecând spre West și în dealurile de pe dreapta râului Sovata, în Forraș și Beheci.

Linia ce delimitează aceasta formațiune de stratele sedimentare ale podișului nostru, urmează cursul pârăului ce trece prin mijlocul stațiunii, începând dela vărsarea lui în Sovata, trecând pe marginea lacului Ursul căruia îi formează țărnelul de E. ca de aici, înaintând pe cursul pârăului Toplița, să se îndrepte spre NW., spre elina vestică a Cireșeriuului. (Pl. I.).

Vârsta geologică a acestor roce e socotită post pontică (panonică) pentru că se aștern imediat deasupra stratelor pontice, fapt ce se observă foarte evident pe stânga linii ferate Sovata—Praid, unde deasupra stratelor cu prundișuri pontiene se aștern breciile eruptive.

Întinderea formațiunilor de natură sedimentară se identifică în bună parte cu întinderea masivului de sare, care are o înfățișare eliptică, scobită în forma unei cuvette înlăuntrul formațiunilor eruptive.



Imediat deasupra stâncilor de sare se văd marne albăstrui și argile (argila sării) cu cristale de gips, totul puternic frământat și brecciat, acestea observându-se foarte bine pe stânga Pârăului Sărat, la S. de L. Aluniș. Deasupra acestor marne și argile se observă pe unele locuri niște nisipuri gălbui și unele gresii slab cimentate, ce au o extindere mai mare în partea dinspre vârful Zoltan — Lacul Negru. Ele se mai pot urmări de-a dreapta Pârăului Sărat pe coama Berț, începând deasupra satului până aproape de poalele Gireșeriului. În unele locuri, deasupra argilei sării mai ales în spre L. Roșu, pe țărnul de N. și NW. al lacului Ursul, deasupra stâncilor de sare ce apar pe coama Berț, se află resturile unui învăliș vechiu conglomeratic, care se deosebește de conglomeratele andesitice din apropiere, prin elementele lor petrografice formate din micașturi și din șisturi sericitoase și cloritoase.

Vârsta geologică a stratelor ce acoper imediat masivul, împreună cu sarea lui, sunt considerate, de altfel ca toate masivele de sare din Basenul Transilvan a aparține Mediteraneanului superior (II-lea) (Strt. de Câmpie - Mezöség ale lui Koch Ant. (7)). Masivul face de altcunum parte din șirul masivelor de sare ce se dirijează la marginea estică a Basenului transilvan după o linie NW-SE (Pintie, Jabeșița, Sovata, Praid, Levetea până în valea Oltului).

Aceste strate nu sunt însă stratele matrice sau primare ale sării, ci ele îi determină numai poziția tectonică a lui. Masivul prezentând un caracter de străpungere a stratelor ce îl acoper (marnele brecciate). Că, masivul nu are o vârstă stratigrafică determinată, ci numai o poziție tectonică, a fost evidențiat acum în timpul din urmă de dl prof. dr. I. P. VOITEȘTI (8).

În spre S. și SE. masivul de sare nu ia contact numai cu stratele miocenice ci deadreptul cu cele pliocenice-pontice.

În rezumat, între Sărăturile sunt alcătuite din două formațiuni geologice: *Breciili amphibolandesitice de vârstă post pontică și sarea cu stratele acoperitoare considerate ca mediterane.*

Cunoașterea limitei acestor două formațiuni este foarte importantă din punctul de vedere al edificărilor ce se fac în stațiune, breccia andesitică constituind un teren destul de solid, astfel că se poate clădi pe el cu toată siguranța, pe când sarea și stratele învelitoare, fiind puțin stabile, pot provoca alunecări în fiecare moment (Fig. 7).



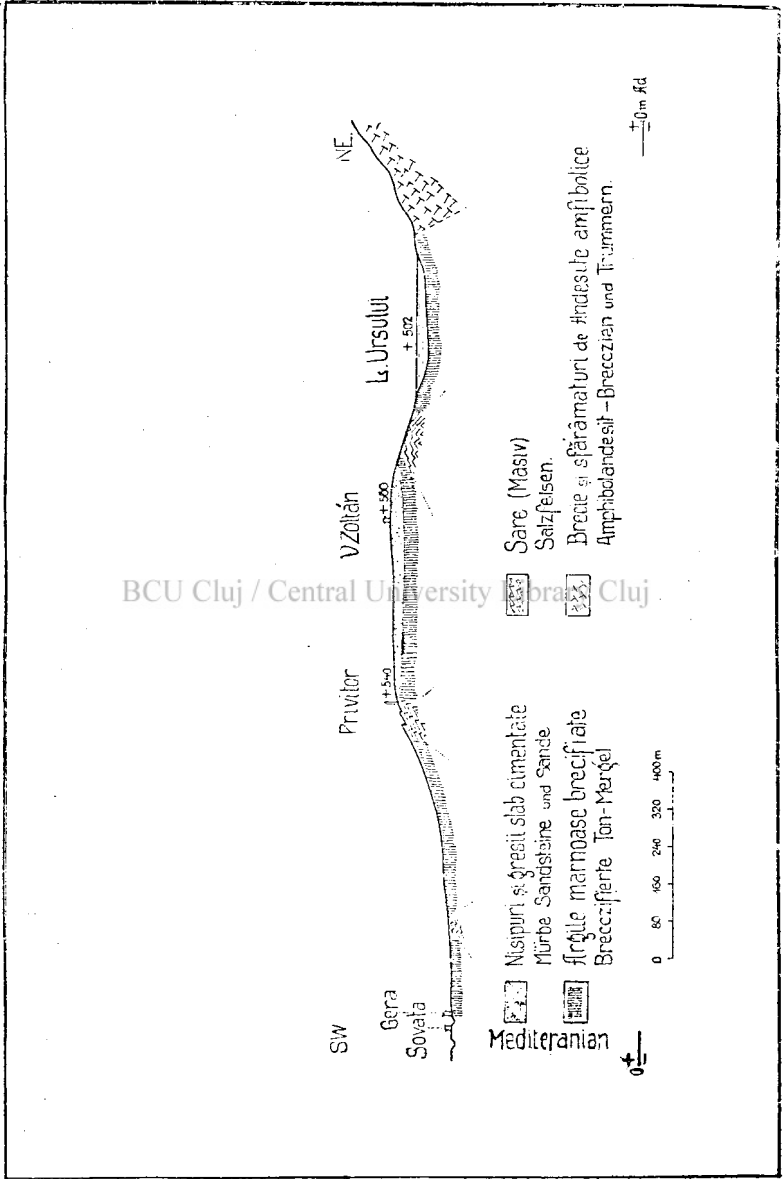


Fig. 7.

BCU Cluj / Central University of Brasov Cluj

## Originea lacurilor.

Numeroase lacuri atât dulci cât și sărate ce se află pe Intre-Sărături, aparțin grupeii de lacuri karstice, datorite fenomenelor de disoluție în masa sării.

Ele se pot forma cu multă ușurință dacă ținem seama că, deasupra argilelor marnoase, se află nisipuri și gresii puțin cimentate, ce absorb și transmit apa de ploaie cu multă ușurință stâncilor de sare, asupra cărora ea își începe acțiunea de distrugere prin disoluțiune. Precipitațiile bogate intensifică și mai mult acest proces.

În ce privește timpul în care s'au format, pentru unele avem date destul de precise, care ne pot servi ca acte de naștere în legătură cu unele fenomene geologice; pentru altele suntem lipsiți de hărțile oficiale, însă etatea lor nu este de loc geologică ci istorică nouă.

Printre lacurile cele mai vechi este considerat lacul Negru, care probabil s'a născut în locul unei mine părăsite de Romani.

Timpul nașterii lacului Aluniș nu se cunoaște precis, însă el nu poate fi depărtat.

Lacul Ursul își poate serba nu peste mult semi-centenarul nașterii. După cum reieșă din procesele verbale, dresate cu ocazia nașterii lui, dacă mărturisirile martorilor diferă în ce privește anul, se poate spune totuși că lacul s'a format între anii 1870—1880, printr'o prăbușire ce a dat naștere unei doline. La aceasta dată s'a astupat și calea subterană prin care apa celor două păraie se strecură pe sub masivul de sare.

Aceste fapte ne arată că lacul Ursul nu este numai un lac karstic ci și de baraj.

### III. PROPRIETĂȚILE FIZICE ALE LACURILOR

**Proprietățile termice:** 1. Lacul Ursul. Primele observații asupra temperaturii apei lacului le avem din anul 1898 \*), date de chimistul LENGYEL B. (\*). El spune că temperatura variază atât în suprafață cât și în adâncime, variație ce este în legătură cu densitatea și concentrația în  $\text{ClNa}$ . La suprafață găsește o pânză de apă dulce, iar apa sărată la o adâncime de câțiva cm. are o temp. de  $16-20^{\circ}\text{C}$ ., pe când la o adâncime ceva mai mare, de  $30-40^{\circ}\text{C}$ ., între 3—4 m. chiar de  $60^{\circ}\text{C}$ .

\*) Dată fiind relația strânsă care există între mersul temperaturii și concentrații în  $\text{ClNa}$ , le vom urmări paralel.

TELEGDI v. ROTH ne dă următoarele date, măsurate în toamna aceluiaș an pe la sfârșitul lui Septembrie:

Temperatura aerului la adâncimea de

0,50 m. . . . . 25,5—38° R.

1,50 m. . . . . 50 —55° R. (69,5° C.)

Cele dintâi date exacte asupra variațiunilor temperaturii, densității și concentrației în ClNa, le avem din anul 1901, luna Iulie,

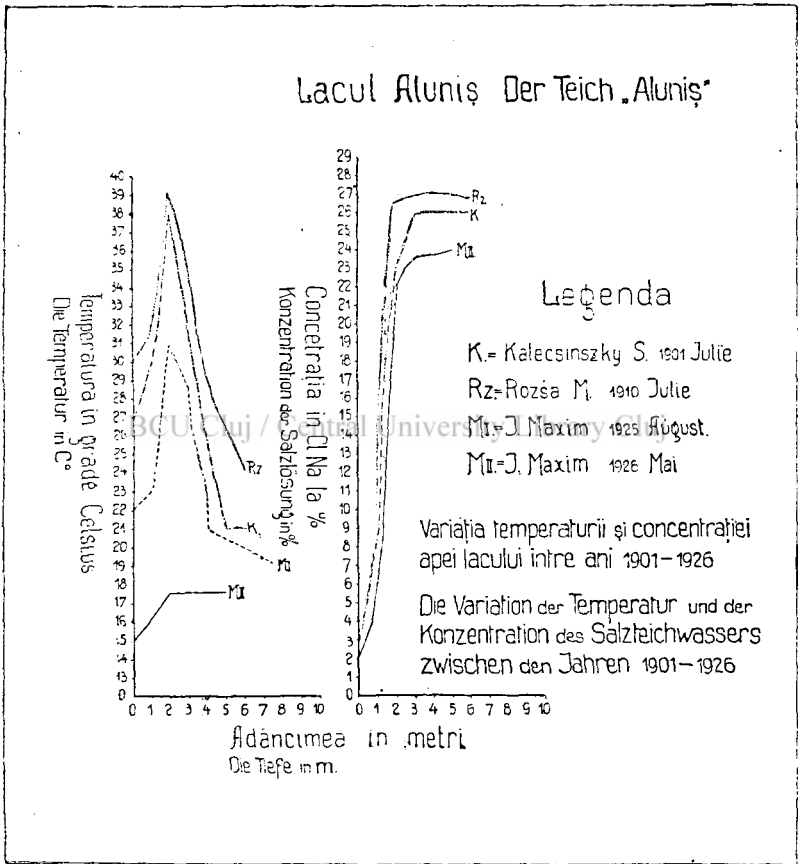


FIG. 8.

când KALECSINSZKY S. <sup>(10)</sup> face un studiu detaliat al lacurilor, dând și o explicație a cauzei încălzirii lor, explicație primită azi de toată lumea științifică.

Din 1902 avem observațiile lui RIGLER G. <sup>(11)</sup>, din 1904 ale lui SCHAFARZIK, din 1905 și 1909 unele date incomplete ale lui HANKO V. <sup>(12)</sup>, din 1910 măsurările lui ROZSA M., din 1921 unele măsurări

făcute de ILVEȘ TIBOR; iar în 1925 și 1926 am făcut și eu o serie de măsurări asupra variațiunii ce prezintă apa acestor lacuri (Vezi Tab. No. 1 și 2.), pe cari pentru a le putea evidenția mai bine și în mod comparativ le dau și în reprezentare grafică (Pl. No. II).

Din toate datele de observație făcute într'un interval de 28 ani, cari pagubă că nu sunt complete, se desprind următoarele concluzii:

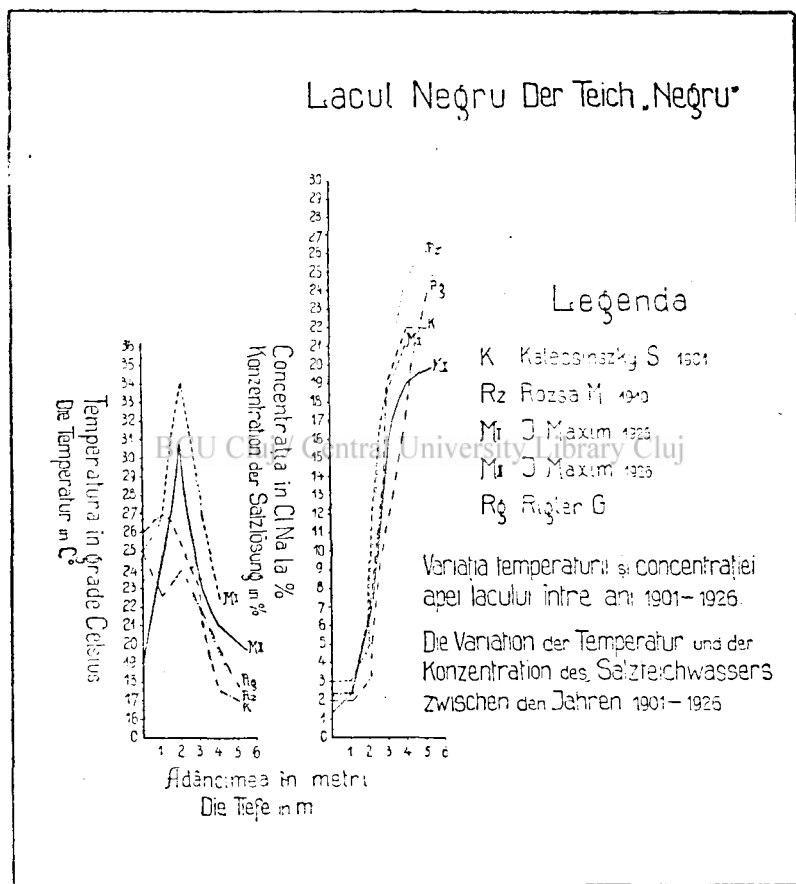


Fig. 9.

1. Temperatura lacului Ursul este: a) supusă fluctuațiilor și variațiilor anuale, ele fiind în funcție directă atât de variațiunile climatei cât și de variațiunile diurne și sezonale.

b) Stratul cu temperatura maximă s'a stabilit la adâncimea cuprinsă între 2—3 m.; c) Concentrația apei lacului este și ea supusă

variațiilor, suferind dela 1910—1926 o pierdere de aproape 3%, iar din 1902, când s'a măsurat concentrația maximă de 32,6% până azi, o pierdere de 8,6%. — Deci lacul tinde cătră o îndulcire.

2. **Lacul Aluniș.** Asupra mersului temperaturii lui avem puține date. Atenția tuturor a fost și este ațintită mai mult asupra lacului Ursul, unde gradul de temperatură ridicat la care se află apa i-a isbit pe toți. — Totuși din datele ce ne stau la dispoziție (Fig. 8.) și observații făcute de mine (Tab. No. 1 și 2), putem constata următoarele: a) Lacul își menține termicitatea (datele din 1925), însă ceva mai redusă. b) Stratul cu temperatura maximă se menține și aici la o adâncime de 2 m. c) La un moment dat lacul poate deveni atermic (datele din 1926). d) Temperatura și concentrația mai scăzută față de anii precedenți arată o descreștere ca și la lacul Ursul.

3. **Lacul Negru.** Observațiile făcute asupra temperaturii acestui lac (Fig. 9), ne vorbesc elocvent de schimbările suferite. Concentrația se apropie de aceea aflată în 1901, deosebindu-se de datele lui Rózsá. — Un fapt care ne surprinde aici este că lacul deși se prezintă în aceleași condițiuni de concentrație ca și în 1901 temperatura sa este foarte ridicată (Tabl. No. 1 și 2).

Rezumând datele trecute în revistă asupra temperaturii tuturor lacurilor, într'un interval de 28 ani, ele ne arată că: temperatura sa menținut superioară oricărui lac de apă dulce, cu variații sezonale și anuale, de aceea ele ies din cadrul lacurilor cu temperatură ordinară, alăturându-se apelor termale cu temperatura ridicată.

### **Considerațiuni generale asupra cauzei și fenomenului de încălzire a lacurilor.**

Expunerea observațiilor de până aici ne înfățișează clar felul de comportare termică a acestor lacuri.

Se pune întrebarea de unde ia căldura apa lor?

Căldura pe care o iau și o înmagazinează corpurile de pe globul pământesc, poate să aibă numai două origini: 1. Căldura proprie a pământului, căldura internă (socotind în aceasta grupă și căldura ce o desvoltă diferitele substanțe minerale, ce intră în constituția scoarței, prin diferitele reacțiuni chimice ce se pot întâmpla, sau prin degajări libere). 2. Căldura primită din afară, dela soare, extra-terestră.

Fiecare din aceste două sorginți, își au notele lor proprii prin care se caracterizează și manifestă.

Este căldura lacurilor noastre de proveniență internă? termală? Dacă da, atunci trebuie să avem și aici toate circumstanțele caracteristice acestui fenomen, ca degajări (apreciabile) de căldură sub formă energetică, fenomen care nu se cunoaște decât la adâncimi mari, ori emanațiuni de gaze ferbinti ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  etc.), sau de vapori de apă ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Fenomenele acestea sunt însă legate de anumite zone tectonice locale, fără un caracter de generalitate. Ele se manifestă în totdeauna în anumite puncte fixe, deci locul de eșire a lor se poate recunoaște ușor, locul unde ies și vin în contact imediat cu exteriorul, — în cazul nostru apa —, în punctul acela va trebui să fie întotdeauna la o temperatură mai ridicată, temperatura scăzând apoi cu cât ne îndepărtăm de punctul de ivire.

Să discutăm aceste note determinante pe rând.

Lacurile noastre nu pot primi căldura ca ceva energetic, dat fiind adâncimea scăzută a lor. — Încălzirea prin diferitele reacțiuni, fie produse de substanțe organice, cum spunea în treacăt LEXGVEL, fie prin procese de oxidare, cum îi plutea înaintea ochilor lui TELEGI v. ROTU, nu e posibilă și nici nu există. Cantitatea de căldură ce ar trebui să o desvolte aceste reacțiuni, necesită să fie extraordinar de mare, menținându-se constant în timp de 30 ani, pentru a încălzi o masă enormă de apă. — Degajări de căldură în cantități așa de mari nu se cunosc. De altcum nici substanțele ce ar da naștere acestor reacțiuni nu există aici, piritile din breccia andesitică de pe țărmul de Est a lacului Ursul sunt reduse în ce privește cantitatea.

Nu sunt încălzite nici din partea unui izvor *termal*, pentrucă: prezența unor gaze (ce nu se dizolvă în apă) nu s'a putut observa nicicând și de nimeni în lac, — degajările nefiind de natură de a nu putea fi observate, bolboroselile și bulele acestora trebuind să atragă atenția oricui. Analizele chimice nu evidențiază prezența acestora, cantitățile de gaze ce se observă în apă sunt foarte mici și datorite mai mult proceselor biologice. — Să presupunem că nu avem gaze, ci deadreptul vapori de apă, cari ajungând în masa lacului se lichefac degajând căldura ce o aduc cu ei. În cazul acesta pentru încălzirea apei întregului lac, să cer cantități mari de acești vapori, cari s'ar putea recunoaște prin o mărire a volumului și debitului de apă, ori aceasta nu s'a putut observa. — Apoi aceste izvoare hidrotermale au o sorginte localizată, în cazul nostru, ar trebui să

fie sau pe fundul lacului sau pe țărmuri. Dacă ar fi pe fund ar trebui să observăm o ridicare a temperaturii stratelor de fund, din imediata apropiere a izvorului ferbinte. Ori măsurările de temperatură a stratelor de fund nu arăta aceasta.

În cazul când izvorul ferbinte s'ar afla localizat pe țărm, atunci ar trebui ca masa de apă ce vine imediat în contact cu el, să aibă o temperatură mai ridicată, aceasta nu se observă. În măsurările de temperatură ce am făcut în 30 de puncte diferite ale lacului la adâncimile de 0,53 m., 0,70 m., 1,23 m., 2,23 m., nu am observat între ele decât diferențe de  $0,5^{\circ}$  C.

Dacă izvorul ar fi difuz, fie pe fund fie pe țărm, ar trebui să se observe o ridicare a temperaturii apei stratelor ce vin în contact cu fundul sau țărmul. — Prin încălzire se nasc o serie de curenți de convecțiune atât pe verticală cât și pe orizontală, cari urcă apa caldă în sus, iar alții cari duc apa rece în jos, ar trebui să se observe acești curenți, ori ei nu s'au putut constata. — Apoi ori cât de repede ar circula aceștia tot trebuie să treacă un timp, până ce o cantitate de apă rece se încălzește atât de mult ca să fie superioară celei de deasupra pentru a-se putea ridica în sus. S'ar fi putut surprinde acest moment, când stratul cald e gata de ascensiune, având temperatura mai înaltă, decât cel de deasupra, proces ce s'ar face în mod continuu și în tot timpul, astfel că prin sondări termice de adâncime s'ar fi putut constata.

Nimic din toate acestea nu s'a observat, situația prezentându-se chiar contrarie. Apa lacului arată o uniformitate mare a temperaturii aceluiași strate, atât pe orizontală cât și pe verticală, stratul cu temperatura maximă fiind așezat la mijloc, între strate mai reci și sus și jos.

*Deci posibilitatea existenței unui surse ferbinți, fie localizată, fie difuză nu se poate susține.*

Situația lacurilor într-o regiune vulcanică, ne dă puțin de gândit. Numai câțiva km. ne despart de Corund, unde manifestările post-vulcanice și produsele hidro-termale se arată în toată vigoarea lor, prin depunerile de Aragonit. — Nu avem însă aici localizarea fenomenului, deoarece toate cele cinci lacuri posedă însușirea de a acumula căldura.

Mai jos, dau observațiile făcute asupra unui mic lac situat la baza stâncilor de sare, numite „Carpați“, deasupra lacului Ursul.

12 August 1925..

In 1926 1. Mai

suprf	21°C	La 0,50	17°C
0,15m	21	1,90	15
0,24	21		
0,32	30		
0,40	34		
0,50	34		
0,80	34,5		
1,00	35,5		
1,54	34		

Aceasta mică baltă, care s'a format acum de curând și care după cum ne arată cifrele alăturate prezintă o încălzire ridicată, am putut să o cercetăm în amănunt, fără a afla nimic care să ne dea de bănuț existența vre-unui izvor hidrotermal. Argumentul împotriva căruia nu poate rezista ipoteza hidro-termală este variația, chiar dispariția și reapariția încălzirii acolo unde a fost sau nu a fost mai înainte (Vezi măsurările asupra Lacului Aluniș 1926 Mai, Lacul Negru 1925 și 1926).

Variații mari de zeci de grade în plus sau în minus nu s'au observat la nici un izvor hidrotermal, chiar în raport cu variațiile extreme ale climii. Pe când în cazul lacurilor noastre aceste variații sunt manifeste.

Din cele relatate mai sus se desprinde evident, că *sorgința căldurii lacurilor nu este de origine internă. — Lacurile se încălzesc dela soare.*

Aceasta explicație a fost dată în cazul lacurilor noastre de KALECSINSZKY S. \*) și primită ca singură *conformă cu adevărul.*

Încălzindu-se dela soare fenomenul nu mai poate fi ceva unic, — el trebuie să se prezinte de o generalitate constantă ca și cauzele care-l provoacă, adică, acolo unde este soare, lacurile sărate vor prezenta acelaș fenomen de încălzire.

Iată câteva date spicuite din literatura ce am putut-o afla și cari ne pun în fața acestei generalizări:

TELEGDI V. ROTH (op. cit. No. 2) citează revista „Prometheus“, vol. IX. 1897, cu observațiile lui ZIGLER și MARCHAND, făcute asupra

\*) Ideia a fost emisă mai întâi în mod timid, sau mai bine zis a fost aruncată de T. V. ROTH, poate nici chiar de el, ci din partea lui L. LOCZY; care i-a atras atenția lui T. Y. ROTH asupra unui fenomen analog, dându-i revista „Prometheus“ cu lucrarea lui ZIEGLER și MARCHAND.



unui basen sărat dela Besançon (Franța), în care au măsurat în 14 August 1897, la 1,35 m. adâncime, o temperatură de 62° C., explicând și proveniența ei de origine solară (Basenul era construit din beton).

PROF. DR. HÄPKE (<sup>13</sup>) într'un articol al său cu titlul „Warmwasserseen und heisse Salzteiche“, descrie un mic lac situat pe insula Tysanes, lângă Hardanger fjord, care în 21 Iulie 1898 a prezentat o temperatură de 26—28° C., cu o concentrație de 1,5%—3% ClNa, temperatura aerului fiind 13° C. Nu departe de insula Selö s'a găsit iar un lac cu asemenea temperatură. Tot așa lacul Ostrawik, lângă Egersund (Suedia). Tot el citează observațiile geografului rus IG-NATOFF, care în 1899 găsește în Siberia de W., guvernământul Akmolinsk, o serie de lacuri cu astfel de proprietăți. Așa lacul Kysilkalk are la suprafață temperatura 20—27° C., iar în adâncime 34° C., — apoi despre lacurile Teke și Sel-ty-Denis, Kirghizi povestesc că nu îngheață niciodată.

G. B. HOLLISTER (<sup>14</sup>) publică în „Journal of Geography“ sub titlul de „Meade salt well in SW. Kansas“ (Miraculosul lac sărat), observațiile sale, din cari reesă că lacul prezintă temperaturi foarte rădicate și o stratificație a concentrației.

Un exemplu frumos îl avem dat și de BRECHT-BERGEN (<sup>15</sup>). El găsește în lacul Kutschuk, din Siberia, în care se varsă un mic pârâias: Solonowka, la suprf. temp. de 22° C., iar la 1 m. 44° C.

Lacurile sărate dela noi: Oca Sibiului, Cojocna, Turda, după observațiile lui RIGLER și acum în primăvara anului 1926 după ale mele, prezintă încălziri în grad ridicat până la 46° C. Acest fenomen a fost semnalat și în lacurile din vechiul regat de D. Prof. MRAZEC printr'o scrisoare trimisă lui KALECSINSZKY (<sup>16</sup>).

Lacurile sărate din sudul Basarabiei încă prezintă o încălzire până la 30° C. (<sup>17</sup>).

Lacurile de stepă, cari în general sunt toate sărate, precum și cele din deșerturi, acumulează căldura, însă nu o pot menține ca cele dela Sovata. Deci pentru menținerea căldurii, lacurile noastre au ceva special ce permite aceasta, acest ceva este pânza de apă dulce dela suprafață, ce nu se poate afla decât la lacurile situate în regiuni cu precipitații bogate, și alimentate cu izvoare. Pătura de apă dulce nu are un rol activ în încălzire, ci numai unul *pasiv* în menținerea căldurii, după cum vom arăta mai târziu.

Cunoscând cauza încălzirii lacurilor să vedem acum care este procesul.

## Acumularea și conservarea căldurii.

Acumularea căldurii într'un lac este în funcție de o serie de factori ce se pot grupa: în factori obiectivi și factori subiectivi (<sup>18</sup>).

De factorii obiectivi țin: căldura primită direct dela soare, căldura radiată de atmosferă, căldura transmisă direct prin contactul atmosferei cu suprafața lacului, căldura latentă datorită condensării lente a vaporilor, căldura adusă de diferiți afluenți (râuri) și de ploaie, căldura dezvoltată prin lucrul mecanic al vântului și căldura produsă prin fenomene biologice. De factori subiectivi țin: terenul pe care se află lacul, felul de așezare al lui, poziția geografică și natura chimică a apei.

Pierderea căldurii se produce în general prin: radiarea în spațiul cosmic și în atmosferă, prin contactul direct cu atmosfera rece, prin căldura latentă absorbită în timpul evaporațiunii dela suprafață și prin aportul de apă rece adus de diferiți afluenți (râuri, ploaie).

Factorii obiectivi: Intre aceștia cel dintâi și care prevalează este căldura solară. Cantitatea de căldură solară primită, — după deducțiile teoretice, alui W. SCHMIDT (<sup>19</sup>) verificate apoi experimental, — atârnă de unghiul sub care razele cad pe suprafața lacului. O bună parte din razele solare sunt reflectate. În ce privește raportul între razele (energia) reflectate și cele absorbite, SCHMIDT dă următoarele cifre: Când razele solare cad perpendicular, avem o pierdere numai de 2%. Scăzând însă unghiul format de soare și orizont, cantitatea de raze reflectate va fi mai mare. La unghiul de 30° se reflectă 6%, la unghiul de 20° avem 13% raze reflectate, la unghiul de 10° sunt reflectate 35%.

Când soarele este la orizont nu mai pătrunde în lac nici o rază, și ca atare nici o energie calorică nu va mai putea fi absorbită. Astfel se explică căldura lacurilor dela ecuator, spune W. SCHMIDT, cari pierd numai 4.5% din căldura totală primită direct într'o zi, calculată în mod teoretic.

La 45° latitudine lacurile pierd aproximativ 9%, la 60° latitudine 15%, la 80° latitudine (lacul Vättern) 60%. La latitudinea de 46° la care sunt situate lacurile dela Sovata pierderea este aproximativ de 9.02%.

Cel care a studiat mai amănunțit chestiunea absorbțiunii energiei solare a fost E. ASCHINAS (<sup>20</sup>), dând măsurări precise. El a determinat absorbția razelor pentru diferite lungimi de undă. Ca

bază pentru aceste măsuri, a luat diviziunea energiei din spectrul solar în 1000 de unități. La o cădere perpendiculară a razelor solare, se absorb următoarele cantități de energie calorică în diferitele adâncimi:

La adâncimea de	0,01mm se absorb . . .	993,7 energ.
	0,1 mm . . . . .	952,1
	1,0 mm . . . . .	859
	1cm . . . . .	730,2
	10cm . . . . .	549,3
	1 m . . . . .	358
	10m . . . . .	181
	100 m . . . . .	13,9

Din aceste date reesă că în stratele superioare sunt înghițite razele ultra-roșii din spectru, dintre acestea, acelea, a căror lungime de undă este mai mare decât 1,8 micrometri (lungimea roșului de ordinul al II. vizibil, fiind de 0,8 micrometri.), la adâncimea de un milimetru dispar complet. La adâncimea de un decimetru începe a se face absorbția razelor vizibile din spectru, iar la 100 m. ajunge numai  $\frac{1}{70}$  parte din energia razelor căzute pe suprafața lacului. Se evidențiază deci că o parte însemnată din radiația solară este absorbită de stratele superioare, — astfel acestea vor fi supuse și la încălzirile cele mai mari.

Din datele lui W. SCHMIDT se vede și mai evident procesul de încălzire. El considerând intensitatea radiațiunii primite în timp de un minut pe un  $\text{cm}^2$  egală cu g-cal., pentru razele ce cad perpendicular pe suprafața apei, află următoarele cifre ce redau temperatura în gr. C. (făcând abstracție de pierderile suferite prin conductibilitate, convecție, evaporatie).

La suprf . . . . .	6,86°C	in un minut
0,1mm . . . . .	3,69	
1cm . . . . .	9,71	
10cm . . . . .	0,0071	
1m . . . . .	0,0008	
10m . . . . .	0,00008	
100m . . . . .	0,000003	

Energia stratelor superficiale este fără îndoială consumată pentru evaporare, numai cea dela adâncime se poate acumula. Adâncimea până la care se resimt variațiile de temperatură ale radiațiilor solare directe este de 7 m., cu mici variațiuni de  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Din

datele de mai sus, putem vedea că razele soarelui pătrund până la o adâncime destul de considerabilă, pe când pierderea căldurii primite se face mai mult la suprafață. Acolo unde prin diferența de greutate specifică, curenții de convecțiune între diferitele strate devin imposibili, căldura acumulată în timpul zilei (sau întregii veri) se sumează, în felul acesta s'ar putea explica temperaturile ce le avem în unele lacuri sărate spune W. SCHMIDT.

Acumulată odată energia calorică solară în anumite strate de apă ale lacului, ea tinde spre un *echilibru*, propagându-se în toată masa.

Echilibrul termic al unui lac depinde de toate proprietățile fizice și chimice ale apei lui, ca: diatermanitatea, căldura specifică, densitatea. *Diatermanitatea* apei este redusă, apa dintre toate lichidele este aceea care lasă să treacă mai puțin radiațiunile termice, — fapt ce-l reliefează atât de bine cercetările lui F. ASCENAS amintite mai sus.

L. SORRET (<sup>21</sup>), care a determinat diatermanitatea lacului Léman, află că ea este mult mai mare pentru căldura luminoasă, decât pentru căldura obscură. Această observație se verifică și prin cercetările noastre asupra lacurilor sărate, la cari stratul cu temperatura maximă situat la o adâncime de peste 2 m., pierde căldura devenită obscură după acumulare foarte încet.

**Capacitatea calorică** (căldura specifică). Date asupra căldurii specifice a apelor sărate se cunosc prea puține, în tot cazul ele ne arată o variație în funcție de concentrație în ClNa. După determinările lui WINCKELMANN, THOMSON și MARIGNAK (<sup>22</sup>) la o concentrație de

24.5%	ClNa,	capacitat.	cal.	în	g-cal	la	temp.	18—20°	C.	este	0,791
24.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,79159
12.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,87099
11.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,8770

**Densitatea** apelor sărate este în funcție de concentrație.

Densitatea apei lacului Ursul la 15°C. este de 1,1364 pentru o conc. de 20,7%.

Densitatea apei lacului Negru la 15°C. este de 1,0563 pentru o conc. de 8,5. Probele fiind luate dela adâncimea de 2 m.

Cunoscând aceste proprietăți, să vedem cum se face propagarea căldurii în apa lacurilor. În general propagarea căldurii se face pe două căi: 1. Prin *conductibilitate* când căldura se transmite dela un

strat la altul, fără ca masa de apă să se deplaseze și 2, prin *convecțiune*, când masa de apă se deplasează.

Convecțiunea este de origine termică când apa se deplasează datorită diferenții de densitate produsă de căldură. Ea poate fi și mecanică datorită unei impulsii din afară (vântul), ori hidrostatică, datorită aluviunilor în suspensiune.

În fenomenul conductibilității avem o egalizare a căldurii prin transmisiuni dela moleculă la moleculă, pe când în acela al convecțiunii avem un amestec prin deplasare. Conductibilitatea are un rol mai puțin important în răspândirea căldurii, apa fiind un corp rău conducător, din care cauză procesul acesta merge enorm de încet. Conductibilitatea apei este de 20 ori mai mică decât a rocilor și de 100 ori mai mică decât a metalelor. F. A. WEBER stabilind coeficientul de conductibilitate a apei lacului Léman, deduce că în 24 ore căldura nu se propagă în apă mai mult de 0,3 mm., iar la un an ceva mai mult de 6 m. În propagarea căldurii pe verticală, rolul efectiv îl au curenții de convecțiune, cari produc stratificația termică, — *poikilometria*, ce are ca scop uniformizarea — *homothermia*.

Eu am putut observa o stratificare tipică cu procesul în mersul lui, cu strate alternate mai reci și mai calde în lacul Roșu în ziua de 8 August 1925 (Tab. No. 1). De asemeni am observat o stratificare de acest gen în lacul Ursul când, după 2—3 zile de timp mai rece, a urmat iarăș o vreme caldă. Un monnet de homothermie a prezentat lac. Aluniș la 28 Aprilie 1926 (Tab. No. 2).

Între factori *obiectivi* ce influențează mersul temperaturii se mai pot enumera: norii, precipitațiile, evaporarea, vânturile etc. — Un cer înourat nu lasă să pătrundă razele solare ziua, împiedică deci o acumulare de energie calorică, iar noaptea o iradiație intensivă.

Influența precipitațiilor este în funcție de anotimp; așa de exemplu ploile de vară aduc căldură lacului. În procesul încălzirii lacurilor sărate precipitațiile au o importanță covârșitoare, atunci când sunt regulate și destul de frecvente, căci ele dau pânza de apă dulce izolatoare de deasupra, atât de importantă în menținerea căldurii lor.

Evaporarea apei produce o scădere de temperatură și este în strânsă legătură cu vântul, unul dintre cei mai importanți factori în ce privește acumularea și pierderea căldurii. Am văzut la partea geografică ce situație privilegiată au lacurile dela Sovata în privința aceasta.

Factorii *subiectivi*. Intre aceștia se pot enumera: altitudinea, latitudinea, forma basenului. — Forma basenului are o importanță deosebită, căci cu cât lacul va fi mai adânc, deci cu un basen mai mare, cu atât variațiile de temperatură vor fi mai reduse, iradiația fiind mai scăzută. — Un lac cu țărmuri abrupte se încălzește mai repede, datorită faptului că razele calorice, cari se reflectă din partea țărmurilor, se pierd tot în lac. Reamintindu-ne profilul lacului Ursul cu țărmuri rezezi (stâncile de brezie) vedem cât de mult este favorizat de toate aceste condițiuni.

Din cele de mai sus se poate vedea modul de încălzire și de propagare a căldurii în apa unui lac, fenomene ce se petrec și la lacurile dela Sovata. Gradul de încălzire fiind aci mult mai intens.

Să căutăm a da o explicație acestui surplus de temperatură.

Pe suprafața lacurilor noastre (în deosebi lacul Ursul) există o *pătură de apă dulce*. — O bună parte din căldura primită este absorbită de aceasta pătură și cheltuită în parte prin evaporare. Sub ea urmează stratele din ce în ce mai concentrate în ClNa, cu densități crescând spre adâncime din care cauză migrarea curenților de convecțiune este mai slabă, însă cu atât mai frecvenți vor fi curenții de convecțiune de amplitudini mici, *curenți de difuziune*. Curenți datoriti concentrării prin evaporatie nu sunt posibili, până de apă dulce fiind *constantă* și alimentată continuu de cele două pâraie. Căldura solară pătrunsă mai în adâncime, este acumulată de fiecare strat în parte, puterea de imazinare crescând și cu concentrările lor în ClNa.

Temperatura cea mai ridicată o are stratul al cărui procent în ClNa se apropie mai mult de concentrația maximă subjacentă și mai puțin de cele de deasupra, deci stratul limitrof și imediat superior masei de apă sărată cu concentrația maximă și care rămâne aproape identică până la fund.

Cum se explică faptul că acest strat (situat la adâncimea de 2 m.) are temperatura cea mai ridicată? — Curenți puternici de convecțiune am văzut că nu pot fi, însă ei există sub altă formă mai slabă (curenți de difuziune). Stratele de deasupra se încălzesc mai puternic, ele primind cantitatea cea mai mare de raze calorice (SCHMIDT) din cauza aceasta puterea lor de concentrație crește, ClNa fiind mai solubilă la cald și prin aceasta mărimdu-și densitatea (difuziunea cu stratele de desubt devine mai pronunțată), cad ceva mai jos. — stratul imediat inferior având o concentrație ceva mai mică. Prin acest proces căldura imazinată de stratele supe-

rioare este cu timpul transportată până la limita, unde concentrația fiind ridicată la maximum, oprește migrarea curenților de convecțiune, chiar și acelor cu amplitudini mici. — Odată acest echilibru stabilit, căldura se propagă de aici mai mult prin conductibilitate la stratele inferioare. — Stratele de jos au temperatura mai redusă pentrucă prin absorbție directă câștigă puțin, iar conductibilitatea termică se face foarte încet.

Pierderea căldurii odată imazinată se face foarte încet, pentrucă curenții de convecțiune de jos în sus sunt imposibili, datorită densității mai ridicate a stratelor inferioare și astfel menținerea căldurii durează foarte mult. Pierderile mai frecvente și mai apreciable se fac deadreptul prin conductibilitate, când stratele de deasupra se răcesc, fie noaptea fie în intervalul sezoanelor friguroase. Conductibilitatea apelor lacurilor dela Sovata este relativ destul de mare, așa că răcirea lor s'ar face destul de repede, dacă nu ar interveni acel ceva specific (al lacului Ursului), ce este *pânza de apă dulce* dela suprafață, care să împiedece pierderea căldurii imazinate, lucrând ca izolator față de mediul extern, datorită conductibilității ei redusă, apa dulce având în general conductibilitatea de 0,0012.

Lacuri sărate cu temperaturi foarte ridicate sunt numeroase în regiunile de deșerturi sau stepă (Atacama <sup>(\*)</sup>), căldura unora întrece mult pe a celor dela Sovata, ridicându-se până la 80°C., — însă ea nu se păstrează. Immagazinarea căldurii solare în cantități relativ mari e o proprietate generală a soluțiunilor, iar rolul apei dulci este de a conserva, mai bine zis de a ajuta la conservarea căldurii odată acumulată. — *rolul ei este deci numai unul pur pasiv, protector.*

În sprijinul afirmații de mai sus pot aduce următoarea experiență: Am luat 2 vane de lemn și am pus în ambele apă sărată, pompată din lacul Ursului dela 2 m. adâncime. În prima zi, 30 Iulie 1925, ambele vane conținând apă sărată, aveau temperaturi identice. La 3 August am introdus deasupra uneia un curent de apă dulce, luat din apeductul ce trece chiar prin locul unde am aranjat experiența, la țărmul de E. a lacului Ursului, imediat deasupra casei de pompe. — Peste o oră am măsurat temperatura, cerul fiind clar și soarele lucind intens.

	Vana numai cu apă sărată	Vana cu apă dulce la supra-
	2 cm. adâncime . . . 29°C	2 cm. adâncime . . . 27°C
ora 2 <sup>30</sup> pm.	4,5 " " . . . 30	4,5 " " . . . 29
	8 " " . . . 31	8 " " . . . 30

Puțin timp după ce am făcut măsurările, soarele a fost acoperit de nori și un vânt slab a început să sufle. Temperatura a scăzut nu peste mult cu 3° C. și apoi și mai jos. Cerul rămânând înourat și fiind din ce în ce mai rece, după 2 ore am făcut din nou măsurările, găsim temperatura vanei cu apă sărată cu mult redusă, iar cea cu apă dulce la suprafață menținându-se.

	Vana numai cu apă sărată	Vana cu apă dulce la suprf.
	2 cm. adâncime . . . 26°C	2 cm. adâncime . . . 26,5°C
ora 4 <sup>30</sup> pm.	4,5 " " . . . 28	4,5 " " . . . 29 —
	8 " " . . . 29	8 " " . . . 30,5

Observând datele acestea s'ar părea că vana cu apă dulce la suprafață s'a încălzit mult, în realitate ea numai a păstrat mai bine căldura acumulată în acelaș timp și în aceleași condițiuni, față de vana cu apă sărată lipsită de pătura de apă dulce protectoare.

Aceste cercetări simple dovedesc până la evidență afirmația de mai sus, că rolul pânzei de apă dulce este numai pasiv.

S'ar putea obiecta de ce lacul Negru nu se încălzește mai mult, deși are un strat gros de apă dulce, care cu atât mai mult i-ar putea menține căldura. Observațiile mele arată că el se încălzește și chiar la fel cu lacul Ursul — în primăvara anului 1926 nu-i despărțea decât o diferență de 4° C., totuși micșorarea temperaturii lui se explică astfel: stratul superior nu este un strat tranșat de apă dulce, ci o soluție din ce în ce mai diluată cu cât ne urcăm mai sus. În Mai 1926 la suprafață soluția avea o concentrație de 1%—1,5%. Perderea deci prin conductibilitate la el este foarte mult accentuată, iar înmagazinarea va fi mai redusă, având un strat gros diluat deasupra, chiar pe zona unde se absoarbe cantitatea cea mai mare de raze calorice.

În rezumat se constată că: *Lacurile se încălzesc prin insolațiune.*

*Acumulatorul principal al căldurii este soluția sărată concentrată.*

*Conservarea căldurii înmagazinată este datorită rolului pur pasiv, protector, al apei dulci dela suprafață.*

## OPTICA LACURILOR.

**Transparența.** Sub transparența unui lac se înțelege pătrunderea luminei, precum și limita vizibilității corpurilor scufundate în apa lui. Transparența este în funcție de anumiți factori atât subiec-tivi cât și obiectivi. Am urmărit și acest fenomen în lacurile dela



Sovata. Măsurări de transparență nu s'au mai făcut până acum asupra nici-unui lac. In măsurile ce am făcut m'am folosit de metoda „P. SÉCHÉ” dealtcum cea mai întrebuintată, fiind cea mai simplă și dând rezultate destul de mulțumitoare. Metoda constă în a observa dispariția unui disc alb (mat) cu un diametru de 20 cm.

1. **Lacul Ursul:** 26 Aprilie 1926, orele 4,30 pm. Soarele se apropie de orizont, lacul liniștit și cu o oglindire frumoasă, — cerul puțin învrâstat de nori albi.

Discul dispare la adâncime de 2,40 m. deci : 2,35 trsp. (medie)  
reapare 2,30

La 27 Aprilie 1926, orele 3 pm. Soarele la zenit cerul puțin acoperit de nori.

In mijlocul lacului. — Observații făcute în umbră.

Discul dispare la adâncime de 2,42 m. deci : 2,36 trsp.  
reapare 2,30

In toate observațiile discul apare foarte frumos iluminat la adâncime de 0,20 m. — Aceste date ne arată o constanță a transparenței, ce nu e influențată, nici de condițiunea dacă observația e făcută la umbră sau la soare, nici de poziția soarelui pe boltă. — Un fapt important de relevat este coincidența sau suprapunerea limitei de transparență cu aceea a stratului cu temperatura maximă. Dacă intervine aici relația cunoscută între transparență și temperatură — aici fiind temperatura cea mai mare, sau dacă cantitatea mare a razelor luminoase calorice pătrunde numai până aici, aceasta nu o pot spune, problema rămâne deschisă.

2. **Lacul Aluniș.** Transparența acestui lac este mai mică, datorită probabil concentrațiunii mari încă dela suprafață.

26 Aprilie or. 5 pm. Discul dispare la adâncime de 0,75 m. 0 68 trsp.  
reapare 0,90

3. **Lacul Negru.** Transparența cea mai mare o are acest lac. — In 2 Maiu 1926 h. 3 pm. — Soarele la zenit cerul cu puțini nori.

Discul dispare la adâncimea de 2,60 m. 2,55 trsp.  
reapare 2,50

Aceste observații ne duc iar cu transparența la stratul cu temperatura maximă. Ar fi interesant de urmărit dacă într'adevăr cu deplasarea stratului cu temperatura maximă să deplasează și transparența.

## COLOAREA APEI LACURILOR.

Coloarea lacurilor dela Sovata, fiind dată compoziția lor chimică, e comparabilă întru câtva cu aceea a apei marine, îndeosebi aceea a lacului Ursul.

**Lacul Ursul** are o culoare de un albastru închis, — „gama FOREL-ÛLLE“, grad. XIII. Coloarea aceasta este datorită probabil absorbiției selective, absorbind între cele dintâi razele roșii și mai greu pe cele violete și albastre. Concentrația mare în ClNa, influențează numai în sensul intensificării culorii albastre.

**Lacul Aluniș** prezintă o colorațiune galben murdară, „gama FOREL-ÛLLE“ gradul XX, culoare pe care în primăvara lui 1926 am observat-o și la lacurile sărate dela Turda (acele cari au concentrațiuni mari) și e în legătură poate chiar cu această concentrație ridicată, datorită căreia o parte din razele galbene sunt reflectate.

**Lacul Negru.** Denumirea e dată după culoarea ce o prezintă și ea este de un verde închis. În ansamblul culorii lacului iau parte și multele alge ce-i populează suprafața, — „gama FOREL-ÛLLE“, grad. XVI. Coloarea apei nu este identică în toată grosimea. Am aflat la adâncimea de 2,30 m. o colorațiune roz frumoasă, datorită probabil unor bacterii fureginose ce ar trăi aici.

Nu am reușit să determin agentul, care produce această colorație, — din probele aduse la Cluj nu s'a putut recunoaște mult, doar niște mici concrețiuni roșcate. Originea anorganică a acestei colorațiuni îmi pare puțin probabilă, pe motivul că este localizată la o anumită adâncime, — iar deasupra și dedesubtul ei apa își are culoarea ei obișnuită.

Din lucrarea de față se desprind evident următoarele concluziuni:

1. *Temperatura și concentrația lacurilor este supusă fluctuațiilor de timp, astfel că atunci când una își ajunge apogeul este urmată și de acela al celeilalte*

2. *Lacul Negru se prezintă ca un lac termic.*

3. *Pânza de apă dulce dela suprafața lacurilor, are numai un rol pur pasiv, în încălzire, prin menținerea căldurii odată primită de apă sărată.*

## Kontribution zur Erklärung des Erwärmungsprozesses des Wassers der Salzteiche von Transilvanien.

### I. Die heissen Salzteiche von Sovata.

(Zusammenfassung).

In der Umgebung des Dorfes Sovata, (Siebenbürgen), auf einer kleinen, „Intre Sărături“ genannten Hochebene, welche einen grossen Salzstock zur Grundlage hat, befinden sich eine Reihe von Süss- und Salzwasserteiche. Eine besondere Bedeutung haben die Teiche „Ursul“, „Aluniş“ und „Negru“ gewonnen dadurch, dass ihr Wasser eine hohe Temperatur hat; sie sind dadurch klassisch geworden und werden in der Fachliteratur zitiert. Ich habe die Variationen der Temperatur und der Konzentration in Cl Na in den Jahren 1925 und 1926 studiert, dann alle die bis heute existierende Beobachtungen revidiert und beipordnet, ich konnte die Folgenden feststellen.

*Die Temperatur und die Konzentration dieser Teiche bieten beständige jährliche, jahreszeitliche und monatliche Variationen dar, welche von den klimatischen Abwechslungen bestimmt sind.* (Tafel II. Fig. 8, 9. Tab. 1, 2.).

*Alle drei Teiche haben in einer zwischen 2—3 m Tiefe befindlichen Wasserschicht mit maximaler Temperatur.*

*Das Wasser des Teichs „Ursul“ süsset sich allmählich aus.* (Es hatte im Jahre 1902 eine Konzentration von 32,6% und im Jahre 1926 eine von nur 24%).

*Der Teich „Aluniş“ kann zuweilen thermlos werden.* (Tab. 2).

*Der Teich „Negru“ erweist eine hohe Temperatur,* (Tab. 1, 2). diese Tatsache wurde bis jetzt von keinem der früheren Forscher bemerkt.

Die Ursache der Erwärmung ist diejenige, welche AL. v. KALECSINSZKY festgestellt hat: die Aufspeicherung der Sonnenwärme; das Resultat unserer Untersuchungen schliessen alle andere Möglichkeiten aus.

Die Allgemeinheit charakterisiert diese Naturerscheinung. Die Literatur, welche ich konsultiert habe, ferner meine Beobachtungen an den anderen Teiche Siebenbürgens können das bestätigen.

Der Erwärmungsprozess geschieht auch hier wie bei allen Teiche: die Salzlösung ist der Accumulator, dank seiner grössen kalorischen Befähigung. Die während des Tages und des Sommers verschluckte Wärme verliert sich nicht, sie häuft sich an; eine von den zwei Bäche,

(„Auriu“ und „Toplitz“) — die sich in den Teich „Ursul“ ergießen, — gebrachte Süßwasserschicht verhindert die Irradiation. *Die Rolle des Süßwassers ist nur eine passive, dank seiner kleinen Leitungsfähigkeit*, (von 0,0012); diese Tatsache wurde auch von meinen Versuche hervorgehoben. Ich habe zwei mit Salzwasser gefüllten Wanne an der Sonne ausgesetzt, eine von denen hatte an der Oberfläche eine Süßwasserschicht. Das Wasser aus der Wanne die nur mit Salzwasser gefüllt war, erwärmte sich mehr als dasjenige aus der anderen Wanne. Zwei Stunden später habe ich es wieder gemessen (die Sonne wurde gleich nach dem ersten Messen mit Wolken bedeckt, die Lufttemperatur sank einige C°), die Temperatur des Wassers aus der ersten Wanne war gesunken, während die Temperatur der zweiten Wanne dieselbe verblieb. (Siehe die Beobachtungsdaten im rumänischen Text. 77, 78).

Die Lage der Schicht mit maximaler Temperatur in der Tiefe von mehr als 2 m. erklärt sich so, *dass hier befindet sich die obere Grenze des Salzwassers mit beinahe derselben Konzentration bis am Grunde des Teiches und infolgedessen werden hier die Difusionsströme, welche die aufgespeicherte Wärme zu den untern Schichten tragen sollen, unmöglich.*

Im allgemeinen können wir konstatieren *dass die Temperatur und die Konzentration des Teichsalzwassers der Zeitvariationen untergeordnet sind, so, dass wenn eine seinen Höhepunkt erreicht, bald ist dieser von demjenigen der Anderen gefolgt: Einer Maximal-Konzentration folgt eine Maximal-Temperatur wenn die Süßwasserschicht in einem fort existirt.*

#### Lucrările citate:

1. DR. SCHAFARZIK FERENCZ: A Naptól fölmelegedő Szovátai Konyhasóstavak. Földtani Közlöny köt. XXXVIII. 1909. p. 312, 314.
2. TELEGI V. ROTH: A Szovátai Ilyestő és környéke geologiai szempontról. Földt. Közlöny köt. XXIX. 1899 p. 42.
3. KALECSINSZKI SÁND: A szovátai meleg és forró konyhasóstavak, mint természetes hőakkumulátorok. Meleg sóstavak és hőakkumulátorok előállításáról. Földt. Közlöny köt. XXXI. 1901 p. 331.
4. DR. RÓZSA MIHÁLY: Ujabb adatok az erdélyi meleg sóstavak ismeretéhez. Budapest 1911.
5. KLEIN ALBERT: Magyarország éghajlatának néhány jellemvonása. Földrajzi Közlemények XXXIII p. 242.
6. RADVÁNYI ANT.: A Görgeányi havasokról. Földrajzi Közlemény. XXXVII. p. 212.

7. KOCH ANT.: Az erdélyrészi medencze harmadkori képződményei II. Budapest 1900. p. 75.
8. DR. I. P. VORTESTI: Geology of the salt domes in the Carpathian region of Rumania. *Bullet. Americ. Asociat. Petroleum Geologist.* vol. IX. 1925. p. 1184.
9. LENGYEL BÉLA: A Szovátaí Ilyes (Medve) tó, egy abrával. *Földt. Köz-löny köt. XXVIII.* 1898 p. 233.
10. KALECSINSZKI SÁND.: A szovátaí meleg és forró konyhasóstavak, mint természetes hőakkumulátorok. *Math. és Természet. Tud. Értesítő.* M. T. Akad. vol. XIX. 1901. p. 460.
11. RIGLER G.: Erdély nevesebb fürdői 1902-ben. Budapest 1903 p. 150.
12. HANKÓ V.: A szovátaí melegvizű sóstavak hőmérsékletének ingadozása. *Magy. Balneologiai-Ert.* III. évf. 6. sz. Budapest 1910.
13. PROF. DR. HÄPKE: Warmwasserseen und heisse saltzteiche. *Pterm. Mit-teilungen* bd. 48. 1902 Gotha. p. 189.
14. G. B. HOLLISTER: Referat in *Globus* vol. 84 1903 după *Journal of. Geo-graphy.*
15. BRECHT—BERGEN: Das Salz und Bitterseeengebiet zwischen Irtisch und Ob (Siberien) *Globus* vol. XCIV. 1908. p. 133.
16. KALECSINSZKY SÁND.: A nap melegének főlhalmozása különféle folya-dékokban. *Akad. Értesítő* vol. XV. 1904 p. 67.
17. PORUCIC T.: Lacurile sărate din sudul Basarabiei. Buc. 1924 p. 85.
18. HALBFASS W.: Gründzüge einer vergleichende Seekunde. Berlin 1923. p. 178.
19. SCHMIDT W.: Über die reflexion der Sonnenstrahlung an Wasserflächen. *Sitzungs. bericht mathm. naturw. Kl. II.* 117. 1908 Wien p. 322.
20. SCHMIDT W.: Absorbtion der Sonnenstrahlung in Wasser. *Meteorolo-gische Zeitschrift* bd. 25. heft 7, 1908.
21. F. A. FOREL: Le Leman, monographie limnologique vol. II. Lausanne 1895.
22. M. P. RUDZKY: Physik. der Erde. Leipzig 1911.
23. FULDA E.: Temperatur und übersatigung der Laugen bei der bildung von Kalizalzagerstätten. *Zeitschrift der Deutsch. Geologischen Ges-ellschaft. B. Monatsbericht* 77 bd. 1925.