

Les  
Études Glaciaires  
dans  
les Karpates

PAR

L. SAWICKI

DE L'UNIVERSITÉ DE CRACOVIE

---

Extrait des *Annales de Géographie*, tome XXI, 1912  
(N° 117 du 15 mai 1912).



Librairie Armand Colin

5, Rue de Mézières, Paris 6°

201108 3501 E

Les  
Études Glaciaires  
dans  
les Karpates

PAR

L. SAWICKI

DE L'UNIVERSITÉ DE CRACOVIE

Extrait des *Annales de Géographie*, tome XXI, 1912

(N° 117 du 15 mai 1912).



Librairie Armand Colin

5, Rue de Mézières, Paris, 6°

CBGIOŚ, ul. Twarda 51/55  
tel. 0 22 69-78-773



W 51-48198

<http://icim.org.pl>

glaciologi-  
Karpaty

KW

Les  
Etudes Glaciaires  
dans  
les Karpates



58052

Librairie Armand Colin

R NH-39280115  
PP NttP.WcmT00.kaw

## LES ÉTUDES GLACIAIRES DANS LES KARPATES

## APERÇU HISTORIQUE ET CRITIQUE

Nous nous trouvons en ce moment à un tournant de l'étude glaciologique des Karpates. L'œil attentif des géographes vient de passer rapidement en revue toutes les parties des Karpates qui, dans les temps quaternaires, ont vu chaque année des glaciers cheminer lentement et occuper les fonds de leurs vallées, des champs énormes de glace et de neige s'étendre sur leurs larges croupes, et il a apprécié d'une façon tout à fait sommaire l'extension du phénomène quaternaire des glaciers et son importance pour le paysage actuel. Aujourd'hui, il s'agit d'inaugurer ces recherches détaillées, qui, se circonscrivant en surface, s'appuient sur les bases cartographiques et géologiques les plus exactes possible et s'efforcent de tracer de l'ensemble du phénomène une représentation achevée jusque dans ses nuances les plus délicates. Une délimitation rigoureuse de chacun des fleuves de glace, une évaluation numérique de leurs effets sur le paysage, une chronologie exacte des phénomènes, telles sont les questions les plus pressantes que les recherches glaciologiques doivent résoudre dans les Karpates.

Alors seulement on pourra aborder le problème qui se présente, dès aujourd'hui, à l'esprit de tout glaciologue : saisir le rapport qui existe, d'une part, entre le développement des glaciers et les phases les plus récentes du développement morphologique du système montagneux en général; d'autre part, entre ces dernières phases mêmes et le développement des régions voisines, au point de vue soit de l'histoire géologique soit de l'histoire du climat.

Je ne veux attirer ici que d'une façon générale l'attention sur ce problème demeure encore sans solution : dans quelle mesure la glaciation quaternaire de groupes montagneux pris individuellement peut-elle être envisagée comme un phénomène local? est-elle plutôt en rapport avec des mouvements locaux de l'écorce ou plutôt en rapport avec des variations générales de climat, et jusqu'à quel point? Une autre question, également, n'est pas encore résolue : dans quelle mesure le changement de climat dans les Karpates, à l'époque quaternaire, doit-il être considéré soit comme un simple écart de degré par rapport au climat actuel, soit, au contraire, comme établissant une discontinuité absolue entre la phase pliocène et la phase actuelle de climat (tracé de la limite des neiges à l'époque glaciaire, vents

dominants, importance de l'exposition par rapport aux conditions thermiques et aux conditions des précipitations)?

Enfin, nous savons aujourd'hui fort peu de chose sur la mesure dans laquelle l'époque glaciaire, l'époque des steppes et l'époque des forêts, se sont combinées dans les Karpates à chacune des phases de développement, sur le degré auquel leur influence fut limitée soit dans l'espace soit dans le temps, et sur la façon dont elles ont exercé leur action sur le paysage actuel et la répartition actuelle des organismes.

A ces importants problèmes, les matériaux réunis jusqu'ici dans les Karpates n'apportaient pas encore de solution. Le spécialiste des Karpates avait à poursuivre préalablement des observations encore plus fondamentales: il avait tout d'abord à établir le fait général de l'existence même de la glaciation quaternaire, de sorte qu'il ne pouvait effleurer qu'à l'occasion les problèmes énoncés ci-dessus. Aujourd'hui, ce travail fondamental peut être considéré comme terminé, et il conviendrait, à ce moment, de jeter un bref regard en arrière et de faire ressortir en quelques mots les résultats obtenus par notre science jusqu'à ce jour. C'est ce que je fais ici d'autant plus volontiers qu'il s'agit d'un domaine qui, en dépit de sa situation dans l'Europe Centrale, fut à peine entamé par la science européenne avant ces tout derniers temps.

Sans contredit, de toutes les branches des études morphologiques dans les Karpates, c'est précisément l'étude des traits de la physiologie glaciaire à la surface de ces montagnes qui fut le plus tôt entreprise et qui fut relativement poussée le plus avant dans le détail<sup>1</sup>. Pour bien des raisons, cela ne doit pas nous étonner. Toute étude morphologique détaillée souffrait et souffre encore, dans les Karpates, de l'insuffisance manifeste, à bien des points de vue, du levé cartographique et géologique. Au surplus, ces études morphologiques en montagnes d'altitude moyenne sont véritablement au nombre des tâches les plus compliquées de la morphologie moderne: c'est à une époque toute récente seulement que l'on a fixé les méthodes qui peuvent les conduire à des résultats féconds et satisfaisants. Par contre, la méthodologie de l'investigation glaciologique est bien plus ancienne; les ensembles de formes dont il s'agit sont, en quelque sorte, plus simples et plus caractéristiques; le champ d'investigation, plus limité. C'est ce qui explique que l'on ait essayé déjà, entre 1875 et 1885, d'étendre aux Karpates les expériences entreprises ailleurs et d'y mettre à l'épreuve les lois déjà établies. Aussi bien, ce furent des savants étrangers qui introduisirent les études glaciologiques dans les Karpates.

1. J'utilise ici mon introduction historique à l'étude: *Die glazialen Züge der Rodnaer Alpen und Marmaroscher Karpaten* (*Mitt. k. k. Geog. Ges. Wien*, LIV, 1911, p. 510-571; voir en particulier p. 510-519).

## I. — RECHERCHES GLACIOLOGIQUES INTENSIVES.

PREMIÈRE ÉPOQUE (1875-1885).

Les indications isolées sur les formations et les formes glaciaires remontent assez loin : nous les devons à des géologues qui, au cours de leurs levés géologiques, prenaient déjà note de telle ou telle formation glaciaire. Ces brèves observations ont été faites, pour la plupart, en dehors de tout système et d'une façon tout à fait occasionnelle; elles n'ont plus guère aujourd'hui qu'une valeur documentaire. C'est dans cette catégorie que se rangent, par exemple, pour les mentionner brièvement, les observations de L. Zeuschner<sup>1</sup>, de G. Stache<sup>2</sup>, de Franz v. Hauer<sup>3</sup>, de A. Alth<sup>4</sup>, de V. Emericzy<sup>5</sup> et de plusieurs autres, qui vinrent à la suite des remarques imprécises de K. A. v. Sonklar<sup>6</sup> et de Fuchs<sup>7</sup>. Ces notes mentionnent exclusivement certaines formations morainiques qui frappaient les yeux; elles les attribuent, avec plus ou moins de certitude, à des glaciers quaternaires, sans pousser jusqu'à des idées plus générales. Un léger progrès dans cette direction est déjà constitué par les observations plus pénétrantes de S. Roth aîné<sup>8</sup> et de J. Matyasovszky<sup>9</sup> dans la Tatra, de M. Paul et de E. Tietze<sup>10</sup> dans

1. L. ZEUSCHNER, *Moränen im Bystratal* (Sitzungsber. k. Ak. Wiss. Wien, Math.-Naturw. Klasse, XXI, p. 259-262).

2. G. STACHE, *Die Sedimentärschichten der Nordseite der Hohen Tatra* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanstalt, 1868, p. 322-324).

3. FR. V. HAUER, *Erläuterung zur geologischen Übersichtskarte der österr.-ungarischen Monarchie, Bl. III, Westkarpathen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanstalt, XIX, 1869, p. 532).

4. A. ALTH, *Sprawozdanie z badan geologicznych w Tatrach galicyjskich* (Sprawozdanie Kom. fizyogr. Krakow, XIII, 1879, p. 243-263; voir spécialement p. 259). — L'auteur appelle déjà l'attention sur la transfluence d'un glacier de la Panieczka dans la vallée de l'Olczyzka.

5. V. EMERICZY, *Der Csorbató* (Jahrb. Ungar. Karpathenver., V, 1878, p. 388-425; voir surtout p. 405).

6. K. A. VON SONKLAR, *Reiseskizzen aus den Alpen und Karpathen*, Wien, 1857, p. 112, 133.

7. FUCHS, *Die Zentralkarpathen*, 1863, p. 178. Les observations de FUCHS sont encore très incertaines; il ne tient pas pour glaciaires des formations d'un caractère glaciaire aussi marqué que les moraines latérales de la vallée du Kohlbach.

8. S. ROTH, *Tal- und Seebildung in der Hohen Tatra* (Jahrb. Ungar. Karpathen-Ver., V, 1878, p. 139 et suiv.). S. ROTH désigne avec circonspection quelques amas de débris, qui retiennent des lacs, comme des éboulements, et d'autres comme des cônes d'avalanches; mais il reconnaît avec décision la nature morainique de la plupart d'entre elles, appelle l'attention sur leur âge et sur leurs matériaux erratiques, mentionne des polis glaciaires et ajoute, non sans précaution, que le bassin lacustre lui-même semble avoir été produit par modification de l'érosion, avec coopération de l'activité glaciaire.

9. J. MATYASOVSKY, *Geologische Skizze der Hohen Tatra* (Jahrb. Ungar. Karpathen-Ver., VI, 1879, p. 31 et suiv.).

10. M. PAUL und E. TIETZE, *Bericht über die bisher in diesem Sommer ausgeführten Untersuchungen in den Karpathen* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanstalt, 1876, p. 296); — Id., *Studien in der Sandsteinzone der Karpathen* (Jahrb. k. k. Geol.

la Czernahora. Ces dernières montraient la nature glaciaire du bassin de Zaroslak, dans la partie supérieure de la vallée du Prut; elles faisaient descendre son glacier jusqu'à 1 400 m. et en signalaient comme témoins des moraines, des lacs et des surfaces polies. Mais les idées sur le phénomène glaciaire en Europe étaient encore, d'une façon générale, si peu claires que l'on ne pouvait condenser ces informations sporadiques dans un tableau d'ensemble. Ce n'est que lorsque se fut produite en Scandinavie et dans l'Allemagne du Nord la grande révolution substituant à la théorie marine (Ch. Lyell) celle des glaciers continentaux (O. Torrell, etc.), et que l'on se fut mis alors, avec un intérêt renouvelé, aux recherches glaciologiques dans les hautes montagnes de l'Europe, que deux savants allemands se livrèrent aux premières études détaillées sur l'époque glaciaire dans les Karpates : ce furent J. Partsch<sup>1</sup>, dans la Haute Tatra, et P. W. Lehmann<sup>2</sup>, dans les Karpates méridionales. L'étude de J. Partsch notamment, très approfondie, et qui, en dehors de la Tatra, englobait aussi une grande partie des montagnes moyennes de l'Allemagne, ne demeura pas, comme on sait, sans influence sur le développement de la morphologie glaciaire de l'Europe en général.

Pendant ses trois années d'études dans la Tatra (1879-1882), Josef Partsch a appliqué son attention, non seulement aux dépôts glaciaires, mais encore à la formation des vallées glaciaires : c'est ainsi qu'il remarqua la relation entre les moraines de retrait et les paliers des vallées. Il attira l'attention sur ces cirques nombreux et magnifiques, dont il discuta l'origine en même temps que celle des innombrables lacs de la Tatra en général, en insistant énergiquement sur leur provenance glaciaire. Il trouva la limite des neiges à 1 600-1 700 m., en observant qu'elle était plus basse à l'Ouest qu'à l'Est, et tira de là cette double conclusion que le climat de l'époque glaciaire ne constitue qu'une aggravation par rapport aux conditions actuelles, et que les phénomènes de l'époque glaciaire doivent être attribués plutôt à la plus grande abondance des précipitations d'hiver qu'à un abaissement de la température. Au total, J. Partsch a exploré déjà, d'une façon plus ou moins détaillée, dix glaciers de la Haute Tatra.

Paul Lehmann choisit, de son côté, un champ d'investigation tout différent : le grand massif cristallin des Alpes de Transilvanie; il se

*Reichsanstalt*, XXVII, 1877, p. 55-58); — E. TIETZE, *Über das Vorkommen von Eiszeitspuren in den Ostkarpathen* (*Verhandl. k. k. Geol. Reichsanstalt*, 1878, p. 142-146).

1. J. PARTSCH, *Die Gletscher der Vorzeit in den Karpathen und Mittelgebirgen Deutschlands...*, Leipzig, 1882, p. 165 et suiv.

2. P. W. LEHMANN, *Beobachtungen über Tektonik und Gletscherspuren im Fogaraschen Gebirge* (*Zeitschr. D. Geol. Ges.*, Berlin, XXXIII, 1881, p. 109-117); — *Id.*, *Die Südkarpathen zwischen Retjezat und Königstein* (*Zeitschr. Ges. Erdk. Berlin*, XX, 1885, p. 325-386; spécialement p. 346-364).



tourna principalement du côté de l'étude des cirques et s'occupa moins des formations morainiques, de sorte que, tout en établissant avec certitude l'existence des glaciers de l'époque glaciaire, il ne put pas (ou du moins il ne put que rarement) donner d'une façon précise la mesure de leur extension. C'est que, à un plus haut degré encore que J. Partsch, et tout comme les savants qui continuèrent l'étude des phénomènes de l'époque glaciaire dans la partie des Karpates constituée par le Flysch, il éprouvait la difficulté très grande qu'il y a à reconnaître les formations morainiques, tant au point de vue de la forme qu'au point de vue des matériaux : la forme des moraines, la plupart déposées dans des vallées encaissées, est le plus souvent fortement dégradée; les matériaux sont rarement polis, et leur nature erratique est, presque toujours, difficile à reconnaître. Par contre, il décrit de nombreux cirques, comme au Surian, au Retjezat, au Pareng, au Cindrelu, au Cibin et dans les monts de Fogarash; il insista sur leur indépendance par rapport à la structure et aux conditions pétrographiques et sur leur dépendance, au contraire, par rapport à l'altitude et à l'exposition. Il trouva la limite des neiges de l'époque glaciaire à 1 700 m.

Les travaux ci-dessus mentionnés furent complétés, dans une mesure importante, par les enquêtes paléontologiques de A. Nehring<sup>1</sup>, sur la faune des cavernes du Nowy, dans la Tatra; de J. v. Szabó<sup>2</sup>, sur les faunes quaternaires, et de M. Staub<sup>3</sup>, sur les flores glaciaires de la Hongrie. A. Nehring décrit, dans la Tatra, une faune arctico-alpine, qui, pour la plus grande partie, est éteinte ou a émigré depuis la fin de l'époque glaciaire. D'une façon analogue, J. v. Szabó et M. Staub démontrèrent l'existence de formes végétales, soit demeurées en place, soit émigrées de nouveau depuis le Glaciaire, à Freck<sup>4</sup>, à Szabadka et à Gánócz, de même que de formes animales, à Beremend et à Harsány.

Malgré plus d'un effort pour s'élever jusqu'au niveau de la méthode morphologique, les études glaciologiques dans les Karpates, au cours de cette brillante époque, demeurèrent, si je puis dire, asservies à la géologie. Bien que des formes frappantes fussent signalées et mises

1. A. NEHRING, *Übersicht über 24 mitteleuropäische Quartär-Faunen* (n° 10) (*Zeitschr. D. Geol. Ges.*, XXXII, 1880, p. 468-508, spécialement p. 484-486); — Id., *Ein Höhlenfund aus der Hohen Tatra* (*Globus*, XXXVII, 1880, p. 312-314).

2. J. v. SZABÓ, *Die Action der Eiszeit in Ungarn* (*Földtani Közlöny*, XVIII, 1888, p. 431-437).

3. M. STAUB, *Flora der Eiszeit in Ungarn* (*Földtani Közlöny*, XXI, 1891, p. 74-94).

4. L'attention a été attirée pour la première fois sur les formations quaternaires de tourbières de Freck par II. HERBICH (*Schieferkohlen von Freck*, dans *Verhandl. k. k. Geol. Reichsanstalt*, 1884, p. 248-257; voir également un article de M. STAUB, même publication, même tome, p. 306), et il les a désignées comme des dépôts interglaciaires; à l'encontre, F. PAX fait remarquer qu'il n'y a aucune objection à élever contre l'hypothèse que des formations marécageuses aient été déposées dans un lac pendant une période glaciaire même.

en relation avec l'époque glaciaire, on ne les considérait cependant pas, le plus souvent, comme indiscutablement démonstratives; ce qui était considéré comme les marques distinctives les plus certaines d'une ancienne glaciation, c'étaient toujours les dépôts glaciaires, c'est-à-dire avant tout les moraines et les terrasses, les blocs erratiques et les surfaces polies. Avec quelles difficultés cette méthode eut à lutter précisément dans les Karpates, je l'ai dit plus haut; et cependant, avec ces études pour base, on parvint déjà à de grands résultats généraux: je me borne à rappeler que c'est sur elles que repose la loi de J. Partsch, loi que A. Penck établit aussi plus tard dans les Alpes, la loi du relèvement de la limite glaciaire des neiges dans les Karpates vers l'Est, que toutes les recherches postérieures jusqu'en 1905 parurent confirmer et sur laquelle furent fondées les opinions connues sur le caractère du climat de l'époque glaciaire et sur la cause de cette dernière.

II. — ARRÊT DANS LES RECHERCHES GLACIOLOGIQUES ET CONTROVERSES  
(1885-1900).

Nous devons donc d'autant plus nous étonner de ce que l'époque si brillamment inaugurée des premières recherches glaciologiques prit rapidement fin et fut suivie d'une époque de stationnement relatif et de controverses. Certes, la reconnaissance du caractère glaciaire de maintes formations, spécialement dans la zone du Flysch, était réellement difficile: c'est ainsi que (sans parler des observations de J. v. Szabó<sup>1</sup>, relatives à des moraines présumées dans la Tatras près de Nagy Maros, etc.) on voit encore, vingt ans plus tard, L. W. Szajnocha<sup>2</sup>, en Galicie moyenne, près de Truskawiec, et G. Szádeczky<sup>3</sup>, dans le massif de Bihar, en Transilvanie, confondre des produits de glissements, des matériaux d'éboulements superficiels avec des formations morainiques; mais cela ne suffit pas pour expliquer l'opposition presque générale des savants indigènes contre les résultats qui venaient d'être obtenus. Les raisons de cette opposition étaient, sans doute, plus profondes, je veux dire qu'elles résidaient dans la

1. J. v. SZABÓ, art. cité, p. 433.

2. L. W. SZAJNOCHA, *Ślady lodowca dyluwialnego pod Truskawcem* [Traces d'un glacier diluvial à Truskawiec] (*Kosmos*, Lwów, XXVI, 1901, p. 142-147); — J. L. M. ŁOMNICKI, *Ślad lodnika Karpackiego nadbrzeżu Karpat* [Traces d'un glacier karpatique sur le bord des Karpates] (*ibid.*, p. 311-312). — La conjecture de L. W. SZAJNOCHA fut rejetée énergiquement et justement par R. LUBER, *Kilka słów o rzekomych śladach lodowca dyluwialnego pod Truskawcem* [Quelques mots sur un prétendu glacier diluvial près de Truskawiec] (*ibid.*, p. 251-256).

3. G. SZÁDECZKY, *Glecsernyomok a Biharhegységben / Gletscherspuren im Bihar-gebirge* (*Földrajzi Közlemények*, XXXIV, 1906, p. 299-304; résumé en allemand, abrégé, p. 131-134). J'ai récemment attiré l'attention sur l'inexactitude de la conjecture de G. SZÁDECZKY (voir plus loin).

marche du développement de la science géographique dans les pays contigus aux Karpates. Assurément, aucun des savants, par ailleurs pleins de mérites, qui contestèrent les résultats que nous venons de mentionner, n'a jamais étudié, dans un pays classique de glaciers soit récents soit de l'époque glaciaire, les phénomènes en question.

Le fait est que, en Hongrie, des hommes aussi méritants que les géologues G. Primics<sup>1</sup> et B. Inkey<sup>2</sup> et le géographe G. Czirbusz<sup>3</sup> révoquèrent en doute les résultats des études de Paul Lehmann et de E. Tietze. Primics regrette même que, en dépit d'une application toute particulière, il n'ait pu déterminer dans les Alpes de Fogarash aucune trace d'anciens glaciers. Ces mots d'un savant géologue, d'autre part si distingué, suffisent à caractériser l'éducation méthodique de ses contemporains et compatriotes. Si, à la rigueur, cela pouvait peut-être se comprendre vers 1880-1890, il n'est presque plus possible d'être indulgent, lorsque l'on voit encore en 1900 G. Czirbusz, s'appuyant sur les doutes des géologues déjà cités, contester l'existence d'un glacier de la Howerla, dans la Czernahora, en dépit des travaux précédents de E. Tietze et de H. Zapalowicz, et il faut tenir pour justifiée et pertinente la critique tranchante que F. Schafarzik<sup>4</sup> fit de G. Czirbusz. Même St. D. Popescu<sup>5</sup> et N. Merutiu<sup>6</sup> pouvaient encore, en 1903 et en 1906, tenir pour non résolue la question de la glaciation des montagnes étudiées par eux (les Alpes de Transilvanie et les Alpes de Rodna).

Semblable intelligence de la même question se manifesta chez H. Zapalowicz<sup>7</sup>, qui, juriste de formation et fonctionnaire militaire de situation, étudia de près, en botaniste et en géologue enthousiaste et infatigable, les parties les plus inhospitalières des Karpates orientales. Lui aussi révoqua fortement en doute l'existence de glaciers

1. G. PRIMICS, *Die geologischen Verhältnisse der Fogarascher Alpen* (Mit. aus dem Jahrb. Ungar. Geol. Landesanstalt, VI, 1881, p. 284-315).

2. B. INKEY, *Geotektonische Skizze der westlichen Hälfte des ungarisch-rumänischen Grenzgebirges* (Földtani Közlöny, XIV, 1884, p. 116-121); — Id., *Die Transylvanischen Alpen* (Math. u. naturw. Ber. aus Ungarn, XI, 1891, p. 20-54).

3. G. CZIRBUSZ, *Probleme der Howerla* (Jahrb. Ungar. Karpathen-Ver., XXVII, 1900, p. 40-41).

4. F. SCHAFARZIK, *Besprechung von Czirbusz Probleme der Howerla* (Földrajzi Közlemények, XXIX, 1901, p. 189-190).

5. ST. D. POPESCU, *Beiträge zur Entstehungsgeschichte des oberen Olltales*, Leipzig, 1902 (voir XII<sup>e</sup> Bibliographie 1902, n<sup>o</sup> 466). L'auteur tombe dans la même faute que H. ZAPALOWICZ vingt ans avant lui, lorsqu'il tient pour contestable la glaciation des montagnes de la Transilvanie, et par contre revendique pour glaciaire une terrasse située par 700 m. sur le bord oriental du bassin de Csik.

6. V. MERUTIU, *Muntii Rodnei, studiu geografic...* [Les Monts Rodna, étude géographique fondée sur la géologie] (Bul. Soc. Geog. Româna, XXVII, 1906, p. 39-142).

7. H. ZAPALOWICZ, *Geologische Skizze des östlichen Teiles der Pokutisch-Marmaroscher Grenzkarpathen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanstalt, XXXVI, 1886, p. 361-394, spécialement p. 580-587).

\*

authentiques de cirques et de vallées dans la Czernahora et les montagnes de la Marmaros, tout en commettant l'inconséquence véritablement incompréhensible de tenir en même temps pour possible et probable l'existence, à une faible hauteur, de glaciers de vallées, « qui se retirèrent sur le fond des vallées jusqu'à 700 m. d'altitude ». Il n'en est pas moins vrai que H. Zapalowicz, qui avait le coup d'œil d'un véritable naturaliste et dont les observations étaient exemptes de prévention, a apporté une abondante contribution de matériaux nouveaux à la connaissance de la morphologie glaciaire des parties qu'il a étudiées des Karpates orientales.

Entre temps, l'investigation positive avançait, à une allure très lente sans doute : des études furent publiées, la plupart seulement occasionnelles et de peu d'étendue, qui enrichirent, cependant, notre connaissance de l'extension du phénomène de l'époque glaciaire dans les Karpates, quel que fût le scepticisme avec lequel, maintes fois, les auteurs considéraient leurs propres observations mêmes. Des contributions de cet ordre sont dues, pour la Babia Góra, à E. Hanslik<sup>1</sup>; pour la Haute Tatra, à A. Wierzejski<sup>2</sup>, S. Roth<sup>3</sup>, K. Grissinger<sup>4</sup>, A. Rehman<sup>5</sup>, V. Uhlig<sup>6</sup> et F. Dénés<sup>7</sup>; pour la Basse Tatra, à S. Roth<sup>8</sup>, V. Uhlig<sup>9</sup>, J. Partsch<sup>10</sup>, et quelques années plus tard à moi-même<sup>11</sup>; pour la Czernahora, en dehors de H. Zapalowicz, à T. Posewitz<sup>12</sup> et

1. E. HANSLIK, *Kulturgrenze und Kulturzyklus in den polnischen Westbeskiden...* (Petermanns Mitt., Ergzbd. XXXIV, Ergzh. N° 158, 1907, p. 12).

2. A. WIERZEJSKI, *Tatry w okresyl lodowym* [Les monts Tatra à l'époque glaciaire] (Pam. Tow. Tatr.: Krakow, VIII, 1883, p. 9).

3. S. ROTH, *Die einstigen Gletscher auf der Südseite der Hohen Tatra* (Földtani Közlöny, XV, 1885, p. 53-75); — *Id.*, *Gekritztes Geschiebe auf der Südseite der Hohen Tatra* (*ibid.*, p. 537-558); — *Id.*, *Einstige Gletscher auf der Nordseite der Hohen Tatra* (*ibid.*, XVIII, 1888, p. 393-431).

4. K. GRISSINGER, *Studien zur physischen Geographie der Tatra-Gruppe* (Bericht über das XVIII. Vereinsjahr Ver. der Geographen Wiener Univ., 1893, p. 1-82; voir surtout p. 33 et suiv.).

5. A. REHMAN, *Eine Moränenlandschaft in der Hohen Tatra* (Mitt. k. k. Geog. Ges. Wien, N. Folge, XXXVI, 1893, p. 473-527); voir aussi : *Id.*, *Łanikle jezioro Tatr i bifurkacja rzeki Młynicy* [Un lac disparu de la Tatra et la bifurcation du fleuve Młynica] (Wszechniarz Warszawa, 1891).

6. V. UHLIG, *Geologie des Tatragebirges* (Denkschr. k. k. Ak. Wiss. Wien, Math.-Naturw. Klasse, LXVIII, 1900, p. 73-87); — *Id.*, *Bau und Bild der Karpaten* (Bau und Bild Österreichs, Wien, 1903), p. 709.

7. F. DÉNÉS, *Die Hohe Tatra* (Text zum 3. Supplement von Holzels geographischen Charakterbildern, Wien, s. d., p. 18).

8. S. ROTH, *Spuren einstiger Gletscher in der Niederen Tatra* (Földtani Közlöny, XV, 1885, p. 558-560).

9. V. UHLIG, *Bau und Bild der Karpaten*, p. 765.

10. J. PARTSCH, *Wanderungen und Studien in der niederen Tatra*. Vortrag gehalten in der Sektion Schlesien des Ungarischen Karpathen-Vereins (Schlesische Zeitung, 1903, n° 742, 743, 11 p.; voir aussi : *Globus*, LXXXIV, 1904, p. 231).

11. L. V. SAWICKI, *Eiszeitspuren in der Niederen Tatra* (*Globus*, XCVII, 1910, p. 335-336).

12. T. POSEWITZ, *Geologische Aufnahmeberichte* (Jdhrb. Ungar. Geol. Landesanstalt, 1888, p. 72-76; 1890, p. 76-94; 1892, p. 45-60; 1893, p. 41-43).

H. Gąsiorowski<sup>1</sup>; pour le Fatrakriván, à J. Partsch<sup>2</sup>, V. Uhlig<sup>3</sup> et à moi<sup>4</sup>; pour les Alpes de Rodna, en dehors de H. Zapalowicz, à Paul Lehmann<sup>5</sup>, et à S. Pawłowski et W. Pokorny<sup>6</sup> et, sur la base d'indications de seconde main, à Z. Szilády<sup>7</sup>; enfin, pour les Karpates Méridionales, aux géologues roumains L. Mrazec<sup>8</sup>, G. Munteanu-Murgoci<sup>9</sup> et V. Popovici-Hatzeg<sup>10</sup>; aux géologues hongrois F. Schafarzik<sup>11</sup>, L. de Lóczy<sup>12</sup> et Z. Schrétér<sup>13</sup>, et en outre aux Allemands Paul Lehmann<sup>14</sup> et R. Lucerna<sup>15</sup>; le mémoire de S. Puchleitner<sup>16</sup> rend compte d'une façon résumée des travaux de Emm. de Martonne et de ses prédécesseurs jusqu'en 1901. Ces petites contributions de détail sont natu-

1. H. GĄSIOROWSKI, *Ślady glacyalne na Czarnohorze* [Sur les anciens glaciers de la Czernahora] (*Kosmos*, Lwów, XXXI, 1906, p. 149-168).

2. J. PARTSCH, *Wanderungen und Studien...* (art. cité, *Globus*, LXXXIV, 1904).

3. V. UHLIG, *Bau und Bild der Karpathen*, p. 728; — *Id.*, *Beiträge zur Geologie des Fatrakriván Gebirges* (*Denkschr. k. Ak. Wiss. Wien, Math.-Naturw. Klasse*, LXXII, 1902, p. 519-561).

4. L. v. SAWICKI, *Z fizyografii Karpat Zachodnich* [Études sur la physiographie des Karpates Occidentales] (*Arch. naukowe*, Dział II, t I, zes. 5, Lwów, 1909 p. 1-109; voir surtout p. 64).

5. P. W. LEHMANN, *Der ehemalige Gletscher des Lalatales im Rodnaer Gebirge* (*Petermanns Mitl.*, XXXVII, 1894, p. 98-99).

6. S. PAWŁOWSKI i W. POKORNY, *Studia lodowcowe w Alpach Rodnianskich* [Études glaciaires dans les Alpes de Rodna] (*Sprawozdanie X. Ejazdu polskich lek. i. przyrodn.*, Lwów, 1907, p. 37). Les auteurs ont déjà noté les traces de la glaciation diluviale dans les Alpes de Rodna, bien que leurs indications sur des terminaisons glaciaires à 762 m. ne résistent pas à la critique. L'in vraisemblance que, dans un aussi petit massif, la limite des neiges oscille de 450 m. (Pietros, 1 431 m.; Lala, 1 899 m.), fait dont ils ne donnent aucune explication, tient seulement à l'imperfection de leurs observations.

7. Z. SZILÁDY, *A Nagy-Pietrosz czirkusz-völgyei* / *Die Circus-Taler des Nagy Pietrosz* (*Földrajzi Közlemények*, XXXV, 1907, p. 6-8; traduction allemande dans l'abrégé, p. 1-2).

8. L. MRAZEC, *Sur l'existence d'anciens glaciers sur le versant Sud des Karpathes méridionales* (*Bull. Soc. des Sc. Bucarest*, 1898, p. 466 et suiv.); — *Id.*, *Quelques remarques sur le cours des rivières en Valachie* (*Annales Musée Géol. Bucarest*, 1896, Bucarest, 1898, p. 14-18).

9. G. MUNTEANU-MURGOCI, *Les Serpentes d'Urde, Muntiu et Găuri* (*Annuaire Musée Géol. Bucarest*, LXVIII, 1898; voir *Bibl. de 1898*, n° 428 A).

10. V. POPOVICI-HATZEG (*Soc. des Sc. Bucarest*, séances des 2 et 4 novembre 1898).

11. F. SCHAFARZIK, *Die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Borlova und Pojana Mörul* (*Jahresber. Ungar. Geol. Landes-Anstalt*, 1897, 1899, p. 120 et suiv., en particulier p. 152-156); — *Id.*, *Über die geologischen Verhältnisse der S. W. Umgebung von Klopotiva und Malaviz* (*ibid.*, 1898, 1900, p. 124-155).

12. L. v. LÓCZY, *A Retjeztől tavairól* / *Die Seen des Retjezat* (*Földrajzi Közlemények*, XXXII, 1904, p. 224-233; abrégé, p. 63-71).

13. Z. SCHRÉTÉR, *A Páreng-hegység orográfiai és glacialogiai viszonyairól* / *Über die orographischen und glaziologischen Verhältnisse des Páreng-Gebirges* (*Földrajzi Közlemények*, XXXVI, 1908, p. 135-150; abrégé, p. 63-89).

14. P. W. LEHMANN, *Schneeverhältnisse und Gletscherspuren in den Transylvanischen Alpen* (*IX. Jahresber. Geog. Ges. Greifswald, 1903-1905*, Greifswald, 1905, p. 1-26).

15. R. LUCERNA, *Einige Gletscherspuren aus dem Fogarascher Gebirge* (*Zeitschr. für Gletscherkunde*, II, 1907-1908, p. 67-71).

16. S. PUCHLEITNER, *Die Eiszeit in den Südkarpathen* (*Mitl. k. k. Geog. Ges. Wien*, XLIV, 1901, p. 124-139).

rellement de valeur extrêmement inégale, et elles ne constituent qu'un progrès, si je puis dire, régional, mais non essentiel, dans l'étude glaciologique des Karpates. Elles nous ont fait connaître un glacier sur le versant septentrional du massif de la Babia Góra et mis en lumière la probabilité de l'absence d'une glaciation véritable de cirques dans le Fatrakriván.

C'est dans la Tatra que les résultats acquis furent les plus abondants : seuls peuvent être estimés comme d'importance secondaire les relevés de polis glaciaires et d'autres empreintes de glaciers que S. Roth a apportés, et si, de même, les recherches accomplies par K. Grissinger ne font connaître que peu de chose de nouveau, par contre, l'étude de A. Rehman, spécialement la reconnaissance approfondie de l'amphithéâtre morainique du lac de Csorba et de la vallée du Kohlbach, la preuve de l'existence du glacier contemporain de l'époque glaciaire sur le versant méridional du Piedmont, enfin l'exploration des vallées du groupe du Kriván, doit être signalée comme un progrès considérable, bien que A. Rehman soit indiscutablement allé trop loin dans la poursuite du phénomène glaciaire dans les environs immédiats de Zakopane, et bien que, là même, comme l'a déjà fait remarquer J. Partsch, il ait maintes fois confondu des formations fluvio-glaciaires avec des formations purement glaciaires. L'interprétation des formes d'érosion glaciaires soulève également pour A. Rehman d'importantes difficultés, de sorte qu'il se croit même obligé de faire intervenir l'érosion chimique d'eaux stagnantes dans le granite. V. Uhlig a fourni une contribution de détails très nombreux au cours de son levé géologique détaillé de la Tatra, et il a notamment relevé environ une douzaine de glaciers, auparavant inconnus. Dénés résuma les connaissances acquises jusqu'alors sur la glaciation de la Tatra et insista spécialement sur la nécessité de distinguer deux périodes glaciaires, avec les limites des neiges de 1650 m. et de 1750 m. ; d'ailleurs, V. Uhlig avait déjà conclu à l'existence de deux périodes glaciaires, d'après la différence de degré dans la dégradation des moraines.

Dans la Basse Tatra, J. Partsch et moi nous relevions déjà les traces de neuf glaciers de l'époque glaciaire ; ils descendaient tous du versant septentrional de la chaîne principale et ne dépassaient pas 5 km. de longueur. Les observations de T. Posewitz sur des glaciers dans la Czernahora ne sont qu'occasionnelles ; il n'en découvre pas moins les empreintes de glaciers des groupes du Swidowiec, du Tomnatek, du Turkul, du Pop Ivan, du Todjarko, de la Trojaga et de la vallée de la Brusztura. C'est par la voie systématique, au contraire, que H. Gąsiorowski parvint à dénombrer quatre glaciers, avec huit cirques entamés, dans la chaîne principale du versant septentrional de la Czernahora.

Dans les Alpes de Rodna, Paul Lehmann n'a décrit que le glacier de Lala, et d'ailleurs d'une façon tout à fait incomplète; de même, Z. Szilády décrivit seulement les courtes vallées glaciaires sur le flanc septentrional du Pietros, au-dessus de Borsa, en se fondant sur des matériaux de seconde main, de sorte que cette région est demeurée la moins connue de toutes les Karpates. Seules, mes recherches dans la Marmaros, aux résultats desquelles je voudrais consacrer plus loin quelques mots, éclaircissent un peu la question dans les Alpes de Rodna. Dernièrement, j'ai pu présenter également des informations sur une glaciation des montagnes volcaniques du Nord de la Transylvanie et du massif de Bihar.

Pour les Karpates méridionales, nous devons aux géologues roumains qui s'y mirent à l'œuvre et qui firent occasionnellement des observations glaciologiques, et aussi aux explorateurs hongrois et spécialement à L. de Lóczy et à ses élèves, de nombreuses petites notes concernant les cirques du Retjezat et du Pareng. Mais bien plus importants sont les nombreux travaux de Einm. de Martonne, qui, en dix ans de recherches, a réuni là des matériaux abondants et d'une grande valeur : nous reparlerons plus loin en détail de ces études. Il y a peu de temps, R. Lucerna essaya, à l'exemple de A. Penck dans les Alpes, d'inaugurer dans les Karpates méridionales l'étude des formations fluvio-glaciaires : les difficultés d'une pareille tâche sont très grandes, car, dans les Karpates, à l'exclusion de la Tatra, c'est seulement dans des cas très rares que l'on voit se pénétrer réciproquement les moraines et les dépôts de cailloutis. Au contraire, l'étude des terrasses conduit à des résultats qui auront peut-être pour effet de modifier essentiellement les idées acquises dans les Alpes relativement à leur origine.

L'état de nos connaissances à divers moments a été résumé et mis en lumière : en 1897, par F. Pax<sup>1</sup>, dans son grand ouvrage sur la végétation des Karpates, et en 1904, par J. Partsch lui-même<sup>2</sup>, dans une conférence faite à Breslau devant l'Assemblée des naturalistes et des médecins allemands. Un aperçu historique et critique des études glaciologiques dans les Karpates jusqu'en 1905, en polonais, fut placé par E. Romer en tête de son mémoire sur l'époque glaciaire dans le Swidowiec<sup>3</sup>. F. Pax nous a aussi fait jeter un coup d'œil instructif sur les migrations dans les Karpates de certaines espèces végétales qui

1. F. PAX, *Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Karpathen*, Theil I, Leipzig, 1898, p. 24 et suiv.

2. J. PARTSCH, *Die Eiszeit in den Gebirgen zwischen dem nordischen und dem alpinen Eisgebiet* (*Geog. Zeitschr.*, X, 1904, p. 657-665).

3. E. ROMER, *Epoka lodowa na Swidowcu* (*Rozpr. Ak. Um. Krakow, Wyzd. Mat.-przyp.*, LVI, 1906, p. 11-91; publié également sous le même titre, mais en allemand : *Die Eiszeit im Swidowice Gebirge, Oskarpathen*, dans *Bull. int. Ac. Sc. Cracovie, Sc. math.-nat.*, 1905, p. 797-802).

sont en rapport avec l'apparition de l'époque glaciaire : à signaler en particulier son compte rendu détaillé des restes de flores glaciaires dans le manteau de végétation qui recouvre actuellement les Karpates.

### III. — SECONDE PHASE, OU PHASE MORPHOLOGIQUE, DES ÉTUDES GLACIOLOGIQUES (DEPUIS 1900).

Cependant la période de stationnement, pendant laquelle les recherches glaciologiques dans les Karpates ne firent pas de grands progrès, avait pris fin à son tour. Alors, sous l'impulsion puissante de l'ouvrage classique de A. Penck et E. Brückner<sup>1</sup> et des travaux de W. M. Davis<sup>2</sup>, etc., où ont été décrites d'une façon magistrale les caractéristiques de la morphologie glaciaire des glaciations anciennes, la méthode de recherches morphologiques commença à revendiquer l'égalité de ses droits à côté de la méthode géologique. On ne se mettait plus maintenant en quête de moraines, de blocs erratiques, de stries glaciaires ; ce que l'on cherchait, ce n'était rien de moins que la forme en auge et les cirques dans les vallées, les versants recoupés par dessous, les vallées principales surcreusées, les paliers dans les vallées principales et secondaires, les bassins et les cuvettes lacustres avec verrous rocheux et paliers transversaux.

Le mérite d'avoir pleinement utilisé le premier cette méthode, à côté de la méthode géologique, dans l'étude de l'ancienne glaciation des Karpates revient à Emm. de Martonne<sup>3</sup>, qui a consigné dans de nombreux travaux les observations, mesures et documents figurés qu'il a recueillis au cours de dix années d'excursions. Dès 1900, il déclarait expressément que moraines et polis glaciaires ne sont pas abso-

1. A. PENCK u. E. BRÜCKNER, *Die Alpen im Eiszeitalter*, Leipzig, 1901-1909, 3 vol.

2. W. M. DAVIS, *The Sculpture of Mountains by Glaciers* (*Scottish Geog. Mag.* XXII, 1906, p. 76-89).

3. EMM. DE MARTONNE, *Sur la période glaciaire dans les Karpates méridionales* (*C. r. Ac. Sc.*, CXXIX, 1899, p. 894-897); — *Sondages et analyses des boues du lac Gâlcescu (Karpates méridionales)* (avec la collaboration de G. MUNTEANU-MURGOCI) (*C. r. Ac. Sc.*, CXXX, 1900, p. 932-935); — *Recherches sur la période glaciaire dans les Karpates méridionales* (*Bull. Soc. des Sc. Bucarest*, IX, 1900, 60 p.); — *Le levé topographique des cirques de Gauri et Galcescu...* (*Bul. Soc. Inginerilor Bucuresti*, IV, 1900, 42 p.); — *Contribution à l'étude de la période glaciaire dans les Karpates méridionales* (*Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XXVIII, 1900, p. 275-319); — *Nouvelles observations sur la période glaciaire dans les Karpates méridionales* (*C. r. Ac. Sc.*, CXXXII, 1901, p. 360-363); — *Sur la formation des cirques* (*Annales de Géographie*, X, 1901, p. 10-16); — *Remarques sur le climat de la période glaciaire dans les Karpates méridionales* (*Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 4<sup>e</sup> sér., II, 1902, p. 330-332); — *La période glaciaire dans les Karpates méridionales* (*Congrès Géol. Int.*, C. r. IX<sup>e</sup> session Vienne 1903, Vienne, 1904, p. 691-702); — *Notice explicative des reliefs du Parinçu et de Soarbele...* (*Bul. Soc. Geog. Romana*, XXVII, 1906, 143-167); — *Sur deux plans en relief du Parinçu et de Soarbele...* (*C. r. Ac. Sc.*, CXLII, 1906, p. 1583-1586).



lument nécessaires pour faire reconnaître d'anciennes glaciations; il représentait par le menu les grandes difficultés qu'il y avait à déterminer leur nature avec certitude : aussi tenait-il un grand nombre d'amas de débris, qui avaient été décrits sous le nom de moraines, pour des phénomènes pseudo-glaciaires. Par contre, il attachait la plus grande importance aux cirques et aux bassins rocheux, avec leurs lacs de haute montagne, et il exécuta, pour toute une série d'entre eux, d'après ses propres levés, des cartes détaillées à 1 : 25 000, 1 : 10 000 et 1 : 5 000, et même des modèles en relief. Il poursuivit aussi ses études sur les Karpates jusqu'à formuler des conclusions tout à fait générales sur le caractère morphologique et l'origine des cirques. Et cependant Emm. de Martonne ne me paraît pas avoir fait entrer en ligne de compte tous les témoins morphologiques de l'ancienne glaciation : les vallées en auge, en particulier, se rencontrent encore à une altitude bien inférieure à celle où Emm. de Martonne a enregistré les empreintes glaciaires les plus basses (1 500-1 700 m.); de même les vallées suspendues : c'est un point sur lequel j'ai attiré l'attention, dans mon étude sur la glaciation du Bihar (voir plus loin). J. Cvijic<sup>1</sup> a également trouvé des empreintes glaciaires situées à une altitude beaucoup plus basse que ne l'indique Emm. de Martonne, à savoir dans la vallée de Jiçlu, en descendant jusqu'à 1 100 m.; de sorte que la limite des neiges, fixée par Emm. de Martonne à 1 600-1 700 m. pour la période glaciaire principale, devra, sans aucun doute, être transportée un peu plus bas. D'après les observations faites dans les autres parties des Karpates orientales, observations qui sont, dans une certaine mesure, en contradiction avec les résultats obtenus par Emm. de Martonne, les Karpates méridionales devront être soumises à une revision détaillée au point de vue des traces d'anciennes glaciations.

Emm. de Martonne a pu, en outre, distinguer nettement deux périodes glaciaires, dont les limites des neiges s'écartent de 200 à 300 m. en altitude (1 600-1 700 m.; 1 900 m.); assurément, leur parallélisme avec les périodes glaciaires des Alpes ne peut être soutenu jusqu'au bout avec certitude; ce qui me paraît encore le plus probable, c'est que la période glaciaire principale correspond à la période alpine de Würm, tandis que la seconde période correspondrait au stade de Bühl.

Un troisième résultat important des études de Emm. de Martonne concerne la question du climat de l'époque glaciaire : il estime, en y insistant très vivement, qu'il ne se distingue du climat actuel que par une différence de degré, mais non dans les traits généraux ni dans le

1. J. CVJIC, *Beobachtungen über die Eiszeit auf der Balkanhalbinsel, in den Südkarpathen und auf dem mysischen Olymp* (Zeitschr. für Gletscherkunde, III, 1908-1909, p. 1-35; en particulier p. 14 et suiv.)

type. Il en voit les preuves avant tout dans les faits suivants. Dès l'époque glaciaire dominaient, comme aujourd'hui, dans les Karpates méridionales, les vents pluvieux de l'Est, provenant de la mer Noire; de là vient que ce sont toujours les cirques exposés à l'Est qui sont les plus riches en glaciers. L'exposition soit au Nord, soit au Sud a eu, à l'époque glaciaire tout comme aujourd'hui, une importance moindre que l'exposition à l'Est, de sorte que, pour l'époque glaciaire, ce sont avant tout les conditions des précipitations, plutôt que les conditions thermiques, qui entrent en considération. Si claire et si lumineuse que paraisse être, au premier examen, cette interprétation due au spécialiste éprouvé de l'étude des Karpates, je me vois contraint de me montrer sceptique, pour le moment, bien que ma faible connaissance personnelle des Karpates méridionales m'interdise d'exercer une critique de détail. Emm. de Martonne a bien éprouvé certaine difficulté, lorsqu'il a été précisément frappé de la glaciation puissante de la partie la plus occidentale des Karpates méridionales, partie où les vents pluvieux de l'Est parvenaient quand ils étaient déjà le plus dépourvus de précipitations: sa tentative pour attribuer cette glaciation à la structure massive de cette région est acceptable en ce sens que des portions plus étendues de la surface des montagnes se trouvaient dans le domaine situé au-dessus de la limite des neiges, et que, par là même, des masses plus considérables de neige pouvaient s'accumuler dans les champs de névé. Il est vrai, toutefois, que, d'après les observations les plus récentes faites dans les Alpes Occidentales et Orientales, la limite des neiges se relève sensiblement sur les parties massives des reliefs. Mais, ce qui est plus grave, c'est que j'ai trouvé les glaciers de l'époque glaciaire exposés à l'Est et au Nord-Est plus développés aussi dans des régions qui, cependant, sont balayées d'une façon manifeste par les vents pluvieux de l'Ouest: ainsi, déjà, pour les Karpates même, dans le Bihar et dans les Alpes de Rodna; ainsi également pour l'Orjen, dans la Dalmatie méridionale<sup>1</sup>, qui, situé juste sur le bord oriental de la mer Adriatique, présente sur son flanc oriental une glaciation presque trois fois plus importante que sur son flanc occidental, lequel est pourtant exposé aux vents de pluie<sup>1</sup>.

Nous voyons par là que si, en vérité, les matériaux d'observation positifs qu'ont apportés les études de Emm. de Martonne, si pénétrantes et fondées sur les méthodes les plus modernes, sont extrêmement abondants (il a décrit un très grand nombre de cirques et glaciers, dont une grande partie pour la première fois), cependant, ses travaux ne peuvent pas encore être considérés comme le terme des

1. L. v. SAWICKI, *Die eiszeitliche Vergletscherung des Orjen in Süddalmatien* (*Zeitschr. für Gletscherkunde*, V, 1910-1911, p. 339-355).

études glaciologiques ayant pour objet les Karpates méridionales ; ils ne constituent qu'un point de départ, sans contredit excellent, pour poursuivre la recherche des faits et finalement pour renouveler l'interprétation des phénomènes, en la fondant sur l'étude de toutes les Karpates et des Balkans.

C'est à des résultats assez analogues que J. Partsch semble être parvenu, en continuant ses études sur l'époque glaciaire dans la Haute Tatra. Dès 1904, il fit savoir qu'il avait de nouveau parcouru ce massif en détail, et qu'il songeait à consigner et à décrire, d'après le dernier état de la science, les traces que l'on y trouve de l'époque glaciaire, dans une contribution très étendue à l'ouvrage de F. Frech : *Lethaea geognostica*. Par malheur, cette étude n'a pas encore été publiée. Mais déjà la brève esquisse de 1904 et une conférence faite en 1907, à la Société Royale des Sciences de Saxe, sur la Haute Tatra à l'époque glaciaire<sup>1</sup>, permettent de reconnaître à quel point ce chercheur expérimenté s'entend à retourner le même problème sous de nouvelles faces. J. Partsch distingue aujourd'hui, avec certitude, trois périodes glaciaires, en se fondant sur les différences d'altitude des moraines, sur les divers degrés d'avancement de leur dégradation et en outre sur l'existence de trois systèmes de terrasses fluvio-glaciaires et sur celle de trois ensembles de formes superficielles, emboîtés les uns dans les autres ; il reconnaît, dans la Tatra proprement dite (Tatra orientale), vingt-sept glaciers de vallées, qui recouvraient une superficie de 330 kmq. Il est à noter qu'il incline à relever encore un peu davantage la limite des neiges pendant la période glaciaire principale (période de Würm), en la reportant de 1 500 m. à 1 600-1 700 m.

Un autre travail plus important encore, entièrement fondé sur la méthode de A. Penck, est celui de R. Lucerna sur les Alpes de Liptów<sup>2</sup>. Une région sur la glaciation de laquelle on ne savait presque rien jusqu'alors, en dépit de sa situation voisine de la Tatra, se révélait brusquement en pleine lumière. R. Lucerna ne décrivait pas moins de dix-sept nouveaux glaciers de vallées, et il rendait compte de leurs variations dans chacune des phases de l'époque glaciaire. Il parvint, en effet, à distinguer, dans cette dernière, trois à quatre phases, qu'il met en parallèle avec la période de Würm et les stades de Bühl, de Daun et de Gschnitz, et cela en s'appuyant sur l'existence de plusieurs auges emboîtées les unes dans les autres, ainsi que de plusieurs ceintures de moraines et de plusieurs terrasses fluvio-glaciaires, respectivement disposées et accumulées les unes à l'intérieur

1. J. PARTSCH, *Die Hohe Tatra zur Eiszeit* (Sitzungsber. k. Sachs. Ges. Wiss., Phil.-hist. Klasse, Leipzig, LX, 1907, p. 177); — Voir aussi l'étude citée plus haut de la *Geog. Zeitschr.*, X, 1904, p. 637.

2. R. LUCERNA, *Glazialgeologische Untersuchung der Liptauer Alpen* (Sitzungsber. k. Ak. Wiss. Wien, Math.-Naturw. Klasse, CXVII, 1909, II A, p. 713-818).

des autres<sup>1</sup>. R. Lucerna attribue à chacune des phases de l'époque glaciaire les limites des neiges suivantes : 1 400-1 550 m. (Würm), 1 600-1 700 m. (Bühl), 1 800 m. (Daun); il demeure ainsi d'accord avec les travaux antérieurs de J. Partsch, bien que les écarts d'altitude des limites des neiges pour chaque période glaciaire soient évalués moins grands que dans les Alpes.

L'influence puissante que la méthode morphologique commence à exercer sur l'étude glaciologique des Karpates se manifeste dans la tentative faite par R. Lucerna de classer tout l'ensemble des formes du massif selon leur ancienneté : ce fut le premier essai de ce genre dans les Karpates. Il établit que les formes superficielles préglaciaires ne peuvent être recherchées que dans une zone périphérique; à celle-ci est contiguë une zone de formes glaciaires anciennes fortement dégradées; enfin la partie centrale du massif, avec ses formes tranchées et grandioses, est d'âge glaciaire récent.

Les études que nous avons brièvement analysées jusqu'ici témoignent d'une grande concordance en ce qui concerne l'interprétation du paysage et du climat de l'époque glaciaire. Il nous reste à parler d'une série de travaux qui s'opposent aux précédents dans une certaine mesure. Eux aussi, ils ont avant tout leur point de départ dans l'aspect du paysage, et ils s'appuient principalement sur la méthode morphologique moderne; mais, en ce qui concerne l'extension des glaciers et la limite des neiges pendant le Glaciaire, aussi bien que l'appréciation de l'influence de mouvements récents de l'écorce terrestre sur le phénomène de l'époque glaciaire, ils aboutissent à des résultats assez différents, qui, limités pour le moment aux Karpates orientales, requièrent une revision des autres régions de physionomie glaciaire.

Il faut rappeler ici avant tout le travail détaillé de E. Romer sur le Świdowiec, dans les Karpates boisées<sup>2</sup>. E. Romer avait, à son grand étonnement, reconnu, dès 1904, lors d'une petite excursion dans la région du Świdowiec, l'existence de traces de glaciers sur des montagnes qui atteignaient à peine 1 800 m. Ces empreintes de glaciers de l'époque glaciaire étaient une surprise, vu la faiblesse de l'altitude et vu le relèvement que l'on attribuait dans ces parages, conformément à la loi de J. Partsch, à la limite des neiges. Pour procéder avec sûreté, E. Romer soumit tout le massif à une enquête minutieuse<sup>3</sup>, qui conduisit à la détermination de quatorze cirques, dont cinq furent

1. Ici encore le rattachement des terrasses et des moraines est légèrement incertain.

2. E. ROMER, *Kilka wycieczek w źródłiska Bystrzycy, Łomnicy i Cisy czarnej* / *Einige Ausflüge in das Quellgebiet der Bystrzica, Łomnica und der schwarzen Theiss* (Kosmos, Lwów, XXIX, 1904, p. 439-503, spécialement p. 469-497).

3. E. ROMER, *Epoka lodowa na Świdowcu* (mém. cité).

l'objet d'un levé cartographique. Les cinq glaciers du Swidowiec sont d'une longueur de 1<sup>km</sup>,5 à 2<sup>km</sup>,5, larges de 500 à 1000 m., et inclinent de préférence à l'exposition au Nord et à l'Est, quoique les vents de W et de SW soient ici dominants. Sans doute, E. Romer, rejetant l'influence de la température, cherche à expliquer cela en admettant que de plus grandes masses de neiges avaient pu s'accumuler du côté opposé aux vents; pour ma part, cette façon d'interpréter les faits me paraît un peu exagérée, car j'estime que les conséquences de la faiblesse des précipitations du côté opposé aux vents ont dû être bien plus importantes que ne pouvait l'être l'effet conservateur de la situation à l'abri des vents. E. Romer décrit en détail de nombreux caractères morphologiques que les glaciers de l'époque glaciaire ont imprimés au pays, en insistant sur la rareté et la mauvaise conservation des formes d'accumulation glaciaires, et il conclut, également d'après des faits morphologiques, à l'altitude de 1 450 m. pour la limite des névés à l'époque glaciaire<sup>1</sup>. Il essaie même de se fonder sur des détails morphologiques pour conclure à l'existence de deux périodes glaciaires (Riss et Würm, avec limites des neiges à 1 300 m. et à 1 450 m.); mais je tiens pour incompris et insuffisamment fondés aussi bien son argumentation que le parallélisme qu'il établit<sup>2</sup>. D'ailleurs, E. Romer les a rétractés lui-même, et il a interprété dernièrement les phénomènes d'une autre façon dans un travail morphologique<sup>3</sup>. Dans cette deuxième étude, E. Romer a montré aussi en détail le rapport étroit qui existe entre le phénomène des glaciers et la masse des groupes montagneux.

Le résultat le plus important toutefois des études de E. Romer, qui se sont poursuivies dans la Czernahora, concerne les conditions du climat à l'époque glaciaire et l'asymétrie si remarquable de la glaciation : la grande majorité des cirques est exposée entre le Nord et l'Est. Comme il a été dit, E. Romer l'attribuait encore en 1906 à la situation abritée du vent, et il s'appuyait sur les observations de F. Schrader dans les Pyrénées; en 1909, il part, au contraire, de ce principe que, en raison de l'établissement hypothétique, mais extrêmement probable, d'un maximum barométrique sur la calotte glaciaire de l'Europe à l'époque quaternaire, ce sont les vents de NE et E qui ont dû dominer dans les Karpates orientales : ces vents, encore secs dans le voisinage de la masse glaciaire nordique, devenaient riches

1. E. ROMER a pu, en 1909, appuyer, en outre, cette conclusion sur les faits morphométriques de l'inclinaison de la pente et du développement horizontal des isohypses, spécialement de celle de 1 500 m. (Voir ci-dessous, note 3.)

2. L. v. SAWICKI, *Die jüngeren Krustenbewegungen in den Karpathen* (Mitt. Geol. Ges. Wien, II, 1909, p. 81-117; spécialement p. 99).

3. E. ROMER, *Proba morfometrycznej analizy grzbielow Karpat wschodnich* (Morphometrische Studien über die ostkarpatischen Gebirgsformen) (Kosmos, Lwow, XXXIV, 1909, p. 678-693; résumé en allemand, p. 692-693).

en précipitations aux points où ils franchissaient les hautes crêtes des Karpates, tandis que, sur le versant méridional, ils redevenaient secs comme un véritable fohn. Que ce soit réellement le versant Nord qui ait été le côté arrosé, c'est ce que semblent démontrer le caractère plus abrupt de ce versant dans le relief asymétrique des Karpates et l'absence de « mers de rochers » sur les pentes septentrionales.

Si les Karpates orientales occupent une situation jusqu'à un certain point exceptionnelle pour les conditions du climat à l'époque glaciaire, ce caractère exceptionnel se manifeste encore plus clairement dans l'altitude remarquablement basse de la limite des neiges. Cette circonstance a suggéré l'idée d'expliquer cet abaissement par un mouvement épeirogénique des montagnes à l'époque quaternaire. L'idée d'un rapport entre les mouvements épeirogéniques et les phénomènes de la glaciation est déjà très ancienne : mais la constatation du caractère général du phénomène de l'époque glaciaire et l'interprétation de ce dernier comme une manifestation conséquente d'un grand changement de climat l'ont fait passer à l'arrière-plan. Elle n'en subsiste pas moins, et, depuis quelque temps, on y revient de plus en plus, avec cette restriction, toutefois, qu'un mouvement épeirogénique à l'époque quaternaire n'a eu qu'un effet local dans la détermination ou la modification du phénomène des glaciers : ainsi l'ont compris dernièrement J. Cvijic<sup>1</sup> et E. Romer lui-même<sup>2</sup>. Sans doute, les indications publiées jusqu'ici par ce dernier ne se soutiennent qu'à un point de vue tout à fait général ; elles ont déjà été l'objet de critiques sur des points particuliers<sup>3</sup> ; mais il faudra tenir compte de cette hypothèse dans l'étude des Karpates orientales.

Pour apporter une contribution à la solution de cette question et combler par là la dernière lacune importante de nos connaissances touchant l'ensemble des formes glaciaires des Karpates, j'ai soumis, il y a quelque temps, toutes les Karpates orientales entre la Czerna-hora et les Alpes de Transilvanie à des observations approfondies. Leur résultat a concordé presque entièrement avec les études de E. Romer. Avant tout, j'ai pu établir une glaciation de la partie culminante du massif de Bihar<sup>4</sup>, qui m'a permis de conclure à une limite

1. J. CVIJIC, *Pleistozäne Hebungen und Vergletscherung* (Neuvième Congrès International de Géographie, Genève 1908, *Compte rendu des travaux*, Tome deuxième, II, *Travaux scientifiques*. — B. Séances des sections, Genève, 1910, p. 297-304).

2. E. ROMER, *Kilka uwag o genezie krajobrazu lodowcowego* / *Einiges über die glaziale Landschaft und deren Entstehung* (Kosmos, Lwów, XXXIV, 1909, p. 239-259 ; résumé allemand, p. 259-262) ; — *Id.*, *Sur les zones morphologiques de la Suisse occidentale* (C. r. Ar. Sc., CXLIX, 1909, p. 69-71) ; — *Id.*, *Mouvements épeirogéniques dans le haut bassin du Rhône et l'évolution du paysage glaciaire* (Bull. Soc. Vaudoise Sc. Nat. Lausanne, XLVII, 1908, Lausanne, 1911, p. 65-200).

3. EMM. DE MARTONNE, *L'érosion glaciaire et la formation des vallées alpines* (Annales de Géographie, XIX, 1910, p. 310, 316).

4. L. v. SAWICKI, *Zur Frage der Vergletscherung des Bihargebirges* (Földrajz Közlemények, Édition internationale, XXXVII, 1909, p. 316-323).

des neiges de 1600 n. et m'a obligé, en raison de l'exposition des cirques au Nord-Est, à réduire fortement l'importance des vents pluvieux de l'Ouest. J'ai trouvé des traces de glaciers très réduits dans le Kaliman (Kelemen), en dépit de son altitude élevée, et j'ai cherché à expliquer cette circonstance par l'hypothèse que ce massif volcanique n'est que plio-pleistocène, qu'il était encore peu entamé à l'époque glaciaire, et que ces conditions, si elles pouvaient permettre le développement d'un manteau de névé superficiel, ne se prêtaient pas, vu le défaut de prédisposition orographique, à celui de glaciers de vallées individuels. Dans les monts Ilargitta, je n'ai trouvé aucun indice; au Czibles, seulement de très faibles indices d'un ensemble morphologique glaciaire.

Dans les Alpes de Rodna<sup>1</sup>, j'ai observé attentivement les traces de onze systèmes de glaciers, qui se composaient de seize glaciers partiels<sup>2</sup>, j'ai établi partout deux phases de retrait, et j'ai adopté 1550 m., 1700 m. et 1900 m. pour la limite des neiges à l'époque glaciaire. Dans ces recherches, je me suis appuyé principalement sur la méthode morphologique, et j'ai examiné tous les détails de l'ensemble des formes du paysage; mais je n'ai négligé nulle part de tenir compte de formes d'accumulation des glaciers, qui descendaient jusqu'à 900 m., et j'ai cherché également partout, malheureusement en vain sauf dans un cas, à rattacher les formations fluvio-glaciaires et les moraines. L'asymétrie extraordinairement marquée du massif, qui vit se développer sur son flanc septentrional de si nombreux glaciers de vallées, et qui ne portait sur le versant méridional que des champs de névé et tout à fait par exception de minuscules glaciers individualisés, provoquait la question des conditions du climat. La direction du massif, sensiblement parallèle à la direction des vents principaux de W et d'E, s'opposait de prime abord à ce que l'un ou l'autre versant fût favorisé spécialement par les vents pluvieux; de même, elle rendait improbable un effet de la situation abritée des vents; il ne restait donc plus que les conditions de la température, l'exposition par rapport au soleil et les courants aériens de températures différentes pour expliquer ces circonstances d'une façon plausible.

En poursuivant l'étude du phénomène glaciaire dans les Karpatés orientales, j'ai pu également le reconnaître sur tous les massifs de la Marmaros qui atteignent 1800 m. d'altitude: ainsi au Mihailecul et au Farcaul, à la Trojaga, au Pietrosu Bardului et enfin au Pop Ivan. Sur plusieurs de ces massifs, notamment au Pop Ivan, le modelé glaciaire conduit à la constitution d'un paysage alpin, tel que nous

1. L. v. SAWICKI, *Die glazialen Züge der Rodnaer Alpen...* (art. cité).

2. PAUL LEHMANN n'avait observé, en 1891, qu'un glacier, celui de Lala; encore ne l'avait-il pas observé dans toute son étendue.

ne le trouvons ailleurs dans les Karpates que dans la Tatra, les Alpes de Rodna, les Alpes de Transylvanie et, avec de moins grandes proportions encore, dans la Czernahora. Toutefois, il ne s'agit ici que de petits centres de glaciation isolés (éloignés les uns des autres de 20 km. en moyenne); à quoi l'on peut reconnaître exactement combien l'ensemble des formes glaciaires, dans ses traits généraux, est entièrement indépendant du caractère pétrographique des massifs. Il est remarquable et frappant que le Giumalaul, haut de plus de 4 800 m., situé sur la frontière de la Bukovine et de la Roumanie, donc sur le bord oriental des Karpates, ne présente aucune trace de glaciation, bien que sa masse soit très considérable, en raison du haut et énorme plateau au centre duquel il est situé. C'est seulement avec une grande réserve que j'ose tirer de là la conclusion importante, et nettement en contradiction avec les résultats des études de Emm. de Martonne, que ce ne sont pas des vents humides venus de l'Est, de la mer Noire, qui ont été dominants ici, mais des vents de NE et de N, issus de la calotte glaciaire de l'Europe septentrionale, qui ne pouvaient aucunement donner lieu à la formation de grands glaciers. Mais les indications se multiplient en faveur d'une telle interprétation : les études des dunes de l'avant-pays karpatique montrent une direction des vents à l'époque diluviale dont les effets sur la morphologie se relèvent dans la région montagneuse. Les vents froids et secs venus de la calotte glaciaire se réchauffaient en arrivant vers le Sud, devenaient capables d'absorber de la vapeur d'eau, pouvaient s'en saturer en passant par-dessus les lacs diluviaux du bord sud-karpatique jusqu'au Dniestr et la rendaient à la montée des Karpates orientales. Reste la question de savoir si la dépression dans la limite des neiges conditionnée par le régime de climat diluvial doit être considérée seulement comme un phénomène local. Enfin, j'ai exploré aussi la crête principale de la Czernahora, et là je n'ai pas reconnu moins de onze glaciers, dont dix-sept cirques alimentaient les masses glaciaires, et qui atteignaient en partie une altitude très basse. J'ai renoncé à publier ces études, parce que E. Romer prépare un travail très étendu à ce sujet.

Mais le résultat principal auquel je suis parvenu est fondé sur l'étude des terrasses de la Marmaros. Je le résume ainsi qu'il suit. La relation entre les terrasses et la glaciation de chacun des massifs est indiscutable; et cependant, on ne peut considérer toutes les terrasses comme fluvio-glaciaires, mais la minorité seulement. Le phénomène des terrasses se représente avec les mêmes caractères constitutifs dans les vallées où la région des sources n'a pas subi de glaciation. En outre, il y a dans les puissantes formations qui constituent les terrasses beaucoup plus de matériaux accumulés qu'il ne pouvait en être emprunté par les glaciers aux cirques, relativement petits et peu nombreux. Il ne reste donc plus comme solution que



d'imaginer que les deux phénomènes, la glaciation et la formation des terrasses, qui se montrent coordonnés dans l'espace et dans le temps et cependant indépendants l'un de l'autre, aient été dus à une troisième cause. Après discussion de toutes les possibilités, je suis arrivé à conclure que nous devons admettre pour la région qui nous occupe, outre le changement général (en deux phases) du climat à l'époque glaciaire, des mouvements positifs de l'écorce, qui se sont produits à deux reprises : ces mouvements épeirogéniques ont été la cause de la formation générale des terrasses, et, dans les massifs les plus élevés, ceux qui dépassaient la limite des neiges de cette époque, ils ont provoqué la glaciation. Pendant les phases fraîches et humides qui apparaissent à peu près en même temps que le soulèvement des montagnes, la glaciation s'est étendue, et dans les vallées a lieu un découpage des épaisses accumulations antérieures de cailloutis. Dans les phases de climat sèches et chaudes, les glaciers disparaurent, mais il s'opéra dans les vallées des accumulations considérables.

Cet aperçu analytique nous a montré à quel terme notre connaissance en est arrivée et comment, à côté de la méthode géologique, la méthode morphologique s'est lentement manifestée, elle aussi, comme extrêmement féconde.

D'autre part, nous nous trouvons en ce moment en face de problèmes posés, que j'ai mentionnés ici. Plus le morphologiste avance dans ses recherches, plus nombreuses et importantes sont les nouvelles questions qui se soulèvent. Je ne fais que signaler le rapport de la glaciation du système montagneux des Karpates avec celle du Nord et avec les régions interposées qui n'ont pas éprouvé de glaciation ; les rapports de la glaciation des Karpates avec la période des steppes et des déserts dans le Centre de la Hongrie, qui rappelle fort les conditions de l'Asie Centrale ; enfin, la question, si compliquée, de l'influence exercée sur l'hydrographie locale par les centres de glaciation des Karpates. Je puis du moins terminer avec l'assurance qu'il y a, dans les Karpates, pour de longues années encore, un beau domaine pour les études glaciologiques, et que celles-ci sont précisément, en ce moment même, sur le point de passer de la phase descriptive à la phase intensive et à la recherche des causes.

L. SAWICKI,

de l'Université de Cracovie.

Traduit, sur le manuscrit de l'auteur,  
par G.-A. HÜCKEL.

(23)





P. P. DOM KSIĄŻKI  
— ANTYKWARIAT —

\* 079950

# Annales

Vingtième année

## de Géographie

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE MM.

**P. Vidal de la Blache**

**L. Gallois et Emm. de Margerie**

*Secrétaire de la Rédaction* : **Louis Raveneau**

Les **Annales de Géographie** paraissent les 15 janvier, 15 mars, 15 mai, 15 juillet et 15 novembre. Les abonnés reçoivent *gratuitement* la **Bibliographie géographique annuelle** qui paraît le 15 septembre.

ABONNEMENT ANNUEL (de janvier)

France et Colonies . . . . . **20 fr.** | Union postale . . . . . **25 fr.**

Chaque numéro, **4 fr.** — *Bibliographie géographique* de l'année courante, **5 fr.**

Chaque année des *Annales de Géographie* forme un vol. in-8, broché. Prix. . . **20 fr.**

(La *Première année* est incomplète, le numéro 3 étant épuisé. — Les 6<sup>e</sup>, 7<sup>e</sup>, 8<sup>e</sup> et 12<sup>e</sup> année ne sont vendues qu'aux acheteurs de la collection complète).

*Première Table décennale* des « *Annales de Géographie* » (1891-1901). In-8<sup>e</sup>, broché . . . . . **4 fr.**  
*Bibliographies* des années antérieures à l'année courante (sauf celle de 1896, épuisées) : Chacune. **10 fr.**

Au mois de janvier 1911, les **Annales de Géographie** sont entrées dans leur vingtième année. Le succès de cette Revue a permis d'accroître le nombre de ses collaborateurs et la variété de ses articles.

Dirigées par des savants français, les *Annales de Géographie* offrent à leurs lecteurs des travaux originaux sur notre pays et consacrent, dans chaque fascicule, un article au moins à la France et à ses colonies. En outre, plusieurs des plus célèbres explorateurs leur donnent la primeur des observations scientifiques qu'ils ont recueillies. Les études que les *Annales* ont publiées sur la géologie, sur le climat et sur l'hydrographie, sur la flore et la faune, sur l'homme enfin, ont beaucoup contribué à développer en France le goût de la géographie générale.

Mais si cette Revue réserve aux études françaises une part très large, elle s'honore aussi de compter parmi ses collaborateurs et correspondants des représentants autorisés de la science géographique dans les autres pays. Une **Bibliographie géographique annuelle**, à laquelle collaborent Français et étrangers, sous la direction de M. LOUIS RAVENEAU, assure aux *Annales de Géographie* un caractère international.

Chaque numéro des *Annales* contient une « Chronique géographique », de nombreux croquis ou cartes dans le texte, ainsi que des *planches, cartes en couleur* et *photographies, hors texte*.