

*Robert F. Black **

Wisconsin, U.S.A.

PERIGLACIAL STUDIES IN THE UNITED STATES 1959—1963

Abstract

Terminology of periglacial phenomena has been ignored, and few studies are aimed specifically toward solution of periglacial problems. Nonetheless, a voluminous literature is available on cold-climate chemical and physical weathering, soils, frost action, permafrost, and mass-wasting processes. Present rates of erosion and movement of material by frost and gravity in cold climates are being studied quantitatively at increasing tempo, and similar techniques are being used to check on present rates of soil movement in former periglacial areas. Indirect evidence of former periglacial erosion comes from study of asymmetrical valleys, stone lines, general morphometry, and the like. Detailed comprehensive laboratory and field investigations into frost processes are underway. Active periglacial phenomena include all those phenomena characteristic today of very cold climates, whether wet or dry, but excluding glaciers. The inactive periglacial phenomena most studied include sorted and nonsorted patterned ground, especially ice-wedge casts, sorted polygons, congeliturbates, and solifluction phenomena. Numerous papers provide some data on periglacial paleoclimates of local areas or regions.

INTRODUCTION

For the XX International Geographical Congress and at the request of Professor Jan Dylik, President of the Periglacial Commission, IGU, the writer attempts to review the voluminous literature pertaining to periglacial studies in the United States during the period 1959 to 1963. Because the excellent summaries of Smith (1962 and 1964) are essentially complete to 1959, it is not necessary, except for an occasional reference, for this review to go back more than five years. Alaska is included, but Canada is not. At the risk of duplication of other reviews, certain references by Americans working in Greenland and in Antarctica are included. In addition to published literature reference is also made to representative research programs now underway in the United States. No attempt is made to cite all the literature nor to stray far into fringe fields.

The available literature does not lend itself to the classification of suggested problems selected for the XX International Geographical Congress. Several topics, such as „Terminology”, have been ignored in the United States during the past five years, and others are treated only in a very limited way. Most papers overlap the 20 individual items in the 5 broad categories selected for the Congress so a more convenient subdivision is

* University of Wisconsin, U.S.A.

followed in this review. It consists of weathering, erosion and frost movements, active periglacial phenomena, inactive periglacial phenomena, and periglacial paleoclimates. It is hoped that this review will indicate the trend of thought and interest in the United States as of the latter part of 1963.

Attention is called here to the International Permafrost Conference at Purdue University in November, 1963. Sessions include numerous papers on soil and vegetation related to frost and permafrost; massive ground ice; geomorphology; phase equilibria and transitions in ground water and ice; thermal aspects; physico-mechanical properties of frozen ground; and various engineering aspects. The Proceedings of the Conference are available from the Building Research Advisory Board, National Academy of Sciences — National Research Council, Washington 25, D. C.

WEATHERING

Periglacial weathering processes are being approached directly in polar and high alpine environments through study of chemical weathering of rocks, solution phenomena in rocks, physical disaggregation of rocks, soil genesis, and chemical analyses of water in streams and lakes. Indirect evidence of former processes and climates comes also from geochemical analyses of ground water and from accumulations of various salts in the permafrost environments. Recent reviews and detailed studies of paleosols on glacial deposits and in former periglacial terrains add information on former weathering processes and indirectly on the climates during which the paleosols were formed.

One of the most interesting and important papers on weathering of rock in cold climates is that of Kelly and Zumberge (1961). Standard methods of rock analysis were used in a detailed study of the alteration of a quartz diorite in what appeared to be strong chemical weathering in Antarctica. There where extreme cold and aridity prevail, the light-gray, well-knit rock is altered to a rich brown sand with angular particles as small as 0.003 mm. The results showed that bulk chemical and mineralogic composition remained constant through the transition. No substantial change occurred in alumina, combined silica, soda, lime, or potash. No clay formed. The only appreciable change involving an original constituent of the rock is progressive oxidation of ferrous iron in pyrrhotite and biotite and the resulting formation of limonite. Seventy percent of the original ferrous oxide is lost, and 45 percent of the total iron oxide is leached from the rock. Maximum volumetric changes caused by oxidation and hydration of the original minerals is negligible. The authors concluded that the mechanism

primarily responsible for the observed breakdown of the rock is combined action of frost-wedging and the crystallization of salt in pores and crevices in the weathering rock.

Little clue as to the amount of time represented by the weathering can be found in the paper. The outcrop sampled is only 7.5 m above sea level, and this reviewer would think that it was beneath the sea or under the adjacent piedmont glacier as recently as a few thousand years ago. Based on the inferred age of patterned ground in the area, the writer suspects that the surface has been exposed less than 1,000 or 2,000 years. If true, this raises the question as to whether some alteration occurred beneath the sea or was inherited from below the ice. However, rapid physical weathering is believed to occur now because of the marked changes in temperature and moisture. Black and Berg (1963b) support the concept of rapidly fluctuating and reversing of air and ground temperatures in Antarctica and the consequent large numbers of wetting-and-drying and freezing-and-thawing cycles that occur in the rock and soil each year. Abundant salts in addition to ice are present and may be equally or even more important in disaggregation of rock than ice.

Disaggregation and cavernous weathering are widespread in the polar regions, but few attempts have been made to obtain quantitative data on rates. In Victoria Land, Antarctica, hollows, pits, and niches that develop in coarse-grained boulders on moraines of different ages were measured and compared by Calkin and Cailleux (1962). Rates of disaggregation of bedrock and removal by wind have been suggested by several writers (e.g., Nichols 1963a; Angino, Turner, and Zeller 1962; and Péwé 1960). They use ventifacting in a general way and specifically correlate the amount of removal of material with moraines or with glaciated surfaces of different ages. The differences are striking, but unfortunately we do not yet have accepted ages for the moraines or glaciated surfaces. Consequently the rates remain relative. Llano (1962) in studying lichen development concludes that less than 1,000 years are needed for the largest hollows. This agrees generally with the conclusions of Black and Berg (1963a, 1963c, and 1963d), but some should be older. At the other extreme Péwé (1960 and 1962a), Bull (1962), Nichols (1962a), and others have advocated multiple glaciation in Antarctica and have correlated large cavernous weathering hollows and well-developed ventifacts with pre-Wisconsin (pre-Würm) glaciations. Mercer (1963) has used relative rates of weathering and gravitational transfer of sandstone and diabase boulders to claim that one rock surface has been free of ice for about 720,000 years. The glacial chronologies have been reviewed by Black and Berg (1963d), but the various arguments cannot be reviewed here

for lack of space. Validity of the carbon-14 dates on which the glacial chronology rests is open to question (Berg and Black 1963).

The fundamental differences in the interpretation of the glacial chronologies of Antarctica carry over, however, into other weathering problems of the periglacial or cold climates. It seems clear that physical processes in Antarctica dominate over chemical processes even though the rates are not established unequivocally. Yet sulfate-reducing bacteria (Barghoorn and Nichols 1961) aid in the chemical alteration of iron-bearing minerals, and other microbial populations are present (Meyer, *et al.* 1962). Chemical alteration to produce soils is reviewed briefly by Tedrow, Ugolini, and Janetschek (1963) with reference to the formation of a saline lake. They and others advocate current chemical weathering for the origin of most salts, but the writer and others do not. All writers agree that salts characteristic of deserts are present in the dry valleys of Antarctica. Unconsolidated deposits only decades or centuries old commonly have single crystals of salts of various kinds scattered throughout the active layer (Nichols 1963a), and salts are being moved today by capillarity and by wind. Water for wetting and drying comes abundantly by vapor transfer (Black and Berg 1963b), but the writer does not believe that the quantity of salts found in saline lakes and in the soil (e.g., Black, Jackson, and Berg 1963; Tedrow, Ugolini, and Janetschek 1963; Angino and Armitage 1963; Angino, Armitage, and Tash 1962; Meyer, *et al.* 1962; and Nichols 1962b and 1963a) or in huge masses in and on glaciers (Rivard and Péwé 1962) is derived from present weathering. According to several authors just cited, igneous activity and concentration of sea water are also likely sources of some brines and salts. However, the writer believes much of the salt must ultimately go back to pre-glacial weathering and is only now being recycled (Black, Jackson, and Berg 1963; Black and Berg 1963b). The salts are too voluminous to have been derived from the thin active layer now present; no such weathering is evident, and no deep thaw is allowed at any time during the Pleistocene except at sites of local tectonic or volcanic activity. However, details of this problem also are beyond the scope of this paper. These studies are being pursued actively by many of the writers indicated as well as those from other countries.

Solution in northern Greenland, another arid polar region, produces rillenstein or small rills, scallops, grooves, and the like apparently under present climates (Davies 1957) and has produced large caves before the last major ice advance (Davies and Krinsley 1960). According to Davies (1961a) surface features of permafrost in arid areas of northern Greenland are considerably less well developed and are mostly inactive

compared with those in more humid areas. However, this reviewer notes that the moisture in the active layer in Greenland is higher than it is in Antarctica where patterned ground and other permafrost indicators are well developed and are growing actively.

In northern Alaska the soil-forming potential apparently weakens at high altitudes (Tedrow and Brown 1962) as indicated by soil color and depth of solum. On the drier Arctic Foothills, Hill and Tedrow (1961) studied weathering and soil formation in four profiles on calcareous graywacke sandstone, on gabbro, on till, and on a kame-terrace. They conclude that sand and clay fractions indicate that chemical weathering is in operation though of low order of magnitude. Acid conditions at the surface facilitate the solution of carbonates, but their removal is incomplete as reprecipitation occurs within the profile. Oxidation of iron-bearing minerals is indicated. On very sandy quartzose profiles, iron, aluminum and manganese are partially mobilized and partially translocated, suggesting a weak podzolic process. Clay-size minerals consist mainly of hydrous mica, kaolinite, chlorite, quartz, goethite, and feldspar. Hydrous mica, the most abundant clay mineral, was more hydrated at the surface, and goethite was present only in the surface horizon. Alteration of feldspar into a clay-like substance was noted, but well-crystallized feldspar persisted in the clay fraction. A concentration of fines is present in the surface horizon of all Arctic Brown soil profiles.

Unfortunately, it seems to this reviewer that it is literally impossible for the reader to judge how much of the soil profile has been derived from the underlying material by weathering *in situ* or how much has been transported to the site by the notoriously strong winds and other processes. The profiles are only 30 to 60 cm thick and seem to rest abruptly on shattered but little altered bedrock or little altered till or sandy gravel in which the composition is markedly different from that of the soil profile. It seems obvious that frost stirring or other processes must be active for over the gabbro the A₁ horizon consistently is higher in all sand sizes than the A₂-C horizon. Unfortunately, mechanical and mineralogic composition of the soil profiles was not compared with that of the parent materials, leaving open the genesis of the material. A study of soil derived from black shale (Ugolini, Tedrow, and Grant 1963) or from organic dolomite (Ugolini and Tedrow 1963) is far more convincing. Little alteration of the shale seems to have occurred other than leaching of gypsum and some carbon-organic matter with depth.

Some of the soil profiles in arctic Alaska contain organic matter dated at many thousands of years (Douglas and Tedrow 1960). It may have originated at times of deeper thaw than now. These and other profiles

are described with respect to the climate, vegetation, permafrost, glaciation, frost action, and patterned ground (Tedrow and Harries 1960; Drew and Tedrow 1962; Tedrow 1962; and Brown 1963a). In summary, pedologic processes of tundra soil are qualitatively similar to those in wet soils of the northern forest zones. Acid and calcareous tundra soils exist, but the pedogenic process tends to produce an acid gley profile. The integration of the classification of soil and patterned ground is obviously difficult to apply in nature as is the proposed classification of ice-wedge polygons associated with arctic soil (Drew and Tedrow 1962). Certainly changes in microrelief of the tundra directly influence soil moisture, vegetation, and frost action; each exerts strong influence on the color, structure, organic matter, and other properties of the soil horizons. The quantification of these relationships is a most difficult but worthwhile endeavor. The studies are being continued.

A very intriguing study of ice-wedge chemistry and related frozen ground processes has been made by Brown (1963b). Vertical and horizontal variations in ionic concentrations of an ice wedge and adjacent sediments are considered to reflect differences in the amount and type of included materials and the nature of the nourishing water supply. In an active surface wedge all ionic components increase with depth. In inactive buried remnants of wedges the ionic components do not increase with depth. Brown concludes that the ionic increase with depth should not occur if the water and residue were derived from a surface water source and soil of relatively constant composition. If true, this poses problems with regard to our concept of origin and growth of ice wedges. However, this reviewer questions whether rapid recrystallization of the ice in the active wedge, which goes on seasonally as temperature gradients and stresses change rapidly, would not permit the ionic components to work downward in the wedge and become more concentrated than at the top. Even so this would not explain, however, the presence of ostracods and other fossils in the lower portion or apex of one wedge. Some incorporation or accretion of sediment obviously occurs and has been recognized by this reviewer in his earlier field work in the area (Black 1963). Certainly the chemistry of the wedges and adjacent sediments points up the complexity of their formation, the details of which still are not completely understood.

Typical of papers on geochemistry of surface water is Livingstone (1963a). Most waters of Alaska, for example, are of calcium bicarbonate types, whereas in west Greenland more complicated types exist. Because of lack of space and of the indirect tie with periglacial climates, this subject cannot be pursued here. Certainly for study of the weathering cycle of rocks and soils in the periglacial areas, however, such analyses cannot

be ignored. Analyses of surface and ground waters alone would present a formidable bibliography. Most of these data are being summarized by the U. S. Geological Survey.

In recent years the review of the weathering profiles or paleosols on drift sheets in north-central United States has resulted in marked changes in our concepts of the length of time and of the geomorphic processes that were involved in the intervals between ice advances. The differences of opinion are by no means resolved, but it seems clear that restudy of many classic sites is called for. Specifically mineralogic studies prove that weathering in many places was not complete and that many gumbotils are accretion gleys. Sporadic permafrost was present at least in some of the areas during a part of the weathering. Yet complete integration of field and laboratory data are obviously required from a number of different approaches before periglacial processes and climates can even be distinguished from those more temperate. The implications are far-reaching. Suggested references include Allen (1959 and 1962), Frye, *et al.* (1960), Frye, Willman, and Glass (1960), Frye and Willman (1963), Hogan and Beatty (1963), Leighton and MacClintock (1962), and Trowbridge (1961).

Stratigraphy, fossils, and mineralogy of loesses in central United States are used in part to interpret time of formation, climate, and source area. For example, the Peorian loess of Nebraska is considered to come from desert sources and not glacial (Lugn 1962), whereas loess of equivalent age in Illinois is derived from glacial outwash (Frye, Glass, and Willman 1962). During Wisconsin (Würm) time in Illinois, glaciers did not produce rigorous climates very far from ice fronts (Leonard and Frye 1960). Differences in the mineralogic composition and alteration of loesses in central United States are used for regional correlation and post-depositional history (Ray 1963a). The upland silts in central Alaska are generally conceded to be loess, but objections are still heard (Taber 1958).

Miniature nivation cirques in Antarctica were reviewed briefly by Nichols (1963b) who also (Nichols 1961) showed that beaches formed in polar climates are characterized by features generally not found in beaches in nonpolar climates. Most such features are related to ice or cold temperatures. They may be expected in ancient beaches, but their preservation presents problems.

EROSION AND FROST MOVEMENTS

Present rates of erosion and movement of material by frost and gravity in polar and alpine environments are being studied quantitatively at increasing tempo, and similar techniques are being used to check on present rates

of soil movement in former periglacial areas. Indirect evidence of former erosion comes from study of asymmetrical valleys, stone lines, general morphometry, and the like. Detailed comprehensive laboratory and field investigations into frost processes are underway.

Everett (1962, 1963a, 1963b, 1963c) has been particularly active in recent studies of mass wasting in Alaska and in Ohio. He uses linear-motion potentiometers with a sensitivity of 0.03 mm, attached to pipes anchored in permafrost or in bedrock. Small aluminum plates buried in the slope are connected to the shaft of the potentiometer so direct displacement of the potentiometer shaft results from soil movement. The movement is recorded by a resistance change of the potentiometer. His data in part indicate maximum soil movement occurred during the initial phase of freeze-up and was largely expansive, ranging from 0.25 mm to 33.0 mm. During thaw, movements are both expansive and contractive and commonly diurnal. They average less than 1.0 mm. Wetting and drying movements in summer are similar to those of thaw. Soil movements in northwest Alaska appear to be 10 times greater than those in Ohio.

Hamilton (1963) carried out measurements by strain gage, point-gage, and tape over three consecutive winters in Wisconsin to check on current rates of movement of large dolomite blocks, slope rubble, and small steps or terracettes. The study area was marginal to late Wisconsin (late Würm) ice and is considered a type former periglacial area. The measured large blocks showed no movement; hillside rubble moved 3 to 15 mm during freezing and thawing in one winter. Some rotational slumpage seems to occur in the steps or terracettes. Elsewhere in central United States steps on loess-mantled slopes are formed by slope wash (Brice 1958).

Work in Canada but published in the United States by Williams (1957) on use of strain gages for direct reading of solifluction movements and (1959) on processes occurring in solifluction is too important to risk being excluded from the Canadian review.

Washburn (1962) used a theodolite successfully in measuring mass wasting in Greenland. He also detected retrograde movements from desiccation. His measurements since 1956 should provide very valuable information. Poulin (1961, 1962) used airphoto techniques to measure frost-formed soil patterns. Photos were taken from scaffolds 3 to 6 m above the surface at sites in the mountains of Colorado and in Greenland. An accuracy of 2—3 mm is claimed for the frost motion with maps at a scale of 1 to 4 and with a contour interval of 6 mm.

The quantitative investigations of Corte (1959, 1961, 1962a, 1962b, 1962c, 1963c, 1963b) of frost action and patterned ground are especially noteworthy. These investigations combine laboratory controlled experi-

ments with field experiments under partly controlled conditions. In the field differential melting of ice beneath sand and gravel produced sorted patterns during one season. In the laboratory, samples of well-graded sandy gravel were subjected to alternate freezing and thawing cycles under complete saturation. The results indicate a tendency for heterogeneous mixtures of particles to sort themselves vertically — the fine particles move downward and the coarse particles move upward. The volume of the mixture increases. During side or horizontal freezing a similar separation took place but with the fine particles migrating away from the freezing front in a parabolic path. Coarse particles also migrated away from the freezing front, but to a lesser extent. Sorting ensued. Freezing from the bottom of the case upwards also caused migration of the particles upward against gravity. Again the finer particles move farther than the coarser; particle shape or its contact area with the freezing plane also is important in determining rate or distance of movement. In brief, in a heterogeneous mixture of particles, freezing sorts them into relatively uniform groups by size. The movement of particles depends on amount of water between the ice-water interface and the particle, the rate of freezing, the distribution of particles by size, and the orientation of the freeze—thaw plane. In the field, correlation of patterned ground was made with grain size and structure of the active layer and type and distribution of ground ice. Fabric studies of the associated ground ice were made.

Corte and Higashi (1960) present a simple theory for crack formation and development by soil desiccation based on laboratory experiments. The crack pattern is more dependent on the thickness of the soil than on temperature or humidity. The area of cells made by crack patterns has a log-normal size distribution. Total length of cracks decreases with increase in sample thickness. The number of sides of cells also depends on the thickness. Cracking was found to begin from the center of the soil layer and to propagate to the surface or bottom with non-uniform speed. This reviewer questions whether some of the conclusions reached in the small laboratory models can be applied to problems in nature. Yet desiccation is an important factor in miniature patterned ground and possibly even in the macropolygons of northern Greenland and in Antarctica. This problem is far from solved. When combined with growth of salt crystals, many complex forces may develop. In Utah (Christiansen 1963) many small folds and thrust fractures up to 15 m apart produce polygonal patterns in the salt crust of ancient Lake Bonneville. Annual expansion of the salt crust due to growth of salt crystals within the layer and effect of increased summer temperature are considered to be responsible. In Death Valley, California (Hunt and Washburn 1961), deposition, solution, and crack-

ing of salts produce sorted and nonsorted polygons, steps and stripes that simulate features in the periglacial environments. It is well known that salts of equal concentration are found in the polar deserts today. They may produce similar forms without freezing today or may have done so in the past — leading the unwary into an interpretation of climate that is fallacious.

Basic research into ice in the ground, in glaciers, and on lakes is going on in several laboratories in the United States and in the field. The results of such studies ultimately need to be integrated into the genesis of periglacial phenomena resulting from frost action, but this cannot be done here.

Asymmetry of valleys remains a perplexing problem that may or may not be related to periglacial processes or environment. Comments appear regularly, but no definitive study has appeared to clarify the problem. Beaty (1962), for example, associates asymmetry of stream patterns and topography in mountains in Montana with microclimatic differences of slope exposure. Hopkins (1962) and Hopkins and Taber (1962) leave unanswered the persistent southward and westward lateral migration of streams which produce asymmetrical valleys in central Alaska. They rule out as causes rock structure, Coriolis effect, or different geomorphic processes of waste production and transportation on slopes of different exposure. Asymmetry of valleys in the mountains of northern Washington, however, is related to geomorphic processes (Ragan 1962) and specifically to the difference in physical versus chemical resistance of the bedrock on slopes of different exposure.

Above tree line in northeastern United States (Thompson 1960) and northwestern United States (Thompson 1962a, 1962b), climate is considered so severe that mass wasting dominates all other processes. Permafrost in many places in New England is promoted by removal of snow by wind and the structure of the felsenmeer which is creeping actively. Accordant summit elevations are supposed to result from difference in rate of weathering and mass-movements above and below timberline.

In the central Alaska Range, Wahrhaftig and Cox (1959) show that an average of 30 to 90 cm of rock per century was removed from source areas when rock glaciers were active during the cold period tentatively correlated with that of 1,000 B. C. to A. D. 1. In Montana (Ruppel 1962) frost action, mass wasting, and related processes have produced a variety of colluvial and residual accumulations including creep and solifluction deposits, stone-banked terraces, protalus ramparts, and associated rock streams, talus, landslides, and related forms. Three episodes of intensified frost action since glaciation are recognized. The earliest is perhaps contemporaneous with alpine glaciation of probably late-Wiscon-

sin (late-Würm) age; an intermediate episode is contemporaneous with cirque glaciation in neighbouring ranges; and the last occurred very recently.

Differences in climate from one region to another, rather than just micro-climates, are considered by some authors to control slopes or general morphometry (Frye 1959; Chorley 1957; and Chorley and Morgan 1962). A bibliography of English-language papers on the evolution of slopes under periglacial climates has appeared (Hopkins and Wahrhaftig 1961). It is clear that much work yet remains to be done. Our failure to understand current processes carries over into former landscapes that are represented by stone lines (Ruhe 1959; Wallace and Handy 1961). What role periglacial processes play in their formation is still open to debate. Further, origin of slopes is directly associated with streams and their ramifications. Their complex relation to glacial cycles (and periglacial cycles near ice fronts) is also far from solution (Frye 1961) but cannot be discussed further.

Of unpublished research, W. R. Buss has taken slow motion movies of a model study of rapid mass movements in granular materials. Martin Cassidy is investigating rock creep on Mount Washington, New Hampshire. W. S. Osburn has completed a 10-year study of mass wasting in the central Rockies. In 1961 S. E. White started a 10-year study of rock glaciers and other periglacial phenomena in Colorado. D. B. Slemmons and E. F. Lawrence are surveying movement of three rock glaciers in the Sierra Nevada Mountains. G. Richmond has a number of unpublished observations of periglacial phenomena in the Rockies.

ACTIVE PERIGLACIAL PHENOMENA

Active periglacial phenomena include those phenomena characteristic of very cold climates, whether wet or dry, but excluding glaciers. Phenomena common to warm climates as well as cold climates are excluded. No single list of features is agreed upon by all workers, and the phenomena here reviewed might or might not be included on another list. It is apparent to the reader that many active periglacial phenomena have already been discussed in earlier pages of this review; only a few will be cited again. What is active or inactive depends on one's definition or exactness of measurement, and overlap exists without apology. Only a sample list need be presented.

In Greenland Holmes and Colton (1960) describe sorted and nonsorted patterned ground and solifluction phenomena in unconsolidated deposits, and Davies (1961b) polygonal features on bedrock. Enzmann (1960)

describes polygonal frost-patterned ground on level terraces in eastern Greenland, and the modification of the polygons by solifluction to garlands on slopes of $5\text{--}35^\circ$ and to rock stripes on steeper slopes with the ultimate collapse of the structures into jumbled rock glaciers on slopes of $35\text{--}60^\circ$. Wahrhaftig (1958) mapped Quaternary deposits in the Alaska Range and discusses talus, congeliturbate, and landslide deposits. Péwé (1962b, 1963) reviews ice wedges in Alaska. See also Black (1960, 1963). The common development of sand wedges (Péwé 1959; Black and Berg 1963c) in Antarctica under arid polar conditions has prompted Péwé rightly to question whether some of the wedge fillings in former periglacial zones in current temperate latitudes are replacements of ice wedges or whether they originated as sand wedges.

Polygons 24–25 m in diameter in unfrozen gravel in central Alaska (Andressen, Church, and Péwé 1963) are outlined with wedges of silty gravel, but no genesis is given. Billings and Mooney (1959) present an apparent frost hummock—sorted polygon cycle in the alpine tundra of Wyoming. They conclude that wind erosion and frost-thrusting cause degradation of mature peat hummocks. Frost scars result and go to sorted polygons (frost boils). Rocks which are thrust through the scar from below form the borders of the sorted polygons, and water-logged silt is in the centers. Subsequent drowning of the sorted polygons by a rising water table allows the invasion of *Carex aquatilis* on the rocky parts. Small peat mounds are initiated which may grow larger by slow accumulation of peat. Later, freezing and thawing increase the rate of expansion of the hummocks until they may be snow-free at critical times in the winter. Blasting by snow and ice particles produces frost scars on the crests of the hummocks, and degradation starts anew.

Johnson and Billing (1962) in a very important study of the alpine vegetation of the Beartooth Plateau of Wyoming and Montana relate the vegetation to cryopedogenic processes and to patterned ground. Detailed studies were done on frost hummocks, unsorted stripes, unsorted and sorted circles, sorted nets, sorted stripes, and solifluction terraces. Current activity of frost boils, stone nets, and stone stripes was observed by displacement of painted surfaces.

Thoren (1959) cites some literature on classification, distribution, and cause of seasonal frost and permafrost phenomena.

Thermal contraction cracks and ice wedges in permafrost are reviewed from a theoretical analysis of the physical environment of the ground (Lachenbruch 1961a), and the mechanical principles are extended to include the form of the contraction-crack polygons resulting (Lachenbruch 1961b). The depth and spacing of tension cracks are treated more

fully (Lachenbruch 1961c), and the mechanics of the thermal contraction cracks and ice-wedge polygons are discussed in the fullest treatment yet to appear (Lachenbruch 1962). These works provide the mathematical proof for the contraction hypothesis outlined decades ago by E. de K. Leffingwell, and should leave little doubt in anyone's mind of the basic principles whereby most ice-wedge polygons are formed. The analysis also applies directly to other types of contraction-crack polygons such as columnar basalt joints and mud cracks. This thorough analysis does not negate the concept of growth of ice in the ground in the form of ice lenses and irregular masses as ground becomes perennially frozen, nor the recrystallization and overgrowth of some ice onto ice wedges. Lachenbruch examines a nonlinear viscoelastic model of thermal stress in permafrost which leads to results consistent with the theory within the limits of existing information on polygon dimensions, crack depths, temperature, and mechanical properties of ice and permafrost. Stresses that cause cracking are evidently generated not only by low temperature but also by rapid cooling. The size of the polygons can be explained in terms of the stress-perturbation due to a single crack and the distribution of mechanical flaws. The polygonal patterns can be classified according to whether or not the intersections are predominantly orthogonal. It is proposed that orthogonal polygons evolve by progressive subdivision, nonorthogonal ones by successive branching of cracks attaining high propagation velocities.

Wahrhaftig and Cox (1959) present the most thorough and comprehensive study of rock glaciers yet published in this country. Field studies and examination of aerial photographs of approximately 200 rock glaciers in central Alaska Range show three types of rock glaciers in plan: lobate, in which the length is less than the width; tongue-shaped, in which the length is greater than the width; and spatulate, in which the tongue shape is enlarged at the terminus. Lobate rock glaciers line cliffs and cirque walls and probably represent an initial stage; the others move down valley axes and represent more mature stages. The rock glaciers are centered on the lower limit of existing glaciers. „Viscosity” has been calculated for rock glaciers at between 10^{14} poises, whereas it is estimated at 10^{12} to 10^{14} poises for true glaciers. Maximum average shear stresses within active rock glaciers range from 1 to 2 bars — much larger than those calculated for solifluction and creep features. They conclude that rock glaciers move as a result of flow of interstitial ice. They require for their formation steep cliffs, a near-glacial climate cold enough for permafrost, and bedrock that is broken by frost action into coarse blocky debris with large interconnected voids.

Thompson (1962c) presents some notes on the nature and distribution of rock glaciers relative to true glaciers in North America.

Pingos in central Alaska (Holmes, Hopkins, and Foster 1963) are abundant. They are circular or elliptical in plan, 1.5 to 30 m high and 15 to 180 m across. Most are on gentle slopes in unglaciated silt-filled valleys. Some appear to be a few decades old and others, now much altered, are more than 7,500 years old. An icing mound in northern Alaska (Lewis 1962) is a sinuous ridge, 75 m long and as much as 6 m high.

An integrated study of active patterned ground and vegetation in northern Canada, but published in the United States (Drury 1962) is referenced here to avoid having it overlooked. The study concentrates on nonsorted circles and a four-sided pattern of frost cracks.

Thaw lakes or thermokarst continue to receive considerable attention. The latest general summary (Livingstone 1963b) and the latest major paper on the oriented lakes of northern Alaska (Carson and Hussey 1962) with discussion (Price 1963) provide most references to the earlier literature. It now seems likely that the initial thought of Black and Barksdale on the orientation of the lakes parallel to a former wind direction is invalid. Wind-oriented wave action seems to elongate the lakes perpendicularly to prevailing winds. A combination of processes seems necessary, and all facets are not entirely recognized or understood. Briefly Carson and Hussey (1962) state that easterly and westerly winds prevailing nearly normal to the axis of orientation drive wave action which forms sublittoral shelves and bars that eventually protect the east and west sides from thaw and erosion. This comes about through insulation of the permafrost and damping of incoming waves. Development of the sublittoral profiles soon comes to equilibrium for a given basin depth as depth, in shallow water, closely controls wave velocity. At equilibrium, or maximum development of sublittoral shelves, east-west expansion is minimal, but north-south expansion is uninhibited by the presence of shelves and bars. It is, rather, increased by wind-driven currents, wave attack, and warmer water temperatures in the ends. Acceleration of these latter processes with increasing size causes orientation to become more pronounced in larger basins.

Kronberg (1961) comments on the periglacial phenomena illustrated in an aerial photograph from northern Alaska. Pierce (1961) describes thaw depressions in peat in mountains in Wyoming. Permafrost at an altitude of about 2,960 m is several tens of meters below local timberline and according to the size of the thermokarst must be at least several centuries old. The peat at the top is carbon-14 dated as 7,500 years old.

INACTIVE PERIGLACIAL PHENOMENA

Inactive periglacial phenomena include sorted and nonsorted patterned ground, especially ice-wedge casts, sorted polygons, congeliturbates, and solifluction phenomena. These features commonly are found in excavations, although in the high mountains of the United States, surface forms have been active until recently in many places and locally are still active. Inactive forms may also be seen at the surface and at depth in Alaska. In many parts of northern United States, excluding Alaska, reference to such phenomena is common in most regional reports where description of the surficial materials is included. No effort is made to cite all such references; a few are listed in typical regions.

In northeast United States, solifluction, talus, frost-churned soils or congeliturbate are recorded by Denny (1958), Denny and Lyford (1963), Hanley (1959), Hartshorn (1960), and Kaye (1960). Possible ice-wedge casts are cited by Kaye (1960) along with other evidence to indicate possible permafrost. Unusually wide joint openings in southeastern Massachusetts are attributed to frost wedging during late glacial permafrost conditions (Koteff 1961).

In northcentral United States, new evidence for former permafrost comes mainly from Wisconsin (Black 1957, and 1961). Ice-wedge casts, not sand-wedge casts, are recognized now in 18 localities in western Wisconsin, mostly outside the limits of latest Wisconsin (late-Würm) glaciations and in glacial deposits about 30,000 years old. The casts commonly are in well-developed networks of primary and secondary polygons in poorly sorted kames, in till, and in gravelly outwash. They reflect conditions found today only in zones of discontinuous to continuous permafrost in northern Alaska and Canada, a latitudinal shift of perhaps 2,500 km and a mean temperature drop from 5°C today to -5 or -10°C. Locally solifluction lobes, stone stripes, and stone-fronted terracettes are well-developed. Sorted polygons are weakly developed. Talus is common where cliffs are present in dolomite or quartzite; sliding blocks are found on all steep slopes with rock outcrops.

Schafer (1962) emphasizes the role of frost action to produce slope colluvium. Fries, Wright, and Rubin (1961) describe involutions in Minnesota very similar to those of permafrost areas today, but conclude that they are due only to annual frost and tussock growth. Wayne (1963) is working on Pleistocene patterned ground and periglacial temperatures in Indiana.

Richmond (1962) in an integrated study of the Quaternary stratigraphy of the La Sal Mountains, Utah, describes nine different generations of glacial, alluvial, colluvial, and eolian sediments. Each generation is

separated from the succeeding one by an ancient soil and also by a disconformity or an erosion surface. However, the deposits, soils, and disconformities or erosion surfaces are nowhere superposed in a vertically continuous column, and determination of their succession therefore required detailed study of both their stratigraphic and geomorphic relations. Richmond distinguished the following facies: till, alluvial gravel, alluvial-sand and silt, alluvial-fan gravel, slope-wash mantle, solifluction mantle, and frost rubble. Frost rubble was defined as „A deposit of angular blocky or irregularly shaped rock fragments of pebble or larger size that contains little or no matrix, has no cliff or prominent ledge at its head and is primarily the product of frost action”. Descriptive forms or categories of frost rubble further subdivided are: sheet, lobe, stream, rill, and festoon. They are ascribed specifically to (1) frost riving, (2) frost creep, (3) frost sorting, and (4) frost lag. The frost processes locally continue today. This paper is one of the best integrated studies of this kind to appear in the United States.

In the Black Hills, South Dakota, Norton and Redden (1960) describe a bedrock structure associated with rock creep resulting possibly from very deep seasonal frost or from permafrost. Mears (1962) describes inactive stone nets in Wyoming. Talus, protalus ramparts, rock streams, and creep slope (Ruppel and Hait 1961) are mentioned as wide spread in Idaho. Inactive soil mounds are associated with pavements of sorted patterned ground at low altitudes in southern Idaho (Malde 1961) and are thought to originate from frost-sorting processes and solifluction. Similar phenomena, called Manatash mounds in central Washington, are attributed to former permafrost conditions (Kaatz 1959). However, silt mounds of similar appearance and composition in areas in eastern Washington affected by Glacial Lake Missoula flood waters are considered to be an early stage of the restoration of the loess mantle (Olmstead 1963). These and other phenomena are used by Brunnschweiler (1962) in an attempt to reconstruct the periglacial realm in North America during the Wisconsin glaciation.

Ice-wedge collapse structures are found in deposits correlated as Sangamon (Würm-Riss) interglacial age in Kotzebue Sound, Alaska (Hopkins, McCulloch, and Janda 1962) and apparently also resulted from deep thaw about 10,000 years ago in the coastal plain of Seward Peninsula, Alaska (Hopkins, MacNeil, and Leopold 1960). Eolian activity particularly is related to former glaciations in central Alaska (Fernald 1960). It seems clear to this writer that the origin and climatic significance of many forms are still open to question, and that dating of many inactive forms is also uncertain.

PERIGLACIAL PALEOCLIMATES

A reconstruction of periglacial climates throughout the United States has only been attempted by Brunnschweiler (1962) who lumped features indiscriminately from several glaciations of the Wisconsin stage. Numerous papers provide data on local areas or regions. Many papers devoted to the Pleistocene chronology also provide data on the general climate changes, but little specific information for the periglacial zone. A few general and specific papers are cited, but no attempt is made here to provide a reconstruction of the periglacial climates during each of the earlier glaciations nor to summarize the literature on the glacial chronologies.

Using vegetation Just (1959) reviews the postglacial climate in north-central United States. Hibbard (1961) cites faunal evidence mostly for his interpretation of Pliocene and Pleistocene climates of North America. Heusser (1960) details the late Pleistocene environments of northwest North America from pollen studies. Rutten (1960) uses absence of ice-pushed ridges and drainage away from advancing ice fronts to explain inhibition of permafrost in northcentral United States. A series of pollen studies (e.g., Fries 1962; Fries, *et al.* 1961; Jelgersma 1962; West 1961; Winter 1962; and Wright 1963) indicate that last Wisconsin glaciations did not affect the vegetation much beyond their termini in north-central United States although vast changes in the vegetation sequence have occurred as a result of climatic changes. The pollen studies are supported in part by geologic studies (e. g., Black 1959, and 1962; Black and Wittry 1959; Daniels, *et al.* 1963; and Tuthill, Clayton, and Holland 1963). Regional geomorphic studies such as Ray (1963b) and Scott (1963) provide considerable control of our thinking of the nature and magnitude of climate changes in areas marginal to continental and to alpine ice respectively. Other techniques, such as geothermal analysis of ground temperature (Lachenbruch and Brewer 1962), must also be considered in the overall picture. See Fairbridge (1961) for a general summary of Pleistocene climatic change.

CONCLUSION

It seems clear from the foregoing review that much progress has been made in the past five years in understanding cold climate processes and forms in general, but that marked differences of opinion still exist in the United States regarding the age and origin of many phenomena. The

length of time required for active processes to produce patterned ground, ventifacts, and various physical and chemical weathering forms in Antarctica particularly is being disputed warmly. The tempo of quantitative investigations of active forms, however, is speeding up, and rates of mass movements and of growth of other periglacial forms are accumulating rapidly in various climates. These data are needed before interpretations of fossil phenomena can be made intelligently in reconstruction of former periglacial climatic zones.

References cited

- Allen, V. T. 1959 — Gumbotil and interglacial clays. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 70; p. 1483—1486.
- Allen, V. T. 1962 — Gumbotil, gley, and accretion-gley. *Jour. Geol.*, vol. 70; p. 342—347.
- Andressen, M. J., Church, R. E., Péwé, T. L. 1963 — Sedimentology of unfrozen large-scale patterned ground, Donnelly Dome area, Alaska. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 73; p. 287.
- Angino, E. E., Armitage, K. B. 1963 — A geochemical study of Lakes Bonney and Vanda, Victoria Land, Antarctica. *Jour. Geol.*, vol. 71; p. 89—95.
- Angino, E. E., Armitage, K. B., Tash, J. C. 1962 — Chemical stratification in Lake Fryxell, Victoria Land, Antarctica. *Science*, vol. 138; p. 34—36.
- Angino, E. E., Turner, M. D., and Zeller, E. J. 1962 — Reconnaissance geology of lower Taylor Valley, Victoria Land, Antarctica. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 73; p. 1553—1562.
- Barghoorn, E. S., Nichols, R. L. 1961 — Sulfate-reducing bacteria and pyritic sediments in Antarctica. *Science*, vol. 134; p. 190.
- Beatty, C. B. 1962 — Asymmetry of stream patterns and topography in the Bitterroot Range, Montana. *Jour. Geol.*, vol. 70; p. 347—354.
- Berg, T. E., Black, R. F. 1963 — Validity of C^{14} dates in Victoria Land, Antarctica. Abst. in press, *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper*.
- Billings, W. D., Mooney, H. A. 1959 — An apparent frost hummock — sorted polygon cycle in the alpine tundra of Wyoming. *Ecology*, vol. 40; p. 16—20.
- Black, R. F. 1957 — Pleistocene climatic change recorded by ice-wedge polygon casts of Cary age at River Falls, Wisconsin. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 68; p. 1888—1889.
- Black, R. F. 1959 — Geology of Raddatz rockshelter, Sk5, Wisconsin. *Wis. Archeologist*, vol. 40; p. 69—82.
- Black, R. F. 1960 — Ice wedges in northern Alaska. *Abstracts, XIX Intern. Geogr. Congress, Sect. IV: Geomorphology*; p. 26.
- Black, R. F. 1961 — Periglacial phenomena of Wisconsin, north-central United States. *Intern. Quaternary Assoc., VIth Congress, Abstracts of papers*; p. 87—88, and: *Report of the VIth Intern. Congr. on Quaternary, Warsaw 1961*, vol. 4, 1964.
- Black, R. F. 1962 — Pleistocene chronology of Wisconsin. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 68; p. 137.

- Black, R. F. 1963 — Les coins de glace et le gel permanent dans le Nord de l'Alaska. *Annales de Géographie*, no. 391; p. 257—271.
- Black, R. F., Berg, T. E. 1963a — Dating with patterned ground, Victoria Land, Antarctica. *Amer. Geophys. Union Trans.*, v. 44; p. 48.
- Black, R. F., Berg, T. E. 1963b — Hydrothermal regimen of patterned ground, Victoria Land, Antarctica. *XIII Intern. Union Geodesy and Geophys., Com. of Snow and Ice*, Pub. 61; p. 121—127.
- Black, R. F., Berg, T. E. 1963c — Patterned ground in Antarctica. *Intern. Conf. on Permafrost, Purdue Univ.* (in press).
- Black, R. F., Berg, T. E. 1963d — Glacier fluctuations recorded by patterned ground, Victoria Land. *Polar Record*, vol. 11, no. 75; p. 752—753, and: *Spec. Committee for Antarctic Research, Symposium on Antarctic geology*, Capetown, South Africa. (in press).
- Black, R. F., Jackson, M. L., Berg, T. E. 1963 — Saline discharge from Taylor Glacier, Victoria Land, Antarctica. *Jour. Geol.*, (in press).
- Black, R. F., Wittry, W. L. 1959 — Pleistocene man in south-central Wisconsin. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 70; p. 1570—1571.
- Brice, J. C. 1958 — Origin of steps on loess-mantled slopes. *U. S. Geol. Survey Bull.* 1071-C; p. 69—85.
- Brown, J. 1963a — Organic terrain from a glaciated valley, northern Alaska. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 73; p. 287—288.
- Brown J. 1963b — Ice-wedge chemistry and related frozen ground processes. *Intern. Conf. on Permafrost, Purdue Univ.* (in press).
- Brunnschweiler, D. 1962 — The periglacial realm in North America during the Wisconsin glaciation. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 11; p. 15—27.
- Bull, C. 1962 — Quaternary glaciations in southern Victoria Land, Antarctica. *Jour. of Glaciology*, vol. 4; p. 240—241.
- Calkin, P., Cailleux, A. 1962 — A quantitative study of cavernous weathering (taffonis) and its application to glacial chronology in Victoria Valley, Antarctica. *Ztschr. f. Geomorph.*, Bd. 6; p. 317—324.
- Carson, C. E., Hussey, K. M. 1962 — The oriented lakes of Arctic Alaska. *Jour. Geol.*, vol. 70; p. 417—439.
- Chorley, R. J. 1957 — Climate and morphometry. *Jour. Geol.*, vol. 65; p. 628—638.
- Chorley, R. J., Morgan, M. A. 1962 — Comparison of morphometric features, Unaka Mountains, Tennessee and North Carolina, and Dartmoor, England. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 73; p. 17—34.
- Christiansen, F. W. 1963 — Polygonal fracture and fold systems in the salt crust, Great Salt Lake Desert, Utah. *Science*, vol. 139; p. 607—609.
- Corte, A. E. 1959 — Experimental formation of sorted patterns in gravel overlying a melted ice surface. *U. S. Army Snow, Ice, and Permafrost Research Establishment Res.*, Rpt. 55; 15 p.
- Corte, A. E. 1961 — The behavior of soils; Part I, Vertical Sorting. *U. S. Army Cold Regions Research and Engineering Lab. Res.*, Rpt. 85; 22 p.
- Corte, A. E. 1962a — The frost behavior of soils; Laboratory and field data for a new concept; Part II, Horizontal sorting. *U. S. Army Cold Regions Research and Engineering Lab. Res.*, Rpt. 85, Part II; 20 p.

- Corte, A. E. 1962b — Vertical migration of particles in front of a moving freezing plane. *Jour. Geophys. Res.*, vol. 67; p. 1085—1090.
- Corte, A. E. 1962c — Relationship between four ground patterns, structure of the active layer, and type and distribution of ice in permafrost — Thule, Greenland. *U. S. Army Cold Regions Research and Engineering Lab. Res.*, Rpt. 88; 79 p.
- Corte, A. E. 1963a — Vertical migration of particles in front of a moving freezing plane. *U. S. Army Cold Regions Research and Engineering Lab. Res.*, Rpt. 105; 8 p.
- Corte, A. E. 1963b — Particle sorting by repeated freezing and thawing. *Science*, vol. 142; p. 499—501.
- Corte, A. E., Higashi, A. 1960 — Experimental research on desiccation cracks in soil. *U. S. Army Snow, Ice and Permafrost Research Establishment Res.*, Rpt. 66; 27 p.
- Daniels, R. B., et al. 1963 — Alluvial chronology of the Thompson Creek watershed, Harrison County, Iowa. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 261; p. 473—487.
- Davies, W. E. 1957 — Rillenstein in northwest Greenland. *Bull. Nat. Speleological Soc.*, no. 19; p. 40—46.
- Davies, W. E. 1961a — Surface features of permafrost in arid areas. *Physical Geogr. of Greenland, XIX Intern. Geogr. Congress, Folia Geogr. Danica*, t. 9; p. 48—54.
- Davies, W. E. 1961b — Polygonal features on bedrock, north Greenland. *U. S. Geol. Survey Prof. Paper* 424-D; p. 218—219.
- Davies, W. E., Krinsley, D. B. 1960 — Caves in northern Greenland. *Bull. Nat. Speleological Soc.*, vol. 22; p. 114—116.
- Denny, C. S. 1958 — Surficial geology of the Canaan area, New Hampshire. *U. S. Geol. Survey Bull.* 1061-C; p. 73—101.
- Denny, C. S., Lyford, W. H. 1963 — Surficial geology and soils of the Elmira-Williamsport region, New York and Pennsylvania. *U. S. Geol. Survey Prof. Paper* 379; 60 p.
- Douglas, L. A., Tedrow, J. C. F. 1960 — Tundra soils of Arctic Alaska. *VII Intern. Congress of Soil Sci.*, vol. 4, Com. VI and VII; p. 291—302.
- Drew, J. V., Tedrow, J. C. F. 1962 — Arctic soil classification and patterned ground. *Arctic*, vol. 15; p. 109—116.
- Drury, W. H. Jr. 1962 — Patterned ground and vegetation on southern Bylot Island, Northwest Territories, Canada. *Gray Herbarium, Harvard Univ. Contribution* 190; 111 p.
- Enzman, R. D. 1960 — Morphology of frost polygons as related to ground slope in eastern Greenland. *Iowa Acad. Sci.*, vol. 67; p. 357—361.
- Everett, K. R. 1962 — Quantitative analysis of slope movements in northwestern Alaska. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 68; p. 115.
- Everett, K. R. 1963a — Quantitative measurement of soil movement. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 73; p. 147—148.
- Everett, K. R. 1963b — Slope movement, Neotoma Valley, southern Ohio. *Ohio State Univ. Inst. Polar Studies*, Rpt. 6; 59 p.
- Everett, K. R. 1963c — Instrumentation for measuring mass-wasting. *Intern. Conf. on Permafrost, Purdue Univ.* (in press).
- Fairbridge, R. W. 1961 — Convergence of evidence on climatic change and ice ages. *New York Acad. Annals*, vol. 95; p. 542—579.

- Fernald, A. T. 1960 — Geomorphology of the upper Kuskokwim region, Alaska. *U. S. Geol. Survey Bull.* 1071—G; p. 191-279.
- Fries, M. 1962 — Pollen profiles of Late Pleistocene and Recent sediments from Weber Lake, Minnesota. *Ecology*, vol. 43; p. 295—308.
- Fries, M., Wright, H. E. Jr., Rubin, M. 1961 — A late Wisconsin buried peat at north Branch, Minnesota. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 259; p. 679—693.
- Frye, J. C. 1959 — Climate and Lester King's „Uniformitarian nature of hillslopes". *Jour. Geol.*, vol. 67; p. 111—113.
- Frye, J. C. 1961 — Fluvial deposition and the glacial cycle. *Jour. Geol.*, vol. 69; p. 600—603.
- Frye, J. C., et al. 1960 — Accretion-gley and the gumbotil dilemma. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 258; p. 185—190.
- Frye, J. C., Glass, H. D., Willman, H. B. 1962 — Stratigraphy and mineralogy of the Wisconsin loesses of Illinois. *Illinois Geol. Survey Circ.* 334; 55 p.
- Frye, J. C., Willman, H. B. 1963 — Loess stratigraphy, Wisconsinan classification and accretion-gleys in central western Illinois. *XIV Annual Meeting, Midwestern Section, Friends of the Pleistocene, Guidebook*; 37 p.
- Frye, J. C., Willman, H. B., Glass, H. D. 1960 — Gumbotil, accretion-gley, and the weathering profile. *Illinois Geol. Survey Circ.* 295; 39 p.
- Hamilton, T. D. 1963 — Quantitative study of mass movements, southwestern Wisconsin. *M. S. thesis, Univ. of Wisconsin*; 104 p.
- Hanley, J. B. 1959 — Surficial geology of the Poland quadrangle, Maine. *U. S. Geol. Survey, Map* GQ 120.
- Hartshorn, J. H. 1960 — Geology of the Bridgewater quadrangle, Massachusetts. *U. S. Geol. Survey, Map* GQ 1127.
- Heusser, C. J. 1960 — Late-Pleistocene environments of North Pacific North America. *Amer. Geol. Soc. Spec. Pub.* 35; 308 p.
- Hibbard, C. W. 1961 — An interpretation of Pliocene and Pleistocene climates in North America. *President's Address, Mich. Acad. Report for 1959—60*; p. 5—30.
- Hill, D. E., Tedrow, J.C.F. 1961 — Weathering and soil formation in the Arctic environment. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 259; p. 84—101.
- Hogan, J. D., Beatty, M. T. 1963 — Age and properties of Peorian loess and buried paleosols in southwestern Wisconsin. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, vol. 27; p. 345—350.
- Holmes, C. D., Colton, R. B. 1960 — Patterned ground near Dundas (Thule Air Force Base), Greenland. *Med. om Grönland*, 158, nr 6; p. 1—15.
- Holmes, G. W., Hopkins, D. M., Foster, H. L. 1963 — Pingos in central Alaska. *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper* 73; p. 173.
- Hopkins, D. M. 1962 — Asymmetrical valleys in central Alaska. *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper* 68; p. 33.
- Hopkins, D. M., Taber, B. 1962 — Asymmetrical valleys in central Alaska. *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper* 68; p. 116.
- Hopkins, D. M., MacNeil, F. S., Leopold, E. B. 1960 — The Coastal Plain at Nome, Alaska; a late Cenozoic type section for the Bering Strait Region. *Intern. Geol. Cong. XXI Session, Pt. 4*; p. 46—57.

- Hopkins, D. M., McCulloch, D. S., Janda, R. J. 1962 — Pleistocene stratigraphy and structure of Baldwin Peninsula, Kotzebue Sound, Alaska. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 68; p. 116.
- Hopkins, D. M., Wahrhaftig, C. 1961 — Annotated bibliography of English-language papers on the evolution of slopes under periglacial climates. *Ztschr. f. Geomorph.*, Bd. 1. Suppl.; p. 1—8.
- Hunt, C. B., Washburn, A. L. 1961 — Salt features that simulate ground patterns formed in cold climates. *U. S. Geol. Survey, Prof. Paper* 400-B; p. 403.
- Jelgersma, S. 1962 — A late-glacial pollen diagram from Madelia, south-central Minnesota. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 260; p. 522—529.
- Johnson, P. L., Billings, W. D. 1962 — The alpine vegetation of the Beartooth Plateau in relation to cryopedogenic processes and patterns. *Ecol. Monogr.* 32; p. 105—135.
- Just, T. 1959 — Postglacial vegetation of the north-central United States — a review. *Jour. Geol.*, vol. 67; p. 228—238.
- Kaatz, M. R. 1959 — Patterned ground in central Washington — a preliminary report. *Northwest Sci.*, vol. 33; p. 145—156.
- Kaye, C. A. 1960 — Surficial geology of the Kingston quadrangle, Rhode Island. *U. S. Geol. Survey, Bull.* 1071-I; p. 341—396.
- Kelly, W. C., Zumberge, J. H. 1961 — Weathering of a quartz diorite at Marble Point, McMurdo Sound, Antarctica. *Jour. Geol.*, vol. 69; p. 433—446.
- Koteff, C. 1961 — A frost-wedged bedrock locality in southeastern Massachusetts. *U. S. Geol. Survey, Prof. Paper* 424-C; p. 57—58.
- Kronberg, P. 1961 — Air photograph; north Alaska. *Die Erde*, 92; p. 241—245.
- Lachenbruch, A. H. 1961a — Thermal contraction cracks and ice wedges in permafrost. *U. S. Geol. Survey, Prof. Paper* 400-B; p. 404—406.
- Lachenbruch, A. H. 1961b — Contraction-crack polygons. *U. S. Geol. Survey, Prof. Paper* 400-B; p. 406—409.
- Lachenbruch, A. H. 1961c — Depth and spacing of tension cracks. *Jour. Geophys. Res.*, vol. 66; p. 4273—4292.
- Lachenbruch, A. H. 1962 — Mechanics of the thermal contraction cracks and ice-wedge polygons in permafrost. *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper* 70; 69 p.
- Lachenbruch, A. H., Brewer, M. C. 1962 — Geothermal evidence for recent climatic change near Barrow, Alaska. *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper* 68; p. 117.
- Leighton, M. M., MacClintock, P. 1962 — The weathered mantle of glacial tills beneath original surfaces in north-central United States. *Jour. Geol.*, vol. 70; p. 267—293.
- Leonard, A. B., Frye, J. C. 1960 — Wisconsinan molluscan faunas of the Illinois Valley region. *Illinois Geol. Survey Circ.* 304; 32 p.
- Lewis, C. R. 1962 — Icing mound on Sadlerochit River, Alaska. *Arctic*, vol. 15; p. 145—150.
- Livingstone, D. A. 1963a — Chemical composition of rivers and lakes; Chap. G, Data of Geochemistry. *U. S. Geol. Survey, Prof. Paper* 440-G; 64 p.
- Livingstone, D. A. 1963b — Alaska, Yukon, Northwest Territories, and Greenland; Limnology in North America. Edit. D. G. Frey, Univ. Wisconsin Press; p. 559—574.

- Llano, G. A. 1962 — The terrestrial life of the Antarctic. *Sci. Amer.*, vol. 207; p. 212—230.
- Lung, A. L. 1962 — The origin and sources of loess. *Univ. Nebraska Studies*, n. s., 26; 105 p.
- Malde, H. E. 1961 — Patterned ground of possible solifluction origin at low altitude in the western Snake River plain. *U. S. Geol. Survey, Prof. Paper* 424-B; p. 170—173.
- Mears, B., Jr. 1962 — Stone nets on Medicine Bow Peak, Wyoming. *Univ. Wyoming, Contributions to Geology*, v. 1, no. 1; p. 48.
- Mercer, J. H. 1963 — Glacial geology of Ohio Range, central Horlick Mountains, Antarctica. *Ohio State Univ., Inst. Polar Studies, Rpt.* no. 8; 13 p.
- Meyer, G. H., et al. 1962 — Antarctica — the microbiology of an unfrozen saline pond. *Science*, vol. 138; p. 1103—1104.
- Nichols, R. L. 1961 — Characteristics of beaches formed in polar climate. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 259; p. 694—708.
- Nichols, R. L. 1962a — Multiple glaciation in the Wright Valley, McMurdo Sound, Antarctica. *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper* 68; p. 240.
- Nichols, R. L. 1962b — Geology of Lake Vanda, Wright Valley, South Victoria Land, Antarctica. *Amer. Geophys. Union Monograph*, No. 7; p. 47—52.
- Nichols, R. L. 1963a — Geologic features demonstrating aridity of McMurdo Sound area, Antarctica. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 261; p. 20—31.
- Nichols, R. L. 1963b — Miniature nivation cirques near Marble Point, McMurdo Sound, Antarctica. *Jour. of Glaciology*, vol. 4; p. 477—479.
- Norton, J. J., Redden, J. A. 1960 — Structure associated with rock creep in the Black Hills, South Dakota. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 71; p. 1109—1111.
- Olmsted, R. K. 1963 — Silt mounds of Missoula flood surfaces. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 74; p. 47—54.
- Péwé, T. L. 1959 — Sand-wedge polygons (Tessellations) in the McMurdo Sound region, Antarctica — a progress report. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 257; p. 545—552.
- Péwé, T. L. 1960 — Multiple glaciation in the McMurdo Sound region, Antarctica — a progress report. *Jour. Geol.*, vol. 68; p. 498—514.
- Péwé, T. L. 1962a — Age of moraines in Victoria Land, Antarctica. *Jour. of Glaciology*, vol. 4; p. 93—100.
- Péwé, T. L. 1962b — Ice wedges in permafrost, lower Yukon River area near Galena, Alaska. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 11; p. 65—76.
- Péwé, T. L. 1963 — Ice wedges in Alaska — classification, distribution, and climatic significance. *Abst. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper.*, in press.
- Pierce, W. G. 1961 — Permafrost and thaw depressions of a peat deposit in the Beartooth Mountains, northwest Wyoming. *U. S. Geol. Survey Prof. Paper* 424-B; p. 154—156.
- Poulin, A. O. 1961 — Photogrammetry and frost action. *Military Eng.*, vol. 53; p. 268.
- Poulin, A. O. 1962 — Measurement of frost formed soil patterns using airphoto techniques. *Photogr. Eng.*, vol. 28; p. 141—147.
- Price, W. A. 1963 — The oriented lakes of Arctic Alaska; a discussion. *Jour. Geol.*, vol. 71; p. 530—531, and reply: p. 532—533.
- Ragan, D. M. 1962 — Valley asymmetry in the Twin Sisters Range, northern Cascades, Washington. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 68; p. 118—119.

- Ray, L. L. 1963a — Silt-clay ratios of weathering profiles of Peorian loess along the Ohio Valley. *Jour. Geol.*, vol. 71; p. 38—47.
- Ray, L. L. 1963b — Quaternary events along the unglaciated lower Ohio River Valley. *U. S. Geol. Survey Prof. Paper* 475-B; p. 125—128.
- Richmond, G. M. 1962 — Quaternary stratigraphy of the La Sal Mountains, Utah. *U. S. Geol. Survey Prof. Paper* 324; 135 p.
- Rivard, N. R., Péwé, T. L. 1962 — Origin and distribution of mirabilite, McMurdo Sound region, Antarctica. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 68; p. 119.
- Ruhe, R. V. 1959 — Stone lines in soils. *Soil Sci.*, vol. 87; p. 223—231.
- Ruppel, E. T. 1962 — A Pleistocene ice sheet in the northern Boulder Mountains, Jefferson, Powell and Lewis and Clark Counties, Montana. *U. S. Geol. Survey Bull.* 1141-G; 22 p.
- Ruppel, E. T., Hait, M. H., Jr. 1961 — Pleistocene geology of the central part of the Lemhi Range, Idaho; *U. S. Geol. Survey Prof. Paper* 424-B; p. 163—164.
- Rutten, M. G. 1960 — Ice-pushed ridges, permafrost and drainage. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 258; p. 293—297.
- Schafer, J. P. 1962 — Pleistocene frost action in and near northeastern Iowa. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 68; p. 262.
- Scott, G. R. 1963 — Quaternary geology and geomorphic history of the Kassler quadrangle, Colorado. *U. S. Geol. Survey Prof. Paper* 421-A; 70 p.
- Smith, H. T. U. 1962 — Periglacial frost features and related phenomena in the United States. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 11; p. 325—342.
- Smith, H. T. U. 1964 — Periglacial eolian phenomena in the United States. *Report of the VIth Intern. Congress on Quaternary, Warsaw 1961*, vol. 4.
- Taber, S. 1958 — Complex origin of silts in the vicinity of Fairbanks, Alaska. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 69; p. 131—136.
- Tedrow, J. C. F. 1962 — Morphological evidence of frost action in arctic soils. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 11; p. 343—352.
- Tedrow, J. C. F., Brown, J. 1962 — Soils of the northern Brooks Range, Alaska; weakening of the soil-forming potential at high arctic altitudes. *Soil Sci.*, vol. 93; p. 254—261.
- Tedrow, J. C. F., Harries, H. 1960 — Tundra soil in relation to vegetation, permafrost and glaciation. *Oikos*, vol. 11; p. 237—249.
- Tedrow, J. C. F., Ugolini, F. C., Janetschek, H. 1963 — An Antarctic saline Lake. *New Zealand Jour. Sci.*, vol. 6; p. 150—156.
- Thompson, W. F. 1960 — The shape of New England mountains; part I. *Appalachia*, Dec., p. 145—159; part II, June 1961, p. 316—335; and part III, Dec. 1961, p. 458—478.
- Thompson, W. F. 1962a — Cascade alp slopes and Gipfelfluren as climageomorphic phenomena. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 68; p. 319.
- Thompson, W. F. 1962b — Cascade alp slopes and Gipfelfluren as climageomorphic phenomena. *Erdkunde*, Bd. 16; p. 81—94.
- Thompson, W. F. 1962c — Preliminary notes on the nature and distribution of rock glaciers relative to true glaciers and other effects of the climate on the ground in North America. *Intern. Assoc. Sci. Hydrology, Com. of Snow and Ice*, Pub. 58; p. 212—219.

- Thoren, R. 1959 — Frost problems and photo interpretation. *Photogr. Eng.*, vol. 25; p. 779—786.
- Trowbridge, A. C. 1961 — Discussion — Accretion-gley and the gumbotil dilemma. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 259; p. 154—157.
- Tuthill, S. J., Clayton, L., Holland, F. D., Jr. 1963 — Mollusks from Wisconsinan (Pleistocene) ice-contact sediments of the Missouri Coteau in central North Dakota. *XVI Intern. Congress of Zoology, Proc.*, vol. 1; p. 174.
- Ugolini, F. C., Tedrow, J. C. F. 1963 — Soils of the Brooks Range, Alaska. 3. Rendzina of the Arctic. *Soil Sci.*, vol. 96; p. 121—127.
- Ugolini, F. C., Tedrow, J. C. F., Grant, C. L. 1963 — Soils of the northern Brooks Range, Alaska; 2. soils derived from black shale. *Soil Sci.*, vol. 95; p. 115—123.
- Wahrhaftig, C. 1958 — Quaternary and engineering geology in the central part of the Alaska Range, part A. Quaternary geology of the Nenana River valley and adjacent parts of the Alaska Range. *U. S. Geol. Survey Prof. Paper* 293; p. 1—66.
- Wahrhaftig, C., Cox, A. 1959 — Rock glaciers in the Alaska Range. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 70; p. 383—436.
- Wallace, R. W., Handy, R. L. 1961 — Stone lines on Cary till. *Iowa Acad. Sci. Proc.*, vol. 68; p. 372—379.
- Washburn, A. L. 1962 — Instrumental observations of mass wasting in a permafrost environment. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 68; p. 292.
- Wayne, W. J. 1963 — Pleistocene patterned ground and periglacial temperatures in Indiana. *Abst. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* (in press).
- West, R. G. 1961 — Late and postglacial vegetation history in Wisconsin, particularly changes associated with the Valdres advance. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 259; p. 766—783.
- Williams, P. J. 1957 — The direct recording of solifluction movements. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 255; p. 705—714.
- Williams, P. J. 1959 — An investigation into processes occurring in solifluction. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 257; p. 481—490.
- Winter, T. C. 1962 — Pollen sequence at Kirchner Marsh, Minnesota. *Science*, vol. 138; p. 526—528.
- Wright, H. E., Jr. 1963 — Late Wisconsin glacial and vegetational sequence in Minnesota. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 73; p. 264—265.

Frank A. Cook
Ottawa

PERIGLACIAL RESEARCH IN CANADA: 1954—63

A SELECTED BIBLIOGRAPHY

INTRODUCTION

The study of periglacial phenomena and process in Canada is relatively new. Prior to 1940 there were only casual references to polygonal structure, solifluction and permafrost in the literature. World War II, however, brought a renewed interest in the north, and accessibility followed with the establishment of the northern weather stations. The resulting improvement in transportation and communication facilities gave natural scientists an opportunity to conduct reconnaissance studies over vast areas where periglacial process was still active. In the last ten years field surveys have been carried out in the Arctic and sub-Arctic from the northern coast of Ellesmere Island to the Hudson Bay coastal plain in Ontario, and from the Alaska boundary to Labrador.

In 1956 Canada became a member of the Commission on Periglacial Geomorphology of the International Geographical Union (14)*, and has been represented at all succeeding symposia of the Commission. A national Canadian Committee was formed in 1959 (16) and meetings have been held in Quebec, Calgary and Ottawa (15). Its main objective is to co-ordinate research in the field of periglacial geomorphology in Canada, including the study of patterned ground (7, 13). In May, 1963, the Canadian Committee sponsored a symposium at the annual meeting of the Canadian Association of Geographers, held at Quebec, on the problems of mapping in periglacial areas.

Recent research includes the following aspects of patterned ground study: the development of field techniques including both instrumentation and quantitative analysis of data, the documentation of data observations with its geographical distribution, the effects of climate and freeze—thaw cycles, and the regional analysis and mapping of periglacial forms.

Important research agencies have included the Geographical Branch of the Department of Mines and Technical Surveys; the Division of Build-

*) The figures in brackets refer to the corresponding numbers in the bibliography.

ding Research of the National Research Council of Canada; the Arctic Institute of North America; and the universities, chiefly the McGill Sub-Arctic Research Laboratory at Schefferville, the Centre d'études nordiques à l'Université Laval and the University of British Columbia.

This selected bibliography is divided into the following sections: general, regional studies, references on individual forms, climate and frost cycles, pingos and ground ice, string bogs, and mapping.

GENERAL (1—20)

The first report on periglacial research in Canada was presented to the Rio de Janeiro Congress in 1956 (1). Important papers in this section include reviews of periglacial research in Canada (6, 9, 17), an English—French vocabulary (19) and a definition of the word *périglaciaire* with discussion of its origin and derivatives.

REGIONAL STUDIES (21—51)

Notable among the regional studies have been memoirs of the Geographical Branch (22, 26, 29, 32, 34) and reports of the Rand Corporation, prepared by the Department of Geography, McGill University (39—45). In addition many preliminary papers and memoirs of the Geological Survey of Canada make brief reference to the topic.

INDIVIDUAL PERIGLACIAL FORMS (52—76)

Knowledge of the distribution of the various periglacial forms in Canada is limited because of the vast areas involved and the reconnaissance nature of most surveys to date, and because very few scientists are actually working on periglacial problems. At best there is only scattered reference to isolated phenomena at specific locations, and extensive areas remain unreported. The problem is further complicated by the absence both of an accepted classification for periglacial phenomena and of a universally accepted nomenclature. As a bilingual country the problem has been further confused by differences in meaning of similar words in English and French.

In Canada, there has been a different emphasis on the type of phenomena studied than in most countries. Little attention has been given to alpine or fossil forms, the chief interest being in active forms in the arctic and sub-

-arctic regions. There has been practically no attempt to utilize fossil in an assessment of palaeoclimatological conditions nor have they been applied to problems of Pleistocene stratigraphy.

CLIMATE AND FROST CYCLES (77—91)

Considerable interest has been centered on freeze—thaw cycles as related to process. It has been found that the numbers of freeze—thaw cycles in the active layer is surprisingly small, and that below a few cm. only the annual cycle is recorded (50, 77, 80, 83, 84). The relationship of climatic factors to certain frozen ground phenomena in Canada was discussed (91), principally in relation to solifluction.

PINGOS AND GROUND ICE (92—106)

Much interest has been centered on pingos, a rather spectacular periglacial feature found in the eastern Arctic. Two major studies have been published (98, 99). Other ground ice forms have received little attention, although they are widespread through the Canadian Arctic.

STRING BOGS AND VEGETATION (OTHER THAN MUSKEG) (107—116)

String bogs are associated with melting of permafrost have been studied in some detail in Labrador-Ungava.

MAPPING (117—122)

The mapping of periglacial phenomena in Canada has been greatly complicated by problems of scale. It is only recently that adequate topographic maps of northern areas are becoming available, and even these are at too small a scale to be very useful. Recently the mapping of periglacial phenomena in detail at larger scales has been attempted (49, 120, 121, 122). Although a preliminary map of periglacial phenomena in Canada was presented at the Stockholm Congress in 1960 (118), a detailed map remains a task for the future. A legend of symbols proposed for mapping of features was published as part of a general discussion on problems of applied geomorphological mapping (119).

PERMAFROST

A considerable literature has developed on the various problems created by permafrost, chiefly under the aegis of the Associate Committee on Soil and Snow Mechanics of the National Research Council of Canada. As little of the work has been related to periglacial problems, and as the literature has been adequately summarized elsewhere, it is not considered here (4, 5, 20).

MUSKEG

Muskeg is intimately associated with permafrost conditions under a periglacial climate, and probably can be considered a periglacial feature. A great amount of research into all aspects of muskeg has been conducted under the sponsorship of the Associate Committee on Soil and Snow Mechanics of the National Research Council of Canada. As the extensive literature is summarized elsewhere, it is not included in this report (73).

Bibliography

General

- (1) Brochu, M. 1956 — Canada. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 4; p. 9—14.
- (2) Brochu, M. 1960a — Elargissement de la notion de périglaciaire et indice du périglaciaire. *Rapports Soc. Provencher hist. nat. du Canada*; p. 17—25.
- (3) Brochu, M. 1960b — Elargissement de la notion de périglaciaire. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 7; p. 151—154.
- (4) Brown, R. J. E. 1962 — A review of permafrost investigations in Canada. *Canadian Geogr.*, vol. 6; p. 162—165, (also: *Nat. Res. Coun. Can., Div. Bldg. Res.*, Ottawa, Tech. paper no. 146, 1962).
- (5) Cook, F. A. 1958 — Selected bibliography on Canadian permafrost. *Dept. Mines and Tech. Surveys, Geogr. Br.*, Ottawa, Bibl. ser., no. 20; 23 p.
- (6) Cook, F. A. 1959 — A review of the study of periglacial phenomena in Canada. *Geogr. Bull.*, no. 13; p. 22—53.
- (7) Cook, F. A. 1960a — Geographical Branch studies in periglacial geomorphology. *Cahier Géogr. Québec*, 7; p. 209—212.
- (8) Cook, F. A. 1960b — Selected bibliography on periglacial phenomena in Canada. *Dept. Mines and Tech. Surveys, Geogr. Br.*, Ottawa, Bibl. ser., no. 24; 22 p.
- (9) Cook, F. A. 1961 — Periglacial phenomena in Canada. *Geology of the Arctic*. Toronto, vol. 2; p. 768—780.
- (10) Corbel, J. 1961 — Morphologie périglaciaire dans l'Arctique. *Annales Géogr.*, 70; p. 1—24.
- (11) Derruau, M. 1956 — Les formes périglaciaires du Labrador-Ungava comparées à celles de l'Islande Centrale. *Revue Géomorph. Dyn.*, 7; p. 11—16.

- (12) Gaumond, M., Hamelin, L. E. 1960 — Notes de périglaciaire des monts Washington et Jacques Cartier. *Cahiers Géogr. Québec*, 7; p. 217—218.
- (13) Hamelin, L. E. 1957 — Projet du coordination des recherches périglaciaires dans l'Est canadien. *Cahiers Géogr. Québec*, 7, 209—212.
- (14) Hamelin, L. E. 1959 — La commission internationale de géomorphologie périglaciaire et le Canada. *Canadian Geogr.*, 13; p. 14—17.
- (15) Hamelin, L. E. 1959 — Réunion du Comité canadien du périglaciaire. *Revue Can. Géogr.*, 3; p. 141—142.
- (16) Hamelin, L. E. 1960 — Circulaire No. 1. Comité canadien, commission de géomorphologie périglaciaire. *Mimeo*; 9 p.
- (17) Hamelin, L. E. 1961 — Périglaciaire du Canada: idées nouvelles et perspectives globales. *Cahiers Géogr. Québec*, 10; p. 141—203.
- (18) Hamelin, L. E. 1964 — La famille du mot »périglaciaire«. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 14; p. 133—152.
- (19) Hamelin, L. E., Clibbon, P. 1962 — Vocabulaire périglaciaire bilingue. *Cahiers Géogr. Québec*, 12; p. 201—226.
- (20) Legget, R. F., et al. 1961 — Permafrost investigations in Canada. *Geology of the Arctic*. Univ. Toronto Press, vol. II; p. 956—959, (also: *Nat. Res. Coun. Can., Div. Bldg. Res., Tech. paper no. 122*).

Regional studies

- (21) Bird, J. B. 1951 — Physiography of the middle and lower Thelon Basin. *Geogr. Bull.*, no. 1; p. 14—29.
- (22) Bird, J. B. 1953 — Southampton Island. *Dept. Mines and Tech. Surveys, Geogr. Br.*, Ottawa, Memoir 1; 84 p.
- (23) Bird, J. B. 1955 — Terrain conditions in the central Canadian Arctic. *Geogr. Bull.*, no. 7; p. 1—16.
- (24) Bird, J. B. 1959 — Recent contributions to the physiography of Northern Canada. *Annals Geomorph.*, vol. 3; p. 164—167.
- (25) Bird, J. B. 1960 — The scenery of central and southern Arctic Canada. *Canadian Geogr.*, no. 15; p. 1—11.
- (26) Bird, J. B., Bird, M. B. 1961 — Bathurst Inlet, N.W.T. *Dept. Mines and Tech. Surveys, Geogr. Br.*, Ottawa, Memoir 7; 66 p.
- (27) Fraser, J. K. 1956 — Physiographic notes on features in the Mackenzie Delta area. *Canadian Geogr.*, no. 8; p. 18—23.
- (28) Gadbois, P., Laverdière, C. 1954 — Esquisse géographique de la région, Floeberg Beach, nord de l'île Ellesmere. *Geogr. Bull.*, no. 6; p. 17—44.
- (29) Hare, F. K. 1963 — A photo-reconnaissance study of Labrador-Ungava. *Dept. Mines and Tech. Surveys, Geogr. Br.*, Ottawa, Memoir 6; 81 p.
- (30) Henderson, E. P. 1952 — Pleistocene geology of the Watino Quadrangle, Alberta. Indiana Univ., Bloomington, Ind., Ph. D. Thesis.
- (31) Johnson, J. P. S. 1952 — Information collected about Dumbell Bay and north Ellesmere Island regions of the Canadian Arctic Archipelago. *Dartmouth College, Hanover, N. H.*, Paper 102; 100 p.
- (32) Mackay, J. R. 1958 — Anderson River map area. *Dept. Mines and Tech. Surveys, Geogr. Br.*, Ottawa, Memoir 5; 127 p.
- (33) Mackay, J. R. 1958 — The valley of the Lower Anderson, N.W.T. *Geogr. Bull.*, no. 11; p. 37—48.

- (34) Mackay, J. R. 1963 — The Mackenzie Delta area, N.W.T. *Dept. Mines and Tech. Surveys, Geogr. Br.*, Ottawa, Memoir 8; 202 p.
- (35) Mercer, J. H. 1954 — The physiography and glaciology of southernmost Baffin Island. McGill Univ., Montreal, Ph. D. Thesis.
- (36) Mercer, J. H. 1956 — Geomorphology and glacial history of southernmost Baffin Island. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 67; p. 553—570.
- (37) Nichols, D. A. 1936 — Physiographic studies in the eastern Arctic. *Canadian Surveyor*, vol. 5, no. 10; p. 2—7.
- (38) Nichols, R. L. 1953 — Geomorphological observations at Thule, Greenland and Resolute Bay, Cornwallis Island, N.W.T. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 251; p. 268—275.

Rand Corporation Reports Santa Monica (prepared by Department of Geography, McGill University) (39—45)

- (39) A report on the physical environment of northern Baffin Island and adjacent areas, N.W.T., 1963; 303 p.
- (40) A report on physiographic conditions of central Baffin Island and adjacent areas, N.W.T., 1963; 270 p.
- (41) A report on the physical environment of southern Baffin Island, N.W.T., 1963; 375 p.
- (42) A report on physiographic conditions of eastern Victoria Island and adjacent areas, N.W.T., 1963; 200 p.
- (43) A report on the physical environment of the Great Bear River area, N.W.T., 1963; 326 p.
- (44) A report on the physical environment of the Thelon River area, N.W.T., 1963; 307 p.
- (45) A report on the physical environment of the Quoiich River area, N.W.T., 1963; 284 p.
- (46) Robitaille, B. 1959 — Géomorphologie du sud-est de l'île Cornwallis, Territoires du Nord-Ouest. Université Laval, Thèse de doctorat.
- (47) Robitaille, B. 1959 — Aperçu géomorphologique de la rive québécoise du détroit d'Hudson. *Revue Can. Géogr.*, vol. 13; p. 147—155.
- (48) Roy, C. 1961 — Les phénomènes périglaciaires du Labrador-Ungava. *McGill Univ., McGill Sub-Arctic Res. Lab.*, Montreal, Res. papers, no. 11; p. 46—53.
- (49) Smith, D. I. 1961 — The geomorphology of the Lake Hazen Region, N.W.T. *McGill Univ., Geogr. Dept.*, Montreal Misc. papers, no. 2; 100 p.
- (50) St-Onge, D. 1963 — La géomorphologie de l'île Ellef Ringnes, T.N.O. Louvain Univ., D. Sci. dissertation.
- (51) Washburn, A. L. 1947 — Reconnaissance geology of portions of Victoria Island and adjacent regions, Arctic Canada. *Geol. Soc. America*, Memoir 22; 142 p.

Individual periglacial forms

- (52) Andrews, J. T. 1961 — „Vallons de gélivation” in central Labrador-Ungava. A reappraisal. *Canadian Geogr.*, vol. 5; p. 1—9.
- (53) Andrews, J. T. 1961 — The development of scree slopes in the English Lake District and Central Labrador. *Cahiers Géogr. Québec*, no. 10; p. 217—230.
- (54) Bergeron, R. 1959 — Champ de blocs dans le Québec arctique. (Unpublished manuscript presented to Symposium of Can. Comm. on Periglacial Geomorphology, Québec, Dec. 9, 1959).

- (55) Brochu, M. 1959 — Les lacs orientés de la région de la Baie de Liverpool. *Revue Can. Géogr.*, vol. 11; p. 175.
- (56) Cook, F. A. 1956 — Additional notes on mud circles at Resolute Bay, N.W.T. *Canadian Geogr.*, no. 8; p. 9—17.
- (57) Cook, F. A. 1958 — Sorted circles at Resolute, N.W.T. *Geogr. Bull.*, no. 11; p. 78—81.
- (58) Cook, F. A. 1959 — Some types of patterned ground in Canada. *Geogr. Bull.*, no. 13; p. 73—81.
- (59) Cook, F. A. 1962 — Simple transverse nivation hollows at Resolute, N.W.T. *Geogr. Bull.*, no. 18; p. 79—85.
- (60) Cook, F. A. 1962 — Permafrost as a geomorphic process. *Nat. Res. Coun. Can., Assoc. Comm. Snow and Soil Mechanics*, Ottawa, Tech. mem., no. 76; p. 127—130.
- (61) Cook, F. A. 1964 — Patterned ground research in Canada. *Proc. Intern. Permafrost Confer.*, Purdue, Ind., Nov. 11—15, 1963.
- (62) Gravenor, C. P. 1955 — The origin and significance of Prairie mounds. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 253; p. 475—481.
- (63) Hamelin, L. E. 1958 — Dallage de pierres au lac Lichen. *Cahiers Géogr. Québec*, no. 14; p. 250—251.
- (64) Hamelin, L. E. 1958 — Les cours d'eau à berges festonnées. *Canadian Geogr.*, no. 12; p. 20—24.
- (65) Henderson, E. P. 1956 — Large nivation hollows near Knob Lake, Quebec. *Jour. Geol.*, vol. 64; p. 607—616.
- (66) Jarvis, G. 1928 — Lacustrine littoral forms referable to ice pressure. *Can. Field Naturalist*, vol. 42; p. 29—32.
- (67) Mackay, J. R. 1953 — Fissures and mud circles on Cornwallis Island, N.W.T. *Canadian Geogr.*, no. 3; p. 31—37.
- (68) Mackay, J. R. 1956 — Notes on oriented lakes of the Liverpool Bay area, N.W.T. *Revue Can. Géogr.*, vol. 10; p. 169—173.
- (69) Mackay, J. R. 1957 — Discussion of Michel Brochu, „Les lacs orientés de la région de la Baie de Liverpool”. *Revue Can. Géogr.*, vol. 11; p. 175—178.
- (70) Mackay, J. R. 1957 — Field observations of patterned ground. *Can. Alpine Jour.*, vol. 40; p. 91—96.
- (71) Mathews, W. H., Mackay, J. R. 1963 — Snowcreep studies, Mount Seymour, B. C. Preliminary field investigations. *Geogr. Bull.*, no. 20; p. 58—75.
- (72) Twidale, C. R. 1956 — Vallons de gélivation dans le centre du Labrador. *Revue Géomorph. Dyn.*, 7; p. 18—23.
- (73) U. S. Army, H. Q., Quartermaster Res. and Eng. Command, Natick, Mass., 1962, Muskeg, Review of research. Tech. report ES-5; 31 p.
- (74) Williams, M. Y. 1936 — Frost circles. *Trans. Roy. Soc. Can.*, ser. 3, sec. 4, vol. 3; p. 129—132.
- (75) Williams, P. J. 1959 — Frozen ground phenomena. *McGill Univ., Montreal, McGill Sub-Arctic Res. Lab.*, Res. papers, no. 6; p. 69—70.
- (76) Williams, P. J. 1960 — The development and significance of stony earth circles. *Nat. Res. Coun. Can., Div. Bldg.*, Res. Res. paper, no. 91; 14 p.

Climate and frost-cycles

- (77) Andrews, J. T. 1963 — The analysis of frost-heave data collected by B. H. J. Hayward at Schefferville, Labrador-Ungava. *Canadian Geogr.*, vol. 8; p. 163—173.

- (78) Cook, F. A. 1955 — Near surface soil temperatures at Resolute Bay, Northwest Territories. *Arctic*, vol. 8; p. 237—249.
- (79) Cook, F. A. 1958 — Temperatures in permafrost at Resolute, N.W.T. *Geogr. Bull.*, no. 12; p. 5—18.
- (80) Cook, F. A. 1962 — Freeze-thaw cycles at Resolute, N.W.T. *Geogr. Bull.*, no. 12; p. 5—18.
- (81) Corbel, J. 1958 — Climat et morphologie dans la Cordillère canadienne. *Revue Can. Géogr.*, vol. 12; p. 15—47.
- (82) Fraser, J. K. 1959 — Freeze-thaw frequencies and mechanical weathering in Canada. *Arctic*, vol. 12; p. 40—53.
- (83) Haywood, B. H. J. 1961 — Studies in frost-heave cycles at Schefferville. *McGill Univ., Montreal, McGill Sub-Arctic Res. Lab. Res. Papers*, no. 11; p. 6—11.
- (84) Matthews, B. 1962 — Frost-heave cycles at Schefferville, October 1960—June 1961, with critical examination of methods used to determine them. *McGill Univ., Montreal, McGill Sub-Arctic Res. Lab. Res. Papers*, no. 12; p. 112—125.
- (85) Penner, E. 1961 — Alternate freezing and thawing, not a requirement for frost heaving in soils. *Can. Jour. Soil Sci.*, vol. 41; p. 160—163 (also: *Nat. Res. Coun. Can., Div. Bldg. Res.* Res. paper, no. 143).
- (86) Rousseau, M. J. 1949 — Modifications de la surface de la toundra sous l'action d'agents climatiques. *Revue Can. Géogr.*, vol. 3; p. 43—51.
- (87) Roy, C. (n.d.) — Aspects du climat et du relief postglaciaire de la région de Schefferville dans le Québec-Labrador. Thèse de M. A., Laval Univ., Montreal, (in preparation).
- (88) St-Onge, D. 1959 — A note on erosion in gypsum under periglacial conditions. *Revue Can. Géogr.*, vol. 13; p. 155—162.
- (89) Thompson, H. A. 1963 — Freezing and thawing indices in northern Canada. *Nat. Res. Coun. Can., Assoc. Comm. Soil and Snow Mechanics Tech.*, Memoir 76; p. 18—36.
- (90) Thompson, H. R., Bonnlander, B. 1956 — Temperature measurements at a cirque in Baffin Island. Some results of W.R.B. Battle's work in 1953. *Jour. Glaciology*, vol. 2; p. 762—769.
- (91) Williams, P. J. 1961 — Climatic factors controlling the distribution of certain frozen ground phenomena. *Geogr. Annaler*, vol. 43; p. 339—347, (also: *Nat. Res. Coun. Can., Div. Bldg. Res.*, Ottawa, Res. Paper, no 161, 1962).

Pingos and ground ice

- (92) Craig, B. G. 1959 — Pingo in the Thelon valley, N.W.T., radiocarbon age and historic significance of the contained organic material. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 70; p. 509—510.
- (93) Gussow, W. G. 1954 — Piercement domes in the Canadian Arctic. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. 38; p. 2225—2226.
- (94) Lamothe, C., St-Onge, D. 1961 — A note on a periglacial erosional process in the Isachsen area, N.W.T. *Geogr. Bull.*, no. 16; p. 104—119.
- (95) Laverdière, C. 1955 — L'origine des pingos. *Revue Can. Géogr.*, vol. 9; p. 226.
- (96) Mackay, J. R. 1956 — Deformation by glacier-ice at Nicholson Peninsula, N.W.T. *Arctic*, vol. 9; p. 218—228.
- (97) Mackay, J. R. 1962 — Pingos of the Pleistocene Mackenzie River Delta area. *Geogr. Bull.*, no. 18; p. 21—63.
- (98) Mackay, J. R. 1963 — Origin of the pingos of the Pleistocene Mackenzie Delt

- area. *Nat. Res. Coun. Can., Assoc. Comm. on Soil and Snow Mechanics*, Ottawa, Tech. Memoir, no. 76; p. 79—83, (Proc. of the First Canadian Conference on Permafrost, 17 and 18 April, 1962).
- (99) Müller, F. 1959 — Beobachtungen über Pingos. *Medd. om Grönland*, Bd. 153, no. 3; p. 1—127.
- (100) Müller, F. 1962 — Analysis of some stratigraphic observations and C¹⁴ dates from two pingos in the Mackenzie Delta, N.W.T. *Arctic*, vol. 15; p. 278—288.
- (101) Pihlainen, J. A. *et al.* 1956 — Pingo in the Mackenzie delta. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 67; p. 1119—1122.
- (102) Porsild, A. E. 1938 — Earth mounds in unglaciated Arctic, Northwestern America. *Geogr. Review*, vol. 28; p. 46—58.
- (103) Stager, J. K. 1956 — Progress report on the analysis of the characteristics and distribution of pingos east of the Mackenzie Delta. *Canadian Geogr.*, vol. 7; p. 13—20.
- (104) St-Onge, D. 1961 — The ground ice in the Deer Bay area, Ellef Ringnes Island, N.W.T. *Geology of the Arctic*, Univ. Toronto Press, Toronto, vol. 2; 1092 p.
- (105) Tyrrell, J. B. 1904 — Crystophenes or buried sheets of ice in tundra of North America. *Jour. Geol.*, vol. 12; p. 232—236.
- (106) Tyrrell, J. B. 1910 — „Rock glaciers” or crystocrenes. *Jour. Geol.*, vol. 28; p. 549—553.

String bogs and vegetation (other than muskeg)

- (107) Allington, K. R. 1958 — Bogs of central Labrador-Ungava. *McGill Univ., Montreal, McGill Sub-Arctic Res. Lab. Res. paper*, no. 4; p. 88—92.
- (108) Allington, K. R. 1959 — The bogs of central Labrador-Ungava, an examination of their characteristics. *McGill Univ., Montreal McGill Sub-Arctic Res. Lab. Res. paper*, no. 7; 89 p.
- (109) Hamelin, L. E. 1957 — Les tourbières recticulées du Québec-Labrador Sub-arctique — interprétation morpho-climatique. *Cahiers Géogr. Québec*, no. 13; p. 87—106.
- (110) Henoch, W. E. S. 1960 — String bogs in the Arctic 400 miles north of the tree-line. *Geogr. Jour.*, vol. 126; p. 335—339.
- (111) Mackay, J. R. 1958 — Arctic „vegetation arcs”. *Geogr. Jour.*, vol. 124; p. 294—295.
- (112) Polunin, N. 1934 — The vegetation of Akpotak Island. Part I. *Jour. Ecology*, vol. 22; p. 337—395.
- (113) Potzger, J. E., Courtemanche, A. 1955 — Permafrost and some characteristics of bogs and vegetation in northern Quebec. *Revue Can. Géogr.*, vol. 9; p. 107—114.
- (114) Potzger, J. E., Courtemanche, A. 1956 — A series of bogs across Quebec from the St. Lawrence to James Bay. *Can. Jour. Botany*, vol. 34; p. 473—500.
- (115) Sjörs, H. 1959 — Bogs and fens in the Hudson Bay lowland. *Arctic*, vol. 12; p. 3—20.
- (116) Williams, P. J. 1959 — Arctic „vegetation arcs”. *Geogr. Jour.*, vol. 125; p. 144—145.

Mapping

- (117) Brown, R. J. E. 1960 — Mapping Permafrost in Canada. *Arctic*, vol. 13; p. 163—177.
- (118) Dubé, J. C., Hamelin, L. E. 1960 — Carte préliminaire de phénomènes

- pérglaciaires du Canada. (Résumé — Congrès de l'ACFAC à Québec, octobre 1960. Présentée par L. E. Hamelin devant la Commission de géomorphologie pérglaciaire au Congrès de Stockholm, août 1960).
- (119) Hamelin, L. E. 1963 — Cartographie géomorphologique appliquée au pérglaciaire. *Cahiers Géogr. Québec*, no. 14; p. 193—209.
- (120) Müller, F. 1963 — An arctic research expedition and its reliance on large-scale maps. *Can. Surveyor*, vol. 17; p. 96—112.
- (121) Robitaille, B. 1960 — Présentation d'une carte géomorphologique de la région de Mould Bay, île-du-Prince Patrick, T.N.O. *Canadian Geogr.*, no. 15; p. 39—43.
- (122) St-Onge, D. (n.d.) — La cartographie géomorphologique de la région d'Isachsen, Ile Ellef Ringnes, T.N.O. Unpublished manuscript.

Anna Dylikowa

Lódź

ETAT DES RECHERCHES PERIGLACIAIRES EN POLOGNE

CARACTERISTIQUE GENERALE DES RECHERCHES PERIGLACIAIRES DANS LA PERIODE DE 1956—63

Le compte-rendu paru dans le numéro 4 du *Biuletyn Peryglacjalny* (Dylik 1956) clôt la première période des recherches périglaciaires en Pologne. Le trait principal qui caractérise cette période c'est le développement très intense des recherches qui, après 40 ans d'interruption, se rattachent à la conception du milieu périglaciaire pléistocène suggérée par Łoziński. Ce qui a donné de l'impulsion au développement de ce genre de recherches géologiques et géomorphologiques ce fut la constatation que sur notre terrain paraissaient généralement des structures et aussi des dépôts et certaines formes de relief qu'on rattachait à la morphogénèse périglaciaire pléistocène. Les ouvrages de Jahn (1951), Dylik (1951), Halicki (1951) et autres fixent les premières notions de ce nouveau domaine de recherches. Elles constituent des essais préparatoires pour la classification des structures, donnent leur interprétation climatique générale et renferment aussi des suggestions concernant le développement du relief dans le milieu périglaciaire. La parution, en 1954, du premier numéro du *Biuletyn Peryglacjalny* était un événement important. C'est lui qui a commencé à réunir les ouvrages consacrés à l'étude du périglaciaire qui à cette époque se rattachent presque exclusivement au territoire de la Pologne. Depuis 1956, c'est-à-dire depuis le Congrès à Rio-de-Janeiro, *Biuletyn Peryglacjalny* devient l'organe de la Commission de Géomorphologie Périglaciaire de l'UGI et dès ce moment il commence à publier les ouvrages qui donnent l'image des acquisitions mondiales faites dans le domaine de recherches périglaciaires.

Les années 1956—63 établissent nettement le rang des études périglaciaires dans le domaine des recherches se rapportant au Pléistocène en Pologne. On a présenté pour la première fois les acquisitions faites en cette matière au cours du Symposium de la Commission de Géomorphologie Périglaciaire qui eut lieu en Pologne en 1958 (*Biuletyn Peryglacjalny* nr 8). Le colloque organisé par le Prof. P. Macar, à Liège, en 1959

(*Biuletyn Peryglacjalny* nr 9) a été un événement important qui évidemment a trouvé l'expression dans les ouvrages polonais ultérieurs. Ce colloque, bien que consacré uniquement aux problèmes des phénomènes périglaciaires pre-würmiens, a posé d'une façon péremptoire la question concernant la nécessité de prendre en considération les phases du climat périglaciaire dans la division du Pléistocène (Dylik 1960; Jahn 1960 et autres). La Réunion de la Commission de Géomorphologie Périglaciaire organisée au Maroc quelques mois plus tard (*Biuletyn Peryglacjalny* nr 10) s'est rapportée à l'opinion des participants au Colloque de Liège. Suivant le programme des travaux de la Commission on a présenté à cette Réunion les premières élaborations des cartes périglaciaires renfermant les manifestations de la morphogenèse périglaciaire tant pléistocène qu'actuelle. Cependant on n'a pas pu réaliser entièrement le programme des travaux traitant de ce sujet, car on se heurtait toujours au savoir insuffisant concernant les suites des changements climatiques pléistocènes survenus sur divers terrains.

L'activité toute particulière des recherches périglaciaires en Pologne se lie avec les préparatifs aux travaux et excursions du VI-me Congrès de l'INQUA en 1961 — ce qui a trouvé son expression dans une série de publications spéciales.

De nombreuses observations recueillies au cours des dix dernières années qui prouvent une parution très répandue des structures périglaciaires fossiles sur les terrains des plus anciennes glaciations, ont permis de faire leur classification fondamentale. L'interprétation de ces structures au point de vue dynamique et climatique, ainsi que des dépôts considérés comme périglaciaires a permis de compléter le tableau des changements climatiques dans le Pléistocène de la Pologne — en premier lieu — dans la dernière période froide et son déclin. Pour faire cette interprétation la collaboration avec les archéologues et les paléobotanistes a été très précieuse. Leurs recherches concourent à former un tableau complet de la variabilité du milieu climatique et donc du type de morphogenèse dans diverses phases du Pléistocène permettant d'établir la date précise de chaque série. Les problèmes des sols fossiles présentent indéniablement une lacune dans ces recherches complexes concernant le milieu périglaciaire. On n'est pas encore arrivé à différencier ces sols d'une manière suffisante; c'est un des domaines dont on devra s'occuper spécialement dans le plus proche avenir.

Les études géomorphologiques générales ont une tendance à approfondir les connaissances concernant le développement des formes respectives dans le milieu périglaciaire. Le premier essai de synthèse géomorphologique présenté par Dylik sur l'exemple de la Pologne (1956) n'a pas

été suivi d'autres études synthétisant les opinions sur l'évolution du relief dans le milieu périglaciaire pléistocène. La cause de cet état des choses consiste en engagement de tous ceux qui s'occupent de périglaciaire dans les recherches dynamiques et stratigraphiques. La prochaine étape apportera sans doute des études visant à l'établissement du type des relations entre le caractère des dépôts et celui des structures dues au gel et la topographie, comme l'a fait par exemple Różycki (1956) pour le terrain de la morphogénèse périglaciaire actuelle. L'étude de Goździk (le même numéro du *Biuletyn Peryglacjalny*, p. 217) signale ce type des travaux.

Le matériau comparatif recueilli sur les territoires de la morphogénèse périglaciaire active (Spitsbergen, Alaska, la presqu'île de Kola, la Laponie etc.) présente une précieuse acquisition tant dans l'analyse et l'interprétation des structures des dépôts périglaciaires pléistocènes que dans les études géomorphologiques. De même les observations des structures fossiles et des dépôts soit dans les pays voisinant avec la Pologne soit sur des territoires quelquefois lointains permettent de tirer des conclusions générales concernant le caractère et la répartition des zones périglaciaires dans le Pléistocène.

Enfin, dans une suite de problèmes terminologiques à discuter et à uniformiser, le besoin de préciser le sens du terme „périglaciaire” a été mis à la première place.

LE DEVELOPPEMENT DE LA CONNAISSANCE DES STRUCTURES FOSSILES

Les structures fossiles constituent une des traces les plus remarquables du milieu climatique périglaciaire dans le Pléistocène. Ce sont elles aussi qui en premier lieu ont attiré l'attention et c'est à elles qu'on a consacré un des premiers ouvrages concernant les problèmes périglaciaires du Pléistocène de la Pologne (Jahn 1951; Dylik 1951, ouvrages parus dans le *Biuletyn Peryglacjalny* nr 1—4 et autres). Si pourtant dans cette première période des recherches on a concentré l'attention surtout sur les tracés des déformations de gel, leur forme, leurs dimensions etc. et la classification des structures était alors faite d'après la description — actuellement on introduit d'une façon générale la classification génétique.

Cette classification a été rendue possible d'un côté par le matériau comparatif toujours plus riche provenant des régions périglaciaires actuelles et de l'autre, l'amélioration des méthodes, entre autres celle de l'analyse des structures fossiles sur le terrain. Sur les terrains formés d'un matériau meuble d'origine glaciaire on applique généralement l'observation des

structures tant dans l'intersection verticale qu'horizontale, ce qui permet en conséquence de connaître la structure dans ses trois dimensions.

Dans le premier ouvrage polonais traitant de la classification génétique Olchowik-Kolasińska (1962) introduit la division en structures: de gonflement par le gel, de pression cryostatique (congélstatique) et en structures rattachées à l'activité des processus de versant. Cette classification n'englobe ni les structures de fente ni celles dans lesquelles le triage du matériau est bien net. Les structures de gonflement par le gel se distinguent par une orientation caractéristique, verticale, du matériel; sur les parois des coupes elles ont souvent des contours en forme d'éventails ou de petits anticlinaux ou tout simplement de boursouflures formées à la suite de la poussée du matériel vers le haut. Ces structures se forment à la suite des changements provoqués par le gel de l'eau dans le sol. La migration de l'eau vers les centres de gel naissant dans le mollisol et sa lente congélation provoquent l'accroissement du volume, c'est-à-dire le „gonflement” de la masse qui gèle. Les structures cryostatiques se développent dans le matériel plastique humide du mollisol qui gît directement sur le pergélisol. Dans la période du gel du mollisol apparaissent les déformations du matériel qui se trouve entre le niveau immobile et raide du pergélisol par en bas et qui, d'en haut, est de plus en plus pressé par la masse du mollisol qui se raidit et gonfle graduellement par suite de la congélation. Les traits caractéristiques pour les structures de la pression cryostatique sont le déchiquetage ou l'effilochage des couches, les courbures et les gonflements quelquefois tout à fait chaotiques et parfois faisant voir nettement la direction verticale du mouvement. Le troisième genre de structures se lie nettement avec le processus de congélifluxion, on ne peut donc le rencontrer que sur des surfaces inclinées. Ces structures se caractérisent p. ex. par l'existence des loupes, la nette inclinaison des plications dans le sens du mouvement, les paquets et les traînées du matériel diffus qui a été déposé d'abord en séries compactes.

La disposition exceptionnellement favorable des coupes à Katarzynów près de Łódź a permis d'y étudier des étapes respectives d'un cycle d'évolution des structures dues à la pression congélstatique (cryostatique) et au gonflement par le gel (Dylikowa 1961).

Un tout autre problème présentent les structures de fente qui donnent de belles formes de fentes en coin dans les parois des découvrements. Comme la présence de ces structures intéressantes a une importance spéciale pour l'interprétation climatique des profils pléistocènes, il y a eu une suite d'ouvrages consacrés à la description des fentes considérées en tant que structures individuelles et uniquement dans leur coupe verticale. En dehors de ces publications on a vu paraître des ouvrages qui analysaient les dispo-

sitions spatiales des fentes. Après un article préliminaire de l'auteur (Dylikowa 1956), on doit mentionner l'ouvrage de Filipiuk (1960), Laskowska (1960) et ensuite celui de Lamparski (1961). On peut trouver également de brèves descriptions des structures de fente dans les guides faits pour les excursions du VI Congrès INQUA surtout dans ceux qui concernent les plus proches environs de Łódź ou la Pologne centrale en général. Les publications mentionnées ainsi que les recherches faites sur le terrain dans les environs de Łódź en 1962—63 (la documentation du profil le long de la conduite d'eau Pilica—Łódź, les travaux à Walewice près de Bielawy) témoignent que la parution des structures de fente polygonales sur le territoire de la Pologne Centrale est très répandue.

Avec le progrès, dernièrement constaté dans les études périglaciaires concernant les régions de la morphogénèse périglaciaire présentement active (Sibérie, Alaska, Antarctique, Islande, Spitsberg etc.), se lient des possibilités toujours croissantes de connaître et de comprendre les manifestations fossiles du milieu périglaciaire. Les systèmes polygonaux de fentes de la zone subarctique contemporaine présentent un de ces domaines où l'on a constaté un important progrès des recherches. Grâce aux résultats de ces recherches l'interprétation des structures fossiles peut être faite actuellement d'une manière plus complète que jadis. C'est Dylik (1963) qui a entrepris dernièrement cette tâche en faisant la revue des types de structures de fente fossiles existant en Pologne. Il s'est basé sur une riche littérature principalement russe, américaine et française. C'est le premier essai en Pologne d'une classification générale et de l'interprétation de ces structures.

Selon Dylik il faut réserver la notion des fentes en coin uniquement à ces structures dont le trait principal (en dehors de leur contour en forme de coin dans la coupe verticale) est leur disposition dans des systèmes de polygones. D'autres structures en coin qui ne présentent pas ces dispositions, ont été classées dans les structures ressemblant aux fentes même si elles ont été formées dans un milieu périglaciaire tels p. ex. les fentes des fissures de collines pals ou pingo, les canaux des eaux d'injection.

Les fentes en coin fossiles ont pu se former soit par le remplissage d'espaces laissés libres après la fonte de la glace de fente soit par le remplissage des fentes de gel des systèmes polygonaux. Les premières sont conformes à la définition de *ice-wedges*, les secondes — à celle de *sand-wedges* (Péwé 1959, 1962). Dans la genèse des fentes en coin de gel ce qui a une importance décisive c'est le gel du sol pénétrant progressivement en profondeur et provoquant des fissures du type de contraction. L'ensemble des résultats cités par Dylik et obtenus à la suite de l'étude des phénomènes qui apparaissent dans la zone périglaciaire contemporaine (Black, Péwé,

Choumsky) démontrent la justesse de la théorie de Leffingwell (1915) selon laquelle le développement des fentes s'effectue grâce à la contraction provoquée par les basses températures hivernales.

Se basant sur l'analyse du développement des polygones dans les conditions périglaciaires contemporaines, Dylik examine le problème du critère permettant de distinguer les deux types des structures dans le cas des polygones fossiles.

Il est très probable que les structures fossiles des polygones avec la glace de fente pourront être distinguées des structures des polygones avec le remplissage minéral des fentes d'après les traits caractéristiques de la zone de contact du matériau de soubassement avec le matériau remplissant les fentes. Toutefois c'est un de ces problèmes qui exigent encore des études plus détaillées des structures fossiles.

Etant donné qu'on a constaté la parution générale des structures de fente fossiles sur La Plaine Basse de Pologne, une question surgit concernant la codépendance de la surface topographique et du développement des polygones. L'étude de Goździk publiée dans le même numéro du *Biuletyn Peryglacjalny* constitue un très intéressant essai. Il s'agit de saisir certaines régularités dans le développement des polygones c'est-à-dire dans la densité de leur réseau, la profondeur et la forme des fentes etc. selon le caractère de la surface topographique.

En 1951 Halicki a postulé l'existence dans les régions de l'ancien pergélisol de traces du karst thermique donc de structures liées avec la fonte de la glace de sol provoquant des perturbations dans la continuité de la sédimentation des formations du soubassement. Le processus de la fonte de la glace se caractérise aussi par la subsidence du sol et la formation des dépressions fermées. Longtemps l'énonciation de Halicki avait été la seule à attirer l'attention sur la possibilité de l'existence des traces fossiles de ce phénomène auquel on s'intéressait assez vivement sur les territoires contemporains de pergélisol en Union Soviétique d'abord et ensuite en Amérique du Nord. Dylik (1963a, 1963b) est revenu dernièrement au problème des structures fossiles du karst thermique. Il a considéré les perturbations de la structure primordiale des formations de soubassement dans la dépression fermée de Józefów près de Rogów comme des symptômes de processus thermokarstiques accompagnant la fonte d'un petit hydro-laccolite (cryolaccolite).

UNITES PERIGLACIAIRES LITHOLOGIQUES

Ayant reconnu l'importance des recherches liées au milieu climatique périglaciaire, apparaît le problème de reconnaître dans les profils pléistocènes des dépôts qu'on peut rattacher à ce milieu. Dans l'étape précédente des

recherches on a consacré l'attention presque exclusivement aux formations de couverture enveloppant les surfaces inclinées sur les territoires soumis à la morphogenèse périglaciaire liée principalement avec la dernière glaciation. Actuellement, grâce à l'application générale des méthodes de l'analyse de la texture et de la structure du dépôt, de l'analyse paléobotanique et aussi grâce à la connaissance toujours plus ample des anciens horizons de sol, on obtient un tableau plus complet des oscillations climatiques survenant dans le Pléistocène. Les ouvrages qui traitent de la caractéristique des unités lithologiques se rapportent, pour le moment, surtout au milieu périglaciaire de la dernière période froide, c'est-à-dire de celle du Würm. Il est évident que pour distinguer les unités périglaciaires il faut se fonder sur une connaissance — aussi complète que possible — de la stratigraphie de la période étudiée. En ce qui concerne le Würm — pour le territoire de la Pologne Centrale et plus exactement pour les environs de Łódź où la dernière poussée du glacier eut lieu dans le stade de la Warta — le problème se réduit à la distinction (Holocène exclu) des dépôts chauds, interglaciaires ou interstadias de ceux qu'on peut définir en général comme périglaciaires.

Les dépôts périglaciaires — comme il est arrivé — sont très différenciés; une analyse plus minutieuse, complétée par les observations et la caractéristique des structures de gel, permet, déjà dans l'étape actuelle des recherches, de s'orienter dans les oscillations climatiques se produisant dans les diverses phases périglaciaires.

Parmi les dépôts définis comme périglaciaires il faut mentionner: les couvertures de pierres, les dépôts de congélifluxion, les dépôts à litage périodique.

Les couvertures de pierres constituent un des horizons stratigraphiques les plus nets et, en même temps, les plus répandus. Il semble qu'on peut parler de deux types de l'origine de ces couvertures: des couvertures autochtones et allochtones. Les premières sont caractéristiques pour des surfaces plates et horizontales; directement dessous se trouve le plus souvent une formation dépourvue de pierres. Il est probable que les couvertures pierreuses de ce type sont liées avec le mouvement vertical des pierres vers le haut (à la suite du gel) ou bien vers le bas simultanément à l'évacuation du matériau gisant plus haut et renfermant des pierres, matériau tel que l'argile morainique ou les dépôts de congélifluxion. Les couvertures allochtones recouvrent les parties inférieures des versants, les fonds des enfoncements ou, actuellement, des vallées sèches. Il est probable que pour le transport du matériau pierreux où l'on peut souvent rencontrer des apports de graviers ou de sables stratifiés, la congélifluxion ait coopéré avec le transport de l'eau courante sous forme de torrents pério-

diques à écoulement turbulent. En tout cas le transport était de courte durée et se produisait sur de petites distances ce que prouvent p. ex. des éolglyptolithes très bien conservés qui témoignent d'ailleurs d'une forte activité du vent simultanée ou presque.

Les dépôts de congélifluxion sont une des formations liées au milieu périglaciaire du Pléistocène qu'on a le plus tôt identifiées. Les séries de congélifluxion — relativement faciles à reconnaître — sont un précieux indice pour les considérations stratigraphiques et paléogéographiques. Le processus de congélifluxion se rattache évidemment aux surfaces inclinées; cependant on peut y remarquer certaines différences de structure des dépôts de congélifluxion dépendant nettement des différences d'inclinaison. Sur les surfaces monotones et faiblement inclinées le mouvement de la masse boueuse, coulant largement, s'effectuait plus lentement que sur des surfaces plus fortement inclinées ou à inclinaison variable où se formaient des zones d'écoulement concentré. C'est dans ces conditions que se formaient des langues caractéristiques avec une nette structure fluidale. Dans le premier cas les structures de congélifluxion peuvent être difficiles à reconnaître surtout quand seul le matériau minéral subit le déplacement — ce qui se produit sur des territoires qui ne sont pas recouverts de végétation. Parfois on peut reconnaître ces dépôts seulement d'après les traits de texture (diversité de la fraction, grains anguleux). Dans le second cas — outre les mêmes propriétés de texture — on constate des structures de loupes aux contours très nets. S'il existait une couverture végétale ou celle du sol, les restes de la masse organique dispersés sur toute la formation ou les fragments caractéristiques des niveaux du sol soulignent les traits structuraux.

Les dépôts à litage périodique sont constitués surtout de sables et de limons au rythme caractéristique de sédimentation — rythme dans lequel, à tour de rôle, apparaissent de petites couches à fraction plus fine ou plus grosse. Les petites couches respectives se distinguent par une épaisseur relativement minime et par une petite étendue de telle sorte que la formation produit souvent l'impression plutôt d'une traînée que d'une formation stratifiée. Les inclinaisons des couches sont diverses — de quelques degrés à 30 et même davantage. La parution des dépôts à litage périodique se lie avec la présence de versants fossiles qui à la suite des processus alternants de ruissellement et de congélifluxion ont été soumis au remaniement.

Tous ces trois types de dépôts constituent les plus caractéristiques équivalents des processus de transformation des versants. Avec leur intensité variée et dépendant de l'exposition se lie le phénomène de l'asymétrie des versants observée généralement en Pologne Centrale.

Les types de dépôts périglaciaires décrits ci-dessus (Dylik 1960a, 1960b, 1961a, 1963a, 1963b; Dylik, Dylikowa 1960; Kozarski 1958; *Guide-book of Excursion C, INQUA VIth Congress*) pourraient être définis comme faciès de plaine basse développé sur un soubassement façonné par des formes et des dépôts glaciaires. Les argiles morainiques, les sables, les graviers, les limons et les marnes constituaient le matériau initial dans tous les processus d'accumulation survenus après le retrait du glacier.

On reconnaît un „style” semblable dans les formations périglaciaires du Plateau de Lublin (Dylik 1956b, c, d; Maruszczak 1956; Mojski 1957, 1959, 1961a, b, c), de la Basse Silésie (Raczkowski 1960), du Plateau de la Petite Pologne (Dylik 1960a, Klatka 1961; *Guide-book of Excursion From the Baltic to the Tatras; Middle Poland, INQUA VIth Congress*). On y retrouve les mêmes traits de structure et de texture. C'est surtout dans une grande variété du matériau initial que réside la différence. En dehors du matériau glaciaire, c'est le loess et les débris des roches dures du substratum. On pourrait donc parler ici du faciès du haut plateau des formations périglaciaires. Nous pouvons y rencontrer toute une série de types de granulométrie comme des limons, des sables et des grèzes.

On a le plus de difficultés pour discerner les formations périglaciaires des Carpates, des Sudètes et des Montagnes de la St^e Croix qui représentent le faciès montagneux. La principale difficulté, particulièrement distincte dans les Carpates et les Sudètes provient de la variabilité verticale du climat. De plus, l'activité des processus de versants beaucoup plus intense que dans la plaine basse a causé sur certains versants l'entière destruction des dépôts pléistocènes.

S'il s'agit de la connaissance des dépôts périglaciaires pléistocènes dans les Carpates, les ouvrages de Klimaszewski (1958), de Starkel (1957a, b; 1960) et de Dziemiański et Starkel (1963) ont apporté beaucoup d'éléments nouveaux. Ils sont arrivés, à l'aide de l'analyse minutieuse du matériau minéral et organique à déceler les couvertures de solifluxion sur les versants des vallées (voir aussi: *Guide-book of Excursion From the Baltic to the Tatras; South Poland; INQUA VIth Congress*). Dans les Carpates ces couvertures s'engrènent nettement dans les formations fluviales de terrasses correspondantes et, en outre, la plus jeune couverture — celle qui correspond au Würm — montre une tendance à masquer les terrasses formées précédemment. Ces observations ont confirmé l'opinion — exprimée déjà auparavant à l'occasion de l'exemple des environs de Łódź — celle de la coopération des processus de transport longitudinal et transversal enregistrée sur les versants des vallées fluviales dans le milieu périglaciaire.

Les ouvrages de Jahn (1960a, b, 1963), Dumanowski (1961),

Szczepankiewicz (1958, 1961) et autres (*Guide-book of Excursion A, Sudetes; INQUA VIth Congress*) présentent des recherches tendant à distinguer diverses couvertures de versants dans les Sudètes. Selon ces travaux on doit englober dans les plus anciennes formations du milieu périglaciaire les formations préglaciaires (Jahn 1960b) qui gisent directement sur la roche dure, sous les formations glaciaires. Le caractère de ces dépôts composés principalement de débris provenant de roches altérées des Sudètes montre que la sédimentation des eaux périodiques et les mouvements de masse du type de congélifluxion y sont entrés en jeu. Les cailloux éolisés qu'on rencontre dans cette série montrent qu'il y avait en même temps une forte activité éolienne. Il est donc évident que c'est une formation ressemblant aux couvertures pierreuses du faciès de basse plaine.

En même temps que ces plus anciens dépôts périglaciaires, on a le mieux distingué les séries de couvertures de débris plus récentes correspondant principalement à la dernière période froide. Ce sont les couvertures de blocs immobiles sur les crêtes plates des montagnes ou déplacés par la gravitation ou la congélifluxion sur les versants grâce au soubassement gelé. Ce qui influe très sensiblement sur le caractère de ces couvertures c'est la nature de la roche qui s'exprime dans le type des produits de désintégration. Les Sudètes, en tant que terrain à lithologie très diversifiée, sont une région où les types de façonnement des couvertures étaient très divers.

On a également englobé dans les formations périglaciaires les couvertures correspondant aux dépôts à litage périodique de la basse plaine. Elles s'étaient formées en aval des couvertures de blocs d'un matériau plus fin, lessivé par les eaux ou bien enlevé par la congélifluxion. Ces couvertures s'engrènent vers le bas dans les formations des rivières à écoulement périodique — ceci se produit le plus souvent sur les versants des vallées. En conséquence on voit se former les ensembles de formations englobant les séries fluviales à côté des dépôts de congélifluxion, ce qui ressemble aux couvertures des Carpates. Les couvertures gravelo- ou sablo-limoneuses qui renferment le matériau loessique présentent un genre spécial de couvertures de versant; elles sont caractéristiques pour le bord des Sudètes et son avant-terrain.

Un tout autre problème présente la présence du loess typique donc d'une formation de genèse éolienne apparaissant en plaques sur l'avant-terrain des montagnes, principalement sur les terrasses des rivières. C'est une formation, représentant elle même le faciès de plateaux qui s'engrène dans les couvertures des dépôts de versant du faciès de montagne.

Le problème périglaciaire des Montagnes de la St^e Croix et de leur

bordure loessique se présente de la même façon. Klatka (1961a, b; 1962) s'est occupé du problème des champs de pierres en essayant de distinguer leurs différentes catégories génétiques. Il résulte des recherches faites selon la méthode de Cailleux et basée sur l'analyse de la direction et de l'inclinaison de grands axes des blocs qu'il y a deux types de couvertures: plus jeune — de gravitation et plus ancienne — de congélifluxion qui s'engrène, à son tour, dans la couverture de loess, développée plus bas (*Guide-book of the Excursion From the Baltic to the Tatras; Middle Poland; INQUA VIth Congress*).

Les recherches portant sur les dépôts de grotte et commencées en 1952 sur le terrain du Jura Polonaise par W. et M. Chmielewski (Dylik, Chmielewska, Chmielewski 1954) ont donné récemment de très beaux résultats sous forme d'étude de complètes séries stratigraphiques englobant les dépôts de Riss à Holocène. Ce sont les dépôts composés de débris calcaires à fraction diverse, mélangés — à un différent degré — avec l'argile altérée et le limon. Les couches respectives portent des traces de différents types de désintégration ou de décomposition et de plus, elles renferment une faune et des traces de l'activité humaine. Les dépôts de grotte ont été examinés selon les méthodes géologiques, paléobotaniques, paléozoologiques, archéologiques et physiques (C¹⁴). De cette façon ils présentent un des ensembles stratigraphiques les mieux étudiés et illustrent très précisément les oscillations climatiques. Les couches qui correspondent aux périodes froides ont le caractère des formations périglaciaires (*Guide-book of Excursion from the Baltic to the Tatras; Middle Poland; INQUA VIth Congress*).

INTERPRETATION DYNAMIQUE ET CLIMATIQUE DES DEPOTS ET DES STRUCTURES

Une plus profonde connaissance des structures périglaciaires fossiles et le discernement dans les profils de dépôts pléistocènes liés au milieu périglaciaire menent à une meilleure orientation dans les processus morphogénétiques — ce qui permet de saisir le rythme des changements de la température et de l'humidité. L'application des méthodes de l'analyse sédimentologique détaillée — qu'on emploie aujourd'hui généralement — permet de définir d'une façon précise les conditions dans lesquelles s'effectuaient la sédimentation, la désintégration et l'érosion, ou bien inversement — la stabilisation de la surface morphologique fixée par le développement de la couverture végétale et celle du sol. Les conclusions tirées de l'analyse sédimentologique revêtent un caractère spécial quand on les

compare aux observations concernant les dispositions des structures synchroniques ou épigénétiques par rapport aux dépôts.

Il semble qu'on a le droit de former des opinions plus synthétiques étant donné qu'on a étudié un assez grand nombre de profils pléistocènes surtout de ceux qui se lient avec le milieu périglaciaire correspondant au Würm. La découverte dans les profils étudiés de certaines séquences répétées de changements lithologiques et de structures dues au gel définies qui les accompagnent est un des plus intéressants résultats obtenus dans le courant des dix dernières années. Ceci autorise indéniablement à tirer de plus amples conclusions paléogéographiques.

Il semble, à la lumière du matériau actuel que, au cours de la dernière période froide des changements climatiques de premier ordre se produisaient d'une façon plutôt continue. A la fin d'Eem le climat froid et humide devenait de plus en plus froid et de plus en plus sec, arrivant au climat continental maximal et aux plus basses températures. Ensuite il devenait progressivement plus humide avec des températures basses au début, et peu à peu plus hautes. On peut donc parler ici, en principe, de la phase ascendante, de la phase maximum et de la phase descendante (Dylik 1961a, 1963a, b, c). Les problèmes liés à la morphogénèse périglaciaire se rapportent surtout à toutes les conditions du développement et puis à la disparition du pergélisol et à l'activité des processus de l'érosion.

ETUDES FAITES SUR LES TERRAINS DES PROCESSUS PERIGLACIAIRES ACTIFS A L'EPOQUE CONTEMPORAINE

L'intérêt porté aux régions de la morphogénèse périglaciaire active à l'époque contemporaine est une conséquence bien naturelle du développement en Pologne du problème périglaciaire. Les recherches faites entre deux guerres au cours des expéditions polaires ont trouvé leur expression dans une suite de publications. A ce moment parurent deux ouvrages au caractère synthétique, celui de Różycki (1957) et de Klimaszewski (1960).

L'Année Géophysique a ouvert de nouvelles possibilités pour les recherches dans les régions polaires. L'expédition polonaise à Spitsberg a facilité la réunion de précieuses observations qui ont permis de tirer des conclusions plus précises concernant les phénomènes périglaciaires dans le Pléistocène. Les résultats des recherches faites en 1957—59 à Spitsberg ont été publiés par Dylik (1958), Jahn (1958b, 1961b), Czeppe (1961), Szczepankiewicz (1960, 1961), Klatka (1961c), Dutkiewicz (1961) et autres. Ces publications concernent surtout les observations

se rapportant aux processus de gélivation, aux mouvements de masses et au développement de versants. Parmi les publications qui n'ont pas encore parues, il faut mentionner la carte faite par L. Dutkiewicz concernant la répartition des phénomènes périglaciaires dans la région nord-ouest de Sörkapp. Une suite d'observations comparatives ont été faites également par Różycki en Antarctique (1960), Jahn à Alaska (1961a), Olchowik-Kolasińska dans la presqu'île de Kola et le Zabaïkal (1962), Dylik en Laponie suédoise (1963). Ces recherches ont été une riche contribution au développement de la connaissance des phénomènes pléistocènes. Leur apport a été très important en ce qui touche la compréhension de la dynamique du développement des structures de gel, de leur classement et de la distinction des traits caractéristiques des différentes zones du relief.

A côté des études portant sur la morphogenèse périglaciaire et effectuées dans les pays polaires, il faut mentionner les recherches concernant la zone de haute montagne de la Tatra et des Sudètes (Jahn 1958, 1963; Cielińska 1961) où il y a actuellement des conditions climatiques favorisant les actions périglaciaires.

ETUDES EFFECTUEES EN DEHORS DE LA POLOGNE DANS LES PAYS PRESENTANT DES TRACES DU PERIGLACIAIRE FOSSILE

Les études de comparaison effectuées dans d'autres pays situés dans la zone périglaciaire pléistocène ont une valeur toute particulière pour la reconstruction de l'évolution du milieu pléistocène, donc pour la reconstruction des extensions des zones respectives du climat, pour la caractéristique zonale des phénomènes périglaciaires pléistocènes, etc. Dans cette catégorie des travaux on peut mentionner quelques études préliminaires concernant le territoire de la Hongrie, de la Belgique, des Pays-Bas, de la Grande Bretagne, des Etats-Unis, de l'Union Soviétique et même de la Chine (Dylik 1963d; Dylikowa 1961; Maruszczak 1961; Jahn 1961a, Kozarski 1961; Olchowik-Kolasińska 1962 et autres).

PROBLEMES DE TERMINOLOGIE

Dans chaque domaine de science la découverte des lois nouvelles est accompagnée d'une nécessité de création des termes, corrects au point de vue linguistique et correspondant à la notion en question. La géomorphologie périglaciaire, se fondant sur les résultats des études concernant le pergélisol et effectuées dans les pays à pergélisol actuel, est en Pologne

une science relativement nouvelle; elle adapte donc les termes étrangers et d'autre part, surtout en ce qui concerne la géomorphologie quaternaire, elle est obligée de créer ses propres termes, tout à fait originaux.

Lors de la réunion de la Commission de Géomorphologie Périglaciaire au Maroc on attirait l'attention sur le fait que la portée de la notion du périglaciaire n'est pas encore suffisamment précise (Dylik 1962a, Dylikowa 1962). Durant la réunion de la Commission de Géomorphologie Périglaciaire à Paris en 1962 on a présenté l'enquête, adressée à tous les membres de la Commission. Le but principal de cette enquête consiste dans la revue des idées suggérées par le mot „périglaciaire” et des opinions portant sur d'autres termes qui définissent la même notion.

D'autre part quelques termes nouveaux, introduits dans la littérature périglaciaire polonaise méritent d'être mentionnés; il s'agit des termes correspondant aux bases nouvelles de classification des structures du périglaciaire fossile.

Olchowik-Kolasińska (1962) a essayé de définir les notions concernant la formation des structures dans la zone du mollisol et notamment des structures dues à la pression cryostatique (congélistatique) et au gonflement par le gel.

Dylik (1963c) s'est occupé de la terminologie concernant les polygones de fentes de gel (*wieloboki szczelin mrozowych, frost fissure polygons, poligony morozoboynykh trechtchin, Frostspaltenpolygone*). Il distingue deux groupes de polygones en suggérant les termes suivants: 1. *polygones de glace de fente (wieloboki z lodem szczelinowym, ice-wedge polygons, ou fissure-ice polygons, poligony s jilnym ldom, ou poligony s trechtchinnym ldom, Spalteneispolygone)*: 2. *polygones à remplissage minéral (wieloboki z mineralnym wypełnieniem szczelin, sand-wedge polygons, ou ground-wedge polygons, zemlanye jily, ou zemlanye klinya, ou jily zapolneniya, ou psevdomorfozy po ledianym klinyam, Eiskeile)*. En même temps, Dylik propose de définir les polygones fossiles, propres aux terrains des glaciations pléistocènes en ajoutant au terme le mot „structure”.

Les études périglaciaires se développent dans une atmosphère de collaboration avec les savants étrangers. Cette collaboration, extrêmement précieuse, nous paraît un trait tout à fait spécial, propre à ce domaine de géomorphologie. On y trouve sans doute des reflets de l'activité de la Commission de Géomorphologie Périglaciaire de l'UGI qui a contribué à la création des liens personnels ce qui, à son tour, aboutit à des travaux réellement très effectifs. Les manifestations de l'amitié et les preuves d'une véritable collaboration sont diverses. Les réunions internationales tenues en Pologne, en Belgique, au Maroc et en Suède ont donné occasion à des

discussions et à l'échange direct des opinions sur de nombreuses questions analysées sur le terrain. Les études officielles ainsi que les excursions en petits groupes en Belgique, aux Pays-Bas, en France, au Maroc, en Allemagne, en Laponie suédoise, en Pologne, en Grande Bretagne, aux Etats-Unis et à l'Union Soviétique ont contribué à cette oeuvre.

Une des formes très précieuses de la collaboration consistait en études spéciales: la datation à l'aide de la méthode C¹⁴ à Houston, Texas et à Groningue, les analyses polliniques — faites à Louvain et à Moscou, l'interprétation des diagrammes polliniques à Cambridge et à Copenhague.

De même il ne faut pas oublier les discussions par correspondance ni l'échange des publications.

Que tous les Collègues, dont il ne m'est pas possible de mentionner les noms, veuillent trouver ici l'expression de notre reconnaissance pour leur aide et leur collaboration dans le domaine du périglaciaire qui nous unit. S'ils trouvent dans ce compte-rendu quelque chose d'intéressant ou même d'important ce sera la contribution polonaise aux études de nous tous travaillant dans les différents pays du monde.

Bibliographie

- Alexandrowicz, S. 1958 — Struktury peryglacjalne na wapieniach triasowych okolic Tarnowskich Gór i Mierzęcic (résumé: Structures périglaciaires dans les calcaires triasiques aux environs de Tarnowskie Góry et de Mierzęcice). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 6.
- Cielińska, M. 1961 — Comment on quantitative investigations of some processes of modern denudation in the Karkonosze Mountains. *Zeszyty Naukowe Univ. Wrocław*, ser. B, V, nr 8.
- Chmielewska, M., Chmielewski, W. 1960 — Stratigraphie et chronologie de la dune de Witów, distr. de Łęczyca. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 8.
- Chmielewski, W. 1958 — Stan zachowania kości zwierzęcych w osadach jaskini Nietoperzowej w Jerzmanowicach (L'état de conservation des ossements d'animaux recueillis dans la grotte Nietoperzowa de Jerzmanowice). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 6.
- Chmielewski, W. 1961 — Civilisations épipaléolithiques en Pologne Centrale. *Bull. Soc. Sci. Lettr. de Łódź*, vol. 12, nr 8.
- Czeppe, Z. 1961 — Participation of flowing water in creation of the periglacial micro-relief. *Abstracts of Papers, INQUA VIth Congress Poland*.
- Dumanowski, B. 1961 — Cover deposits of the Karkonosze Mountains. *Zeszyty Naukowe Univ. Wrocław*, ser. B, nr 8.
- Dutkiewicz, L. 1961 — Congelifluction lobes on the Southern Hornsund coast in Spitsbergen. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 10.
- Dylik, J. 1951 — Some periglacial structures in Pleistocene deposits of Middle Poland. *Bull. Soc. Sci. Lettr. Łódź*, vol. 3, nr 2.

- Dylik, J. 1952 — Peryglacialne struktury w plejstocenie środkowej Polski (summary: Periglacial structures in the Pleistocene deposits in Middle Poland). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 66.
- Dylik, J. 1956a — Gegenwärtige Probleme der Periglazialforschungen in Polen. *Pet. Geogr. Mitt.*, Bd. 100.
- Dylik, J. 1956b — Struktury peryglacialne w Tarczyniechach i ich znaczenie dla morfogenezy i stratygrafii czwartorzędu (The periglacial structures at Tarczyniechy and their significance for the morphogeny and stratigraphy of the Quaternary). *Biuletyn Peryglacialny*, nr 3.
- Dylik, J. 1956c — Esquisse des problèmes périglaciaires en Pologne. *Biuletyn Peryglacialny*, nr 4.
- Dylik, J. 1956d — Coup d'oeil sur la Pologne périglaciaire. *Biuletyn Peryglacialny*, nr 4.
- Dylik, J. 1957 — Próba porównania powierzchni zrównań w warunkach półsuchych klimatów gorących i zimnych (Tentative comparison of planation surfaces occurring under warm and under cold semi-arid climatic conditions). *Biuletyn Peryglacialny*, nr 5.
- Dylik, J. 1958 — Problematyka badań peryglacialnych Łódzkiej grupy Polskiej Wyprawy na Spitsbergen w 1957 roku (summary: Periglacial investigations conducted by the Łódź group of the Polish Expedition to Spitsbergen). *Przegląd Geofizyczny*, t. 3 (11).
- Dylik, J. 1960a — Rhythmically stratified slope waste deposits. *Biuletyn Peryglacialny*, nr 8.
- Dylik, J. 1960b — Sur le système triparti de la stratigraphie du Pléistocène dans les pays d'accumulation glaciaire. *Biuletyn Peryglacialny*, nr 9.
- Dylik, J. 1961a — Analyse sédimentologique des formations de versant remplissant des dépressions fermées aux environs de Łódź. *Biuletyn Peryglacialny*, nr 10.
- Dylik, J. 1961b — Quelques problèmes du pergélisol en Pléistocène Supérieur. *Bull. Soc. Sci. Lettr. Łódź*, vol. 12, nr 7.
- Dylik, J. 1962a — Introduction à la discussion sur la notion et sur le terme du „périglaciaire”. *Biuletyn Peryglacialny*, nr 11.
- Dylik, J. 1962b — Présentation des cartes mondiales du périglaciaire. *Biuletyn Peryglacialny*, nr 11.
- Dylik, J. 1962c — The Abisko-symposium as outstanding example of an international scientific meeting. *Biuletyn Peryglacialny*, nr 11.
- Dylik, J. 1963a — Traces of thermokarst in the Pleistocene sediments of Poland. *Bull. Soc. Sci. Lettr. Łódź*, vol. 14, nr 2.
- Dylik, J. 1963b — Periglacial sediments of the Św. Małgorzata hill in the Warsaw—Berlin pradolina. *Bull. Soc. Sci. Lettr. Łódź*, vol. 14, nr 1.
- Dylik, J. 1963c — Nowe problemy wiecznej zmarzliny plejstoceńskiej (résumé: Nouveaux problèmes du pergélisol pléistocène). *Acta Geogr. Lodziensia*, 17.
- Dylik, J. 1963d — Problèmes périglaciaires en Hongrie. *Biuletyn Peryglacialny*, nr 12.
- Dylik, J., Dylikowa, A. 1960 — Compte-rendu des excursions du 19 au 30 septembre 1958. *Biuletyn Peryglacialny*, nr 8.
- Dylik, J., Raynal, R. 1958 — Program prac Komisji Geomorfologii Peryglacialnej (Programme de travail de la Commission de Géomorphologie Périglaciaire). *Biuletyn Peryglacialny*, nr 6.

- Dylik, J., Raynal, R. 1962 — Compte-rendu de l'activité de la Commission de Géomorphologie Périglaciaire pendant le XIX^e Congrès International de Géographie, Norden 1960. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 11.
- Dylikowa, A. 1956 — Kliny zmarzlinowe w Sławęcinie (summary: The ice-wedges at Sławęcin). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 3.
- Dylikowa, A. 1961 — Structures de pression congélistatique et structures de gonflement par le gel de Katarzynów près de Łódź. *Bull. Soc. Sci. Lettr. Łódź*, vol. 12, nr 9.
- Dylikowa, A. 1962 — Notion et terme „périglaciaire”. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 11.
- Dziewański, J., Starkel, L. 1963 — Relationship between fluvial and solifluction accumulation as a criterion for the dating of Quaternary terraces in the Carpathians. *Report of the VIth International Congress on Quaternary, Warsaw 1961*, vol. 3, Łódź.
- Filipiuk, A. 1960 — Kliny zmarzlinowe w Podzamczu (summary: Ice-wedges in Podzamcze). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 7.
- Halicki, B. 1951 — Rola lodu gruntowego w kształtowaniu plejstocénских form peryglacjalnych (summary: The role of ground ice in shaping Pleistocene periglacial forms). *Acta Geol. Polonica*, vol. 2.
- Halicki, B. 1957 — Kongeliflukcja i soliflukcja w Karpatach (Congelifluction and solifluction in the Carpathians). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 5.
- Halicki, B. 1960 — O różnej genezie strukturalnych deformacji osadów w środowisku hydroplastycznym (Sur la différente genèse des déformations structurales des sédiments dans un milieu hydroplastique). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 7.
- Jahn, A. 1951 — Zjawiska krioturbacyjne współczesnej i plejstocénskiej strefy peryglacjalnej (summary: Cryoturbate phenomena of the contemporary and of the Pleistocene periglacial zone). *Acta Geol. Polonica*, vol. 2.
- Jahn, A. 1956 — Some periglacial problems in Poland. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 4.
- Jahn, A. 1958a — Mikrorelief peryglacjalny Tatr i Babiej Góry (Periglacial microrelief in the Tatras and on the Babia Góra). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 6.
- Jahn, A. 1958b — O niektórych badaniach geograficznych polskiej wyprawy naukowej na Spitsbergenie (summary: Report on some geographical investigations carried out by the Polish Scientific Spitsbergen Expedition). *Przegląd Geogr.*, t. 30.
- Jahn, A. 1960a — Czwartorzęd Sudetów (Quaternaire des Sudètes). VII rozdz. Regionalna Geologia Polski, t. 3, Sudety, Pol. Tow. Geol.
- Jahn, A. 1960b — The oldest periglacial period in Poland. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 9.
- Jahn, A. 1961a — Problemy geograficzne Alaski w świetle podróży naukowej odbytej w 1960 roku (summary: Geographical problems of Alaska in the light of a research journey made in 1960). *Czas. Geogr.*, t. 32.
- Jahn, A. 1961b — Quantitative analysis of some periglacial processes in Spitsbergen. *Zeszyty Naukowe Univ. Wrocław, Nauka o Ziemi*, nr 2.
- Jahn, A. 1963 — Gleby strukturalne Czarnego Grzbietu i problem utworów pylastych w Karkonoszach (summary: The structural soil of the Czarny Grzbiet and the problem of „loess-like” sediments in the Karkonosze Mts.). *Acta Univ. Wratislaviensis*, no. 9.
- Jahn, A., Dumanowski, B. 1963 — Przewodnik do wycieczki Sudeckiej P.T.G. (Guide de l'excursion dans les Sudètes). Wrocław.

- Jahn, A., Szczepankiewicz, S. 1958 — Prace geomorfologiczno-peryglacialne prowadzone na północ od Fiordu Hornsund w lecie 1957 roku (summary: Geomorphological and periglacial researches carried out north of Hornsund Fiord, Spitsbergen, in Summer 1957). *Przegląd Geofizyczny*, vol. 3 (11).
- Klaczynska, K. 1960 — Dwudzielnosc ilow warwowych nad Bugo-Narwia (résumé: Bipartition des argiles à varves au bord de la Bugo-Narew). *Biuletyn Peryglacialny*, nr 7.
- Klatka, T. 1958 — Zagadnienie pasow kamienistych na poludniowym wybrzezu Hornsundu (résumé: Le problème des bandes de pierres sur la côte sud de Hornsund). *Przegląd Geofizyczny*, vol. 3 (11).
- Klatka, T. 1961a — Importance stratigraphique des couvertures périglaciaires des Monts de la Ste Croix. *Abstracts of Papers INQUA VIth Congress, Poland*.
- Klatka, T. 1961b — Indices de structure et de texture des champs de pierres des Łysogóry. *Bull. Soc. Sci. Lettr. Łódź*, vol. 12, nr 10.
- Klatka, T. 1961c — Problèmes des sols striés de la partie septentrionale de la presqu'île de Sörkapp (Spitsbergen). *Biuletyn Peryglacialny*, nr 10.
- Klatka, T. 1962 — Geneza i wiek gołoborzy łysogórskich (résumé: Champs de pierres de Łysogóry. Origine et âge). *Acta Geogr. Lodzienia*, 12.
- Klatkova, H. 1957 — The geomorphologic role of congelifluction and down-wash in areas of glacial accumulation. *Résumés de comm. de l'INQUA V Congrès, Madrid—Barcelona*.
- Klimaszewski, M. 1958 — Pleistocene outcrop at Dobra near Limanowa, Carpathian Mts. *Bull. Acad. Pol. Sci., sér. chim., géol., géogr.*, t. 6, nr 5.
- Klimaszewski, M. 1959 — Bemerkungen und Gedanken zu Studien über die Periglacial-Erscheinungen in Mitteleuropa. *Ztschr. f. Geomorphologie*, Bd. 3.
- Klimaszewski, M. 1960 — Studia geomorfologiczne w zachodniej części Spitsbergenu między Kongs-Fjordem a Eidem-Bukta (Geomorphological studies of the western part of Spitsbergen between Kongsfjord and Eidembukta). *Zeszyty Naukowe Univ. Jagiell., Prace Geogr., Seria Nowa*, z. 1.
- Kozarski, S. 1958 — Warstwowe osady stokowe w okolicach Chodzieży (summary: Stratified slope deposits near Chodzież). *Biuletyn Peryglacialny*, nr 6.
- Kozarski, S. 1961 — Fossil congelifluction covers in the northern part of the Lushan (Central China). *Biuletyn Peryglacialny*, nr 10.
- Lamparski, Z. 1961 — Zmarzlinowo-pęcznieniowe struktury peryglacialne w Bądkowie Kościelnym nad Skrwą (summary: The periglacial structures at Bądkowo Kościelny on the Skrwą River). *Prace o plejstocenie Polski Środkowej*, Warszawa.
- Laskowska, W. 1960 — Kopalne struktury poligonalne na glinach zwałowych (summary: Fossil polygonal structures in boulder clay). *Biuletyn Peryglacialny*, nr 7.
- Laskowska, W. 1961 — Struktury peryglacialne i współczesne formy mrozowe w warstwach gruzowych wapieni w okolicach Częstochowy (summary: Fossil periglacial structures and recent pattern ground in weathered limestone debris near Częstochowa, Southern Poland). *Prace o plejstocenie Polski Środkowej*, Warszawa.
- Lyczewska, J. 1960 — Formy graniaków wśród osadów zwietrzelinowych Gór Świętokrzyskich (summary: Forms of ventifacts in weathering deposits of Święty Krzyż Mts.). *Z badań czwartorzędu w Polsce*, t. 9. *Biul. Inst. Geol.*, nr 156.

- Malicki, A. 1957 — Löss und lössähnliche Bildungen in den Karpathen. *Résumés de comm. de l'INQUA V Congrès, Madrid—Barcelona*.
- Malinowski, J., Mojski, J. E. 1960 — Przekrój lessu w Sąsiadce koło Szczepieszyna na Roztoczu (summary: Geologic section of the loess at Sąsiadka near Szczepieszyn in the Roztocze Range). *Biul. Inst. Geol.*, nr 156.
- Maruszczak, H. 1960a — Peryglacialne utwory pokrywowe na obszarze Wzgórz Szeskich (Formations périglaciaires de couverture sur le territoire des Collines Szeskie). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 7.
- Maruszczak, H. 1960b — Utwory pokrywowe plejstocenijskiej tundry plamistej na obszarze Polski północnej i środkowej (résumé: Dépôts de couverture de la toundra tachetée du Pléistocène en Pologne du Nord et en Pologne Centrale). *Ann. Univ. M. Curie Skłodowskiej*, vol. 14, nr 1, 1959.
- Maruszczak, H. 1961 — Phénomènes périglaciaires dans le Pirin et sur la Vitocha (Bulgarie). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 10.
- Michalska, Z. 1957 — Struktury peryglacialne w osadach zbiornika interstadialnego w Gąskach koło Ciechanowa (Periglacial structures in the sediments of the interstadial natural reservoir in Gąski near Ciechanów). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 5.
- Mojski, J. E. 1956 — Less i inne utwory geologiczne okolic Hrubieszowa (summary: Loess and other geological deposits in the vicinity of Hrubieszów). *Biul. Inst. Geol.*, nr 100.
- Mojski, J. E. 1957 — Struktury krioturbacyjne i utwory pokrywowe w okolicy Piasek Luterskich (summary: Cryoturbation structures and cover formations in the vicinity of Piaseki Luterskie. Lublin Upland). *Biul. Inst. Geol.*, nr 118.
- Mojski, J. E. 1958 — Struktury krioturbacyjne na tarasach Wisły w okolicy Włocławka (Cryoturbate phenomena in Vistula terraces in the region of Włocławek). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 6.
- Mojski, J. E. 1961a — Stratigraphy of cryoturbate structures in the Würm-age deposits in the southern part of the Dorohucz basin (Lublin Upland). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 10.
- Mojski, J. E. 1961b — Importance of some periglacial deposits and structures for the stratigraphy of Quaternary in Poland. *Abstracts of Papers INQUA VIth Congress, Poland*.
- Mojski, J. E., Trembaczowski, J. 1961 — Przekrój geologiczny utworów czwartorzędowych w Susznie koło Włodawy (summary: Geologic cross-section of Quaternary deposits at Suszno near Włodawa on the Bug River). *Biul. Inst. Geol.*, nr 169.
- Olchowik-Kolasińska, J. 1958 — Uwagi o zmianie niektórych terminów w literaturze rosyjskiej (Some remarks about changes in the nomenclature applied in the Russian literature). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 6.
- Olchowik-Kolasińska, J. 1962 — Genetyczne typy struktur czynnej strefy zmarzliny (résumé: Classification génétique des structures de mollisol). *Acta Geogr. Lodziana*, nr 10.
- Péwé, T. L. 1959 — Sand-wedge polygons (Tessellations) in the McMurdo Sound Region, Antarctica — a progress report. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 257.
- Péwé, T. L. 1962 — Ice wedges in permafrost, Lower Yukon River near Galena, Alaska. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 11.

- Piasecki, H. — Slope formations of the Kaczawa foot-hills. *Abstracts of Papers INQUA VIth Congress, Poland*.
- Pierzchałko, Ł. 1957 — Fossil gullies and small periglacial valleys in Poland. *Résumés de comm. de l'INQUA V Congrès, Madrid—Barcelona*.
- Raczkowski, W. 1960 — Less w okolicach Henrykowa na Dolnym Śląsku (Loess in the region of Henryków in Lower Silesia). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 7.
- Radłowska, C. 1960 — W sprawie lessu na międzyrzeczu Kamiennej i Krępianki (summary: Loess in the watershed area between the Kamienna River and the Krępianka River). *Przegl. Geogr.*, t. 32.
- Radłowska, C. 1963 — Rzeźba północno-wschodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich (résumé: Relief de la bordure nord-est des Montagnes de Ste Croix). *Prace Geogr. IG PAN*, nr 38.
- Rotnicki, K. 1961 — Periglacial slope planations and equiplanation surfaces in Ostrzeszów Hills (push end moraine of the Warta stage). *Abstracts of Papers INQUA VIth Congress, Poland*.
- Różycki, S. Z. 1957a — Peryglacjalne deformacje kości długich niedźwiedzia (Déformation périglaciaire des os longs de l'ours). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 5.
- Różycki, S. Z. 1957b — Strefowość rzeźby i zjawiska peryglacjalne na Ziemi Torella. Spitsbergen (Zones du modelé et phénomènes périglaciaires de la Terre de Torell. Spitsbergen). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 5.
- Różycki, S. Z. 1961 — Changements pléistocènes de l'extension de l'inlandsis en Antartide Orientale d'après l'étude des anciennes plages élevées de l'Oasis Bunger (Q.M.L.). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 10.
- Szczepankiewicz, S. 1958 — Peryglacjalny rozwój stoków masywu Ślęży (summary: Periglacial slope development in the Ślęża massive). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 6.
- Szczepankiewicz, S. 1960 — Rzeźba niektórych dolin w Ziemi Wedel Jarlsberg (summary: Relief of some of the valleys of Wedel-Jarlsberg). *Czas. Geogr.*, t. 31.
- Szczepankiewicz, S. 1961 — Progress of youthful sedimentation in the region of Hornsund. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 10.
- Starkel, L. 1957 — Rozwój morfologiczny progu Pogórza Karpackiego między Dębicą a Trzycianą (summary: Morphological development of the escarpment of the Pogórze Karpackie between Dębica and Trzyciana). *Prace IG PAN*, nr 11. Warszawa.
- Starkel, L. 1960 — Periglacial covers in the Beskid Wyspowy (Carpathians). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 8.
- Straszewska, K. 1961 — Struktury spływowe oraz zaburzenia peryglacjalne ilów warwowych w Michalinie koło Wyszkowa (summary: Flow structures and periglacial disturbances in varved clays at Michalin near Wyszów. Central Poland). *Prace o plejstocenie Polski Środkowej*, Warszawa.

Giuseppe Nangeroni

Milano

RAPPORTS SUR LES ETUDES ET LES TRAVAUX
CONCERNANT LES PHENOMENES PERIGLACIAIRES
APPARUS EN ITALIE DE 1956 A 1963

Sommaire

L'activité s'est développée en plusieurs directions: de l'examen et de la découverte de quelques phénomènes périglaciaires actuels jusqu'à l'étude des rapports entre les formes périglaciaires et la végétation, à l'examen des problèmes concernant la phénoménologie périglaciaire dans le Quaternaire, aux problèmes de synthèse régionale concernant l'Italie, et à des questions de terminologie. Ici, on va examiner les dix travaux parus entre les années 1956 et 1963.

(A) Sur les phénomènes périglaciaires actuels nous trouvons deux travaux concernant deux localités alpines, c'est-à-dire un coin de la vallée d'Aoste et un coin de la haute Valtelline.

(1) C. F. Capello, M. L. Chionetti, C. Origlia — I fenomeni crionivali nelle Valli di Prè St. Didier (Valle d'Aosta). *Pubbl. Univ. di Torino, Istit. di Geografia*, Ser. A, vol. 4, 1958, Torino.

Ce sont 4 travaux qui apportent une remarquable contribution à l'étude des phénomènes cryonivaux dans les Alpes Occidentales, dans un milieu lithologique mêlé, mais avec prépondérance de schistes calcaires. Les phénomènes le plus souvent observés, décrits et analysés sont: les buttes gazonnées, les coulées limoneuses et boueuses, les „Massi Contornati”, les sols striés sur de faibles pentes qui sur la plaine se transforment en sols polygonaux et circulaires, dénonçant une origine commune, les coulées de pierres, les „pietraie semoventi”, les bassins de nivation, etc. On a dédié une étude aux conditions anémologiques et, une autre, aux recherches botaniques sur les buttes gazonnées dans la région du Petit-Saint-Bernard, pour déterminer les rapports entre ces deux phénomènes et la présence, la forme et la direction des buttes gazonnées. Il a été possible d'en donner une représentation cartographique.

(2) A. Pietracaprina — I fenomeni crionivali nell'alta Valle del Braulio. *L'Universo*, Firenze 1963.

L'auteur examine de nombreux et variés phénomènes périglaciaires que l'on observe dans la Vallée du Braulio (Stelvio) et propose quelques explications d'après des mesures exactes de température et l'examen du

sol sur lequel ces phénomènes se manifestent. Le même auteur est en train de poursuivre ce travail, et il se propose de préparer un mémoire pour le Congrès Géographique International de Londres en 1964.

(B) Sur les rapports entre les formes périglaciaires et la végétation nous avons deux remarquables articles, brefs mais chargés de concepts, tous les deux concernant des localités alpines des Alpes Rhétiques.

(3) A. Pirola — I fenomeni crionivali come fattori limitanti lo sviluppo della vegetazione in altitudine. *Boll. Istit. Botanico Univ. di Catania*, II/I, Catania 1957.

L'auteur cite de nombreux exemples qui contribuent à illustrer les relations entre la végétation et les phénomènes cryonivaux. Parmi ceux-ci il examine surtout les sols à buttes gazonnées, les sols à pipkrakes, les coulées de pierres. La remarquable abondance de *Carex curvula* dans ce milieu pionnier permet de parler de rassemblement qui peut rentrer dans le classique *Caricetum curvulae*.

(4) V. Giacomini, A. Pirola — Osservazioni geobotaniche su alcuni esempi di fenomeni crionivali delle Alpi Retiche. *Boll. Istit. Botanico Univ. di Catania*, II/I, Catania 1957.

La présence de phénomènes cryonivaux détermine souvent quelques sensibles modifications floristiques. Par exemple, dans les sols polygonaux, les pulvinées s'installent de préférence au centre des grands polygones où l'on trouve surtout une quantité considérable de matériel fin; dans les sols à stries parallèles, le normal *Thlaspetum rotundifolii* est remplacé par la *Poa minor* et par quelques autres végétaux, peu nombreux. De nombreux autres exemples sont cités concernant surtout les buttes gazonnées.

(C) Sur les problèmes de phénoménologie périglaciaire quaternaire il y a deux travaux: l'un de Mancini concernant une localité dans les Apennins de Toscane, et l'autre de Nangeroni concernant la bordure du Piedmont Lombard (Glaciation Günz et Mindel).

(5) F. Mancini — I terrazzi quaternari del fiume Lima (App. Toscana). *Rivista Geogr. Italiana*, 65/4, Firenze 1958.

Dans la haute vallée de la Lima, sous l'Abetone, il y a des matériaux grossiers (de *macigno*), moyens et fins, pas arrondis, considérés auparavant comme morainiques; mais il est, peut-être, plus logique d'y voir des éboulis glissés en milieu climatique périglaciaire (solifluxion par action cryonivale).

Asymétrie de la vallée du Sestaione due, à l'origine, à la structure attribuable à l'action cryonivale: versant en ubac gélif qui a fourni du ma-

tériel abondant aux ruisseaux et, par conséquent, glacis d'érosion périglaciaire; rien sur le versant en adret.

Les trois terrasses sont climatiques, associées à l'épirogenèse (sédimentation anaglaciale, toujours plus grossière au fur et à mesure que le phénomène glaciaire s'intensifiait; érosion cataglaciale).

(6) G. Nangeroni — Quelques phénomènes périglaciaires préwürmiens de la bordure sud des Alpes. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 9, Łódź 1960.

Des plis quaternaires ont été observés au pied des Préalpes Lombardes affectant des moraines de Günz et les alluvions günziennes entre Varese et Milan.

Elles sont toutes couvertes par des couches horizontales interglaciaires qui, à leur tour, sont recouvertes par des moraines de Mindel. On peut les interpréter comme un effet cryonival, probablement günzien; mais on peut les interpréter aussi comme conséquence de pressions diverses qui, parmi les glaciers mindéliens, se sont exercées sur les moraines günziennes.

Deux plis affectent la moraine du Günz et pénètrent verticalement en pointe dans la moraine de Mindel, extrêmement décalcifiée et ferretisée, tandis que la moraine de Günz est très riche en cailloux calcaires. Cela signifie que le phénomène s'est produit non seulement après le Mindel, mais aussi après la ferretisation de la moraine mindélienne, donc, peut-être, dans le Riss.

(D) Sur les problèmes régionaux ont paru des travaux de synthèse concernant toute l'Italie, dus à Nangeroni.

(7) G. Nangeroni — Rapporto sugli studi eseguiti in Italia da italiani sui fenomeni periglaciali. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 5, Łódź 1957.

C'est une synthèse de travaux poursuivis en Italie sur les phénomènes périglaciaires actuels et quaternaires, présentée au Congrès Géographique International de Rio de Janeiro (1956). Outre l'information bibliographique complète, l'auteur présente un tableau avec la terminologie comparée italienne et française avec les définitions de chaque phénomène. On y a ajouté une liste de géographes et de géologues qui, en Italie, se sont intéressés ou s'intéressent actuellement à l'étude de ces phénomènes.

(8) G. Nangeroni — I fenomeni periglaciali in Italia. *Atti Accad. Roveretana degli Agiati*, 208, Ser. VI, vol. 1, fasc. B, Rovereto 1959.

Ces sont quelques pages de synthèse sur la distribution des phénomènes périglaciaires connus en Italie. Leur intérêt réside dans une carte de l'Italie avec la représentation et la localisation des phénomènes périglaciaires actuels et antérieurs à la période actuelle.

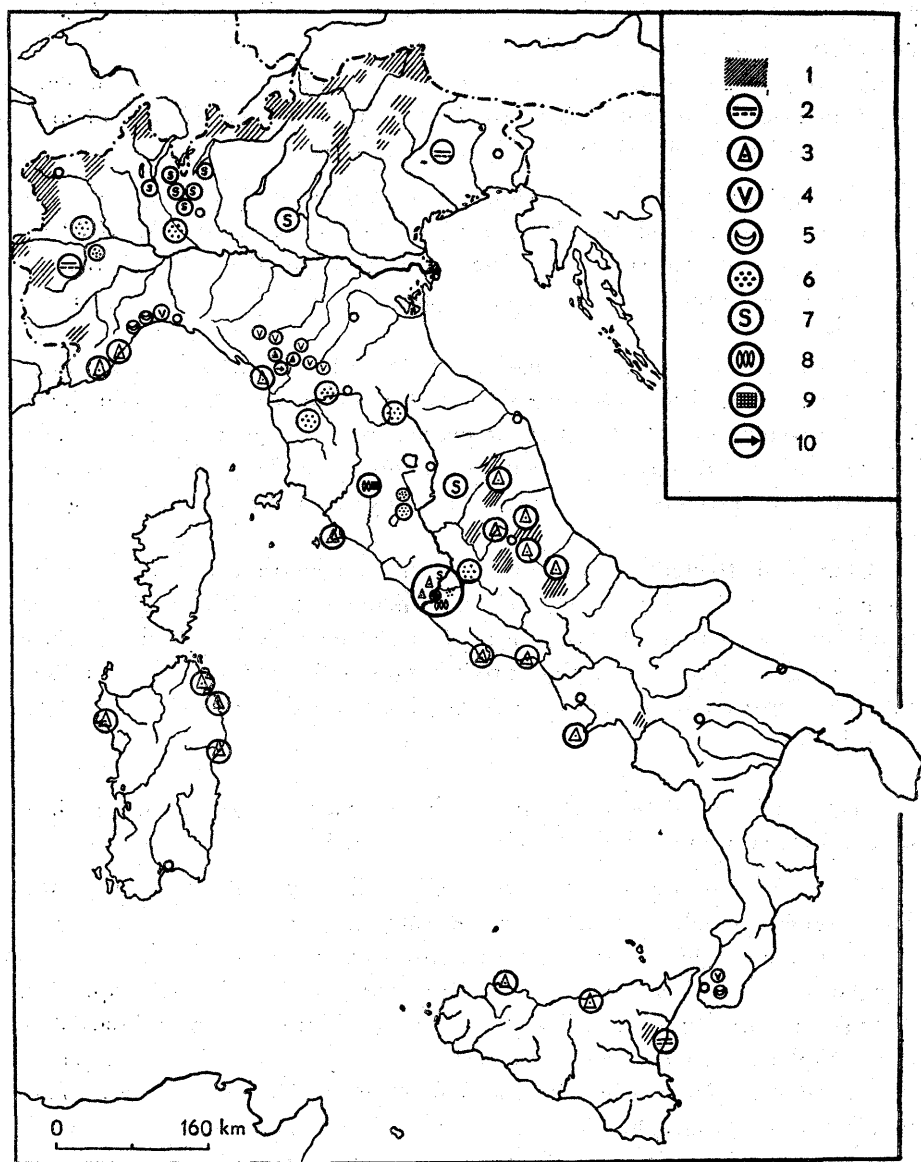


Fig. 1. Carte des phénomènes périglaciaires observés en Italie

1. régions des phénomènes périglaciaires actuels; 2. coulées boueuses; 3. éboulis ordonnés; 4. niches de nivation et cryo-karst; 5. arcs détritiques pseudomorainiques; 6. coulées des pierres et mers de roches; 7. plications; 8. pierres redressées; 9. dallages de pierres; 10. vallées dissymétriques



Fig. 2. (suite)

(E) Sur la terminologie générale et spécifique il existent deux remarquables travaux de Capello.

(9) C. F. Capello — Periglaciaie o crionivale. *Istit. di Geografia, Univ. di Torino*, 1960.

L'auteur discute sur le vrai sens du terme *périglaciaire* qui, selon lui n'est pas apte à exprimer l'ensemble des phénomènes dépendant du pergélisol discontinu, parce que, en effet, il signifie, étymologiquement „autour des glaciers”, et il est connu qu'il y a des phénomènes là aussi où les glaciers n'existent pas. Il propose d'employer officiellement le terme *cryonival*, d'autre part déjà en usage. Donc, le terme *périglaciaire* essentiellement topographique, serait remplacé officiellement par le terme climatique *cryonival*.

(10) C. F. Capello — Terminologia e sistematica dei fenomeni dovuti al gelo discontinuo. *Univ. Torino, Pubbl. Facoltà Magistero*, 17, Torino 1960.

Il s'agit là d'un ouvrage traitant de tout ce qui concerne la phénoménologie périglaciaire. Le travail, de 320 pages, comprend quatre parties. Dans la 1^e partie, l'auteur s'occupe de la dénomination générale de la phénoménologie, en considérant surtout les termes: *crypédologie*, *périglaciaire* et *cryonival*. Au terme de ses réflexions, il souhaite qu'on reconnaisse officiellement l'opportunité de limiter le sens du terme *périglaciaire* à ce que celui-ci exprime étymologiquement en réalité, c'est-à-dire au sens topographique, et le terme *cryonival* serait attribué seulement aux faits morphologiques. Dans la 2^e partie, il discute sur les actions cryonivales et le modelé cryonival en partant des définitions et de la terminologie, examinées aussi sous l'aspect historique et linguistique. C'est cet examen qui donne une valeur tout exceptionnelle au travail. Dans la 3^e partie, l'auteur examine les morphologies cryonivales, en particulier, en distinguant les formes qui ont apparû dans les Rapports Officiels préliminaires, et des formes additionnelles de Troll, de Poser, de Tricart, de Cailleux, de Nangeroni et d'autres auteurs. Dans la dernière partie, après avoir examiné les schémas et passé en revue des classifications proposées par les auteurs italiens et non italiens, il présente une nouvelle classification fondée essentiellement sur la genèse et la structure.

Cette remarquable oeuvre s'accompagne d'une abondante liste bibliographique et de 4 index. Tout cela indique que l'auteur a bien voulu entrer dans le vif des questions sur le périglaciaire, en les faisant envisager sous le point de vue linguistique, historique et morphogénétique.

A. Pissart *

Liège

AVANCEMENT DES RECHERCHES PERIGLACIAIRES EN BELGIQUE DE 1956 A 1963

En 1956, R. Maréchal¹ a rassemblé pour le *Biuletyn Peryglacjalny* l'ensemble des connaissances sur le périglaciaire de la Belgique. Nous complétons ici cet ouvrage pour la période 1956 à 1963 en donnant la liste des travaux traitant du même sujet, avec pour chacun un bref résumé.

Les études parues peuvent être groupées en cinq ensembles d'après l'objet auquel elles se rapportent.

CONNAISSANCE DU QUATERNAIRE

Les travaux de F. Gullentops, W. Mullenders, J. de Ploey, E. M. Dricot et J. Alexandre ont apporté des précisions sur la stratigraphie du Quaternaire, la succession de phases morphologiques pendant les périodes froides, spécialement grâce à l'étude combinée de la palynologie, la sédimentologie et la géomorphologie. Le travail de J. de Ploey, apporte en outre une contribution importante à la connaissance des sables de couverture.

LES DEPOTS D'ORIGINE LOESSIQUE

Les publications de G. Manil, F. Bourguignon et F. Delecour ont contribué à accroître la connaissances des loess de Belgique. Plusieurs loess würmiens, rissiens et d'autres plus anciens, probablement d'âge mindelien ont été décrits. La disparité des observations ne permet pas encore d'établir une stratigraphie susceptible d'être acceptée par tous.

* Laboratoire de Géographie Physique de l'Université de Liège.

¹ R. Maréchal, 1956 — L'étude des phénomènes périglaciaires en Belgique. *Biuletyn Peryglacjalny*, n° 4; p. 83—98.

FENTES DE GEL

Des fentes de gel très profondes, déjà signalées dès 1949 par P. Macar et W. van Leckwijck, ont été étudiées en plusieurs autres endroits par les mêmes auteurs, aussi que par A. Pissart et G. Manil. Ce dernier a examiné avec grand détail le matériel de remplissage de ces fissures.

LES TERRASSES FLUVIATILES

Sous la direction de P. Macar, les terrasses et les aplanissements quaternaires des principales rivières de la Haute Belgique ont été étudiés. Il s'agit des travaux de J. Alexandre, A. Chapelier, A. M. Clairbois, C. Ek, A. Hufty, P. Macar, A. Pissart et G. Seret. Cet études aboutissent à la distinction d'une dizaine de niveaux de terrasses. Ceux-ci sont interprétés comme d'origine climatique et d'âge périglaciaire, spécialement en raison du fait que des aplanissements quaternaires sont associés à chacun de ces niveaux.

DIVERS

Des phénomènes divers ont attiré en outre l'attention des chercheurs: J. Alexandre, en plus des questions évoquées plus haut, a abordé les problèmes de l'évolution des pentes, de la résistance des roches de l'Ardenne au climat périglaciaire, et de l'origine des vallons asymétriques; H. Beghin s'est intéressé aux vallons à fond plat, A. Pissart aux traces de pingos et V. Tonnard aux coulées pierreuses.

L'ensemble de ces travaux marque une accélération de la recherche périglaciaire dans notre pays, les études étant actuellement plus nombreuses et plus poussées. Soulignons encore combien l'utilisation de la palynologie contribue à accroître la connaissance de la stratigraphie et la paléoclimatologie du Quaternaire.

RESUMES DES ARTICLES PARUS APRES 1956

Alexandre, J. 1957 — Les niveaux de terrasses de la Haute Belgique. Méthodes d'études récentes. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 80; p. 299—316.

L'auteur discute entre autres des phases morphologiques qui se sont succédées au cours d'une même période froide et distingue en tous cas des périodes de solifluxion, de ruissellement et d'érosion normale. Décrivant ensuite les aplanissements quaternaires qui ont été façonnés

pendant les périodes froides en rapport avec les terrasses, il étudie leur utilisation éventuelle dans la reconstitution des profils longitudinaux successifs des rivières.

Alexandre, J. 1957 — Les terrasses des bassins supérieurs de l'Ourthe et de la Lesse. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 80; p. 317—332.

Description des terrasses de ces deux rivières et influence des phases périglaciaires sur celles-ci.

Alexandre, J. 1958 — Le modelé quaternaire de l'Ardenne Centrale. *Mém. Soc. Géol. Belg.*, t. 81; p. M 213—M 331.

Mémoire important où est décrite l'influence de la cryergie (gélivation et solifluxion) sur le relief de l'Ardenne. L'auteur y aborde notamment les questions suivantes:

(a) une inclinaison des versants de plus de 18° , les immuniserait de l'action de la cryergie,

(b) la formation en climat périglaciaire d'aplanissements partiels locaux qui se raccordent au sommet d'anciennes plaines alluviales,

(c) l'origine des vallées asymétriques, et leurs caractères,

(d) la distinction au cours des périodes froides et tempérées du Quaternaire de phases différentes et successives de solifluxion, de ruissellement et d'érosion normale,

(e) les terrasses des rivières auraient une origine climatique et seraient périglaciaires.

Alexandre, J. et Macar, P. 1960 — Excursion du jeudi 11 juin 1959: Liège — Baraque de Fraiture — Laroche — Rochefort — Liège. *Biuletyn Peryglacjalny*, n° 9; p. 187—197.

Excursion consacrée aux phénomènes périglaciaires de l'Ardenne: aplanissements quaternaires, traces de pingos, vallées asymétriques, grèzes litées, etc...

Alexandre, J. 1960 — La succession probable des phases morphologiques au cours d'un cycle quaternaire en Haute Belgique. *Biuletyn Peryglacjalny*, n° 9; p. 63—72.

Exposé des idées défendues en 1957 et 1958, suivi d'une discussion.

Beghin, H. 1960 — Vallon à fond plat et à forte pente longitudinale. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 83; p. 285—297.

Etude de ces vallons pour lesquels une origine périglaciaire est suggérée.

- Bourguignon, P. et Delecour, F. 1961 — Superposition de loess dans l'Entre-Sambre et Meuse. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 84; p. 377—400.

Description d'une coupe montrant la superposition de 3 loess altérés, séparés par des horizons de solifluxion. Des traces de phénomènes périglaciaires sont observées dans le limon inférieur, affecté de fentes de gel disposées en réseau polygonal. Analyses granulométriques et minéralogiques de ces dépôts dont l'âge n'est vraisemblablement pas anté-würmien.

- Chapelier, A. 1957 — Nouvelles observations sur les niveaux de terrasse de la Vesdre. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 80; p. 379—394.

Description de terrasses et de niveaux d'aplanissement quaternaire.

- Clairbois, A. M. 1959 — L'évolution de la Meuse entre Liège et Anseremme au cours du Quaternaire. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 82; p. B 213—233.

Etude des terrasses et des aplanissements quaternaires.

- De Ploey, Jan 1961 — Morfologie en Kwartair — Stratigrafie van de Antwerpse Noorderkempen (avec résumé français). *Acta Geogr. Lovaniensia*, vol. 1; p. 1—126, Louvain.

Mémoire fort important se rapportant à la stratigraphie du Quaternaire. L'examen du relief accompagné de l'étude sédimentologique et palynologique détaillée des formations récentes de la Campine septentrionale sert de base à la reconstitution de l'évolution de cette région au cours de la dernière glaciation. Les modifications climatiques qui se sont succédées au cours du Würm sont reconnues avec beaucoup de précision.

- Dricot, E. M. 1961 — Microstratigraphie des Argiles de Campine. *Bull. Soc. Belge Géol.*, t. 70; p. 113—133.

L'étude des argiles de Campine par les techniques palynologiques, des minéraux lourds, et les observations de terrain permet à l'auteur de montrer que ces sédiments se sont mis en place pendant des interglaciaires séparés par une phase froide. Cette dernière est mise en évidence, entre autres, par l'arrivée de sables de couverture et la formation de fentes en coin.

- Ek, C. 1957 — Les terrasses de l'Ourthe et de l'Ambève inférieures. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 80; p. 333—353.

Description des terrasses et des quatre surfaces d'aplanissement partiel du vallon de Presseux, formes dues à la solifluxion et au ruissellement périglaciaires.

Gullentops, F. et Mullenders, W. 1956 — Evolution de la végétation et de la plaine alluviale de la Dyle à Louvain, depuis le Pleni-Würm. *Bull. Soc. Belg. Géol.*, t. 66; p. 86—95.

Etude du remblaiement de la vallée de la Dyle, permettant de reconstituer l'histoire de cette vallée depuis le Pleni-Würm. L'auteur distingue une érosion maximum pendant cette période, en relation avec l'abaissement du niveau marin, un remblaiement dû à l'arrivée des sables de couverture, l'édification d'une tourbière qui a persisté du tardi-glaciaire jusqu'à l'Atlantique, et enfin un apport de limon dû à l'érosion sous la forêt atlantique.

Gullentops, F. 1957 — Quelques phénomènes géomorphologiques depuis le Pleni-Würm. *Bull. Soc. Belg. Géol.*, t. 66; p. 86—95.

Description de dunes paraboliques anciennes datant du tardiglaciaire donnant des indications sur la direction du vent et l'importance de la couverture végétale et donc le climat de cette époque.

Etude du remblaiement de la vallée de la Dyle, et exposé des résultats donnés déjà en 1956.

Gullentops, F. 1957 — Stratigraphie du Pléistocène supérieur en Belgique. *Géologie en Mijnbouw*, 19-ème année; p. 305.

Mise au point des connaissances actuelles établies sur la base des dépôts et des paléosols.

Gullentops, F. 1960 — Quelques indices de cycles climatiques au Pléistocène inférieur et moyen en Belgique. *Biuletyn Peryglacjalny*, n° 9; p. 91—95.

L'auteur montre que le grand „cône alluvial” de la Meuse en Campine est certainement périglaciaire. Le sol d'As qui le recouvre indique un réchauffement du climat après cette période, réchauffement correspondant probablement au Mindel—Riss. Le Hennuyen serait ensuite survenu.

L'auteur expose sur quelles bases est établie la chronologie du Quaternaire en Belgique; il discute plus loin des processus responsables des aplanissements quaternaires.

Hufty, A. 1958 — Formes quaternaires dans le bassin de la Semois Jurassique. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 81; p. B 441—455.

Etude des terrasses et des aplanissements quaternaires.

Macar, P. 1957 — Résultats d'ensemble d'études récentes sur les terrasses fluviales et les formes d'érosion associées en Haute Belgique. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 80; p. 395—412.

Discussion à propos du nombre de niveaux de terrasse et défense de l'hypothèse que ces niveaux sont climatiques et correspondent à des périodes périglaciaires.

Macar, P. et Alexandre, J. 1958 — Compte-rendu de la session extraordinaire de la Société Géologique de Belgique et de la Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, tenue à Liège, Trois-Ponts et Laroche du 20 au 23 septembre 1957. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 81; p. 1—107.

Compte-rendu d'excursion en Ardennes où furent montrés et discutés, entre autres, des problèmes de géomorphologie périglaciaire, comme les aplanissements quaternaires, les traces de pingos, les coulées pierreuses, les vallées asymétriques, etc.

Macar, P. et Van Leckwijck, W. 1958 — Les fentes à remplissage de la région liégeoise. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 80; p. B 359—B 408.

Description d'une quarantaine de fentes à remplissage aux environs de Liège. Il s'agit de crevasses de gel de grandes dimensions (certaines atteignent 11 m de profondeur) datant du Quaternaire inférieur.

Manil, G. et Delecour, F. 1957 — Identification en Belgique de loess typiques anti-rissiens, probablement d'âge Mindel. *Bull. Soc. Belge Géol.*, t. 66; p. 203—211

Description d'une coupe montrant la superposition de loess würmiens sur des loess plus anciens, l'un Riss et l'autre probablement Mindel. Etude granulométrique et physico-chimique détaillée de ces dépôts.

Manil, G. 1958 — Observations micromorphologiques, microscopiques et analytiques sur le remplissage des fentes de gel. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 81; p. B 409—B 421.

Par des examens morphologiques sur le terrain, par des méthodes microscopiques et des tests granulométriques et physico-chimiques, G. Manil identifie plusieurs types de produits de remplissage.

Manil, G. 1958 — Contribution à l'étude des loess ardennais. *Bull. Soc. Belge Géol.*, t. 66; p. 128—140.

Mise au point fort utile se rapportant à la nature lithologique et sédimentologique des dépôts meubles ardennais, à l'origine du matériel des loess ardennais, à leur dépôt, leurs remaniements, ainsi qu'à l'âge de ces formations.

Manil, G. 1960 — Quelques observations sur les loess anciens de Belgique. *Biuletyn Peryglacjalny*, n° 9; p. 83—90.

L'auteur décrit plusieurs types de loess pré-würmiens de Belgique classés spécialement d'après leur granulométrie et des tests physico-chimiques.

Manil, G. 1960 — Observations sur le remplissage des fentes de gel. *Biuletyn Peryglacjalny*, n° 9; p. 127—141.

Une étude poussée du remplissage de quelques fentes de gel a montré clairement la complexité de celui-ci, qui paraît correspondre à plusieurs phases périglaciaires et interglaciaires. Ces éléments interglaciaires sont sans doute des restes d'une altération antérieure, restes qui n'avaient pas encore été emportés quand sont apparues ces fentes de gel.

Manil, G., Van Leckwijck, W., Macar, P. 1960 — Compte-rendu de l'excursion du 10 juin 1959 à Namur et à Liège. *Biuletyn Peryglacjalny*, n° 9; p. 177—185.

Excursion consacrée à l'examen de structures périglaciaires pré-würmiennes et spécialement de fentes de gel. Les discussions engagées par les participants (Colloque international pré-würmien) y sont rapportées.

Pissart, A. 1961 — Les terrasses de la Meuse et de la Semois. La capture de la Meuse Lorraine par la Meuse de Dinant. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 84; p. 1—108.

Description entre autres des terrasses de la Semois et de la Meuse.

Pissart, A. et Macar, P. 1963 — Fentes à remplissage, poches d'effondrement et variations de faciès dans la sablière du Sart Haguët (Boncelles). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 85; p. B 329—345.

Description de fentes de gel probablement très anciennes.

Pissart, A. 1963 — Les traces de „pingos” du Pays de Galles (Grande Bretagne) et du plateau des Hautes Fagnes (Belgique). *Ztschr. f. Geomorphologie*, Bd. 7, H. 2; S. 147—165.

Description au Pays de Galles de „cicatrices” de pingos identiques à celles du plateau des Hautes Fagnes en Belgique. Modalités d'aspect. Coupes observées.

Pissart, A. 1963 — Des replats de cryoturbation au Pays de Galles. Une variété géante de sols en guirlandes. *Biuletyn Peryglacjalny*, n° 12; p. 119—135.

- Pissart, A. 1963 — Origine périglaciaire d'une variété géante de sols en guirlandes, découverte au Pays de Galles. *C. R. Acad. Sc.*, t. 256; p. 222—224.

Description de versants découpés en replats superposés en pente faible (3 à 6°) limités par des abrupts inclinés (12 à 27°). Origine périglaciaire (nivation et congélifluxion) de ces formes.

- Pissart, A. 1964 — Contribution expérimentale à la connaissance de la genèse des sols polygonaux. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 87, séance du 14/4.

Expérience de laboratoire montrant l'apparition d'un réseau polygonal de dessiccation en profondeur, dans des bacs de boue soumis à un gel très lent. Ces fissures de dessiccation sont probablement à l'origine des formes périglaciaires.

- Seret, G. 1957 — Les terrasses et les formes associées dans le bassin de la Lesse inférieure. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 80; p. 355—378.

Description de terrasses et de surfaces d'aplanissement quaternaire, extraordinairement bien développées sur les schistes de la Famenne. Ces aplanissements périglaciaires font songer aux pédiments.

- Seret, G. 1963 — Essai de classification des pentes en Famenne. *Ztschr. f. Geomorphologie*, Bd. 7, H. 1; S. 71—85.

L'explication de la genèse des pentes de la Famenne, proposée par l'auteur fait appel principalement aux agents périglaciaires.

- Tavernier, R. 1960 — Les formations quaternaires de la Belgique. *Biuletyn Peryglacjalny*, n° 9; p. 23—24.

Brève synthèse des connaissances actuelles sur le sujet.

- Tonnard, V. 1957 — Les coulées pierreuses du plateau de Saint-Hubert—Nassogne. *Bull. Soc. Belge Géologie*, t. 66; p. 332—346.

Etude complète par toutes les méthodes sédimentologiques de coulées pierreuses en vue de reconstituer leur évolution au cours du Quaternaire.

- Van Leckwijck, W. et Macar, P. 1960 — Les structures périglaciaires antérieures au Würm en Belgique. *Biuletyn Peryglacjalny*, n° 9; p. 47—60.

Description d'involutions et de fentes de gel de grandes dimensions, d'âge au moins Mindel dans des dépôts alluviaux anciens localisés en bordure de la Meuse entre Namur et Liège.

A. Rapp & S. Rudberg
Uppsala—Göteborg

STUDIES ON PERIGLACIAL PHENOMENA IN SCANDINAVIA 1960—1963

Abstract

The paper is a report on and a bibliography of periglacial studies by Scandinavian authors during the last couple of years, approximately the period 1960—1963. The bibliography also includes a number of stenciled reports on inventories of periglacial phenomena. These inventories were made by students in Göteborg and Uppsala.

Comments are given to certain parts of the bibliography, e. g. as regards the distribution of patterned ground (forms due to seasonal frost and permafrost forms), actual frost shattering of rockwalls, mapping of small-scale periglacial phenomena in selected areas, detailed investigations of selected forms and altitudinal zones, measurements of actual solifluction movements and finally studies on Axel Heiberg Island, Canada.

INTRODUCTION

This article gives a report on and a bibliography of periglacial studies by Scandinavian authors during the last couple of years. In some cases the references go further back than 1960. Contributions to the paper have been made by the two authors and by G. Hoppe (Stockholm), J. L. Sollid (Oslo), and H. Svensson (Lund).

Earlier bibliographies in this field are given in the paper by Rapp & Rudberg (1960) (only actual forms) and the more comprehensive and detailed paper by J. Lundqvist (1962) (both actual and fossil forms; excellent illustrations, maps, profiles, etc.). On the whole there has been a great and increasing interest in the periglacial field during the last few years and it is not possible to give comments on more than a few aspects of the long list of references in the bibliography.

GENERAL COMMENT

by

Anders Rapp

DISTRIBUTION OF PATTERNED GROUND AND PERMAFROST

As was pointed out in our previous report in 1960, the actual periglacial phenomena in Scandinavia mainly occur in the mountains above the forest line, where they show great variation and frequency. But active pheno-

mena are also found below the forest line, particularly in the valleys of the Caledonides and also outside the mountain region, e.g. on the shores of certain lakes (*cf.* Lundqvist 1962, p. 80) and on the island of Öland (Rydqvist 1960). Outside the mountain region are also the majority of palsas, boulder depressions and observations of fossil permafrost features. All the categories of features mentioned above are included in the map (fig. 1) (from Lundqvist 1962).

FORMS DUE TO SEASONAL FROST ACTION

In addition to the material presented by Lundqvist (1962), a large number of inventories of periglacial phenomena within small areas in the mountains and the northern forest land have been made by students from Göteborg and Uppsala as unpublished examination tasks (see special report by Rudberg below and parts of the bibliography).

In Norway J. L. Sollid (Geography Department, Oslo) has started a systematic study of the distribution of active periglacial phenomena, for comparison with climatic limits. The localities are situated in the central Norwegian mountains (Grotli, Dovre, Sylane, Jotunheimen) and in northern Norway.

As regards the vertical and horizontal distribution of the many different types of patterned ground ascribed to seasonal frost (circles, nets, small polygons, steps, stripes) we very generally agree with Lundqvist's conclusion: „The distribution and possible modes of formation indicate that the climatic conditions allow the formation of most types of patterned ground in most of Sweden. The limitations are mainly caused by edaphic factors” (*op. cit.*, p. 4). To this, however, it could be added that a climate-controlled factor of great importance for the local distribution of patterned ground and its type is probably the „insulation layer” on the ground (vegetation + snow cover in winter). This means that the importance of snow-drifting is considerable, mainly above the forest limit, where wind-eroded bare spots alternate with snow-drifts, with a corresponding contrast in vegetation and type of patterned ground. In such positions „continental” and „maritime” types of patterned ground can thus occur side by side (*cf.* also the zonation in the mountain area reported below by S. Rudberg).

PERMAFROST FORMS

Palsas

Palsas are peat hummocks with a core of permanently frozen peat and ice layers. They generally have a smooth, lens-like form and are from about one to several meters high. They occur on bogs in the most conti-

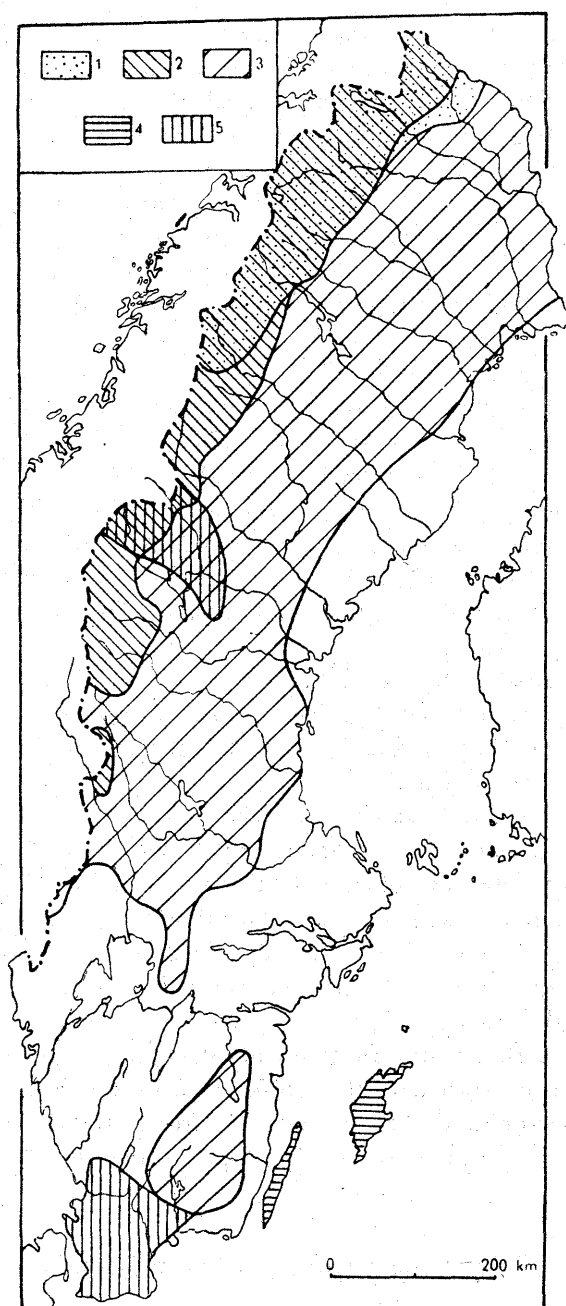


Fig. 1. Map of the frost regions of Sweden (from J. Lundqvist 1962)

1. regions with sporadic permafrost on low levels; 2. Caledonides; 3. region of boulder depressions; 4. isles of Öland and Gotland; 5. region with fossil patterned ground

mental parts of northern Sweden, Finland and Norway and are promoted by low temperatures and thin snow cover in winter, probably also by dry summer conditions which have only a small thawing effect.

The palsa bogs and their distribution in Sweden have been thoroughly studied by earlier authors such as G. Lundqvist. A map of the palsa distribution in northern Fennoscandia has recently been made by Ruuhijärvi (1960). The approximate area of palsas in Sweden is marked on the map (fig. 1) (= symbol number 1 in the key). As far south as the Tärna region (south of lat. 66°N.) distinct palsas up to 4 m high with a core of permafrost reaching down into the non-organic substratum have been observed (most recently H. Sjörs, personal communication). Palsas with a core of minerogenic earth are reported from northern Finland and Sweden (*cf.* Lundqvist 1962, p. 71) and are perhaps similar to the „collapsed pingos” mentioned by Rudberg (1962, p. 197) from an area west of Björkliden, Lappland. These are, however, almost exclusively built of minerogenic material. There could also be added many observations of palsas both with and without a core of frozen minerogenic earth east of Lake Kätjåure (Padjelanta, Lappland) in the permafrost area mentioned below (Rapp).

G. Hoppe and I. Blake (1963) have inventoried an area in the heart of the north-eastern Swedish palsa district (Karesuando and Soppero). By interpreting air photographs and later making checking trips on the ground, they have shown that the number of palsa bogs is considerably greater than was known before. The distribution of these localities coincides with the climatic limits suggested by J. Lundqvist (1962, fig. 37), that is, less than 300 mm of precipitation in the period November–April and more than 200 days of the year colder than 0°C.

H. Svensson (1963 b) made a study of palsas and their collapse forms in northern Norway, based on the interpretation of air photographs and checking in the field.

Detailed studies of stratification and structure of palsas in northern Sweden have been started in the Abisko area by M. Sonesson (Lund; oral communication) and in the Karesuando area by the Geography Department, Stockholm (*cf.* also the study of palsas reported below by Rudberg).

Ice wedges and ice-wedge polygons

Fossil ice wedges have been described from two areas in Sweden, both of them marked on fig. 1. In the northern area, the province of Jämtland, the first known ice wedges were photographed by Thorslund

as early as 1944 (personal communication). In the southern area (the province of Skåne and its northern surroundings) an increasing number of ice wedges have been described since 1956 (Johnsson 1956–1963; Svensson 1962 c, 1963 d).

Markgren (1961) and Möller (1959) have criticized some parts of Johnsson's interpretations, but in my opinion there is no reason to doubt the existence of real ice wedges in many localities in Skåne¹. Johnsson (1962, p. 395) supposes the period of formation of some ice wedges in western Skåne to be the „Oldest Dryas” (about 14,000 years ago). In other localities in southern Sweden they could perhaps be from later cold periods, as the „Younger Dryas”.

In the last few years ice-wedge polygons have been discovered by interpretations of air photographs and subsequent checking on the ground, both in southern and northern Scandinavia (Svensson 1962 a–c, 1963 a–d; Rapp, Gustafsson & Jobs 1962).

Svensson found several localities of ice-wedge polygons on raised marine terraces and deltas near the highest coast-line on the Varanger peninsula and the surrounding fjords of northernmost Norway. The polygonal pattern consisted of trenches on the ground. They were about 1 m wide and less than 0.5 m deep. Due to the dense vegetation in them, they were marked as dark lines on air photographs. The corresponding ice-wedge casts were studied in cuttings and gravel pits and interpreted as fossil.

Also in southern Sweden (southern Halland) a polygonal pattern was observed on air photographs (Svensson 1962 c). Digging across the pattern revealed fossil ice wedges (Svensson 1963 d).

An area with tundra polygons in Lappland, above the forest limit, was discovered on air photographs in 1962 (Rapp, Gustafsson & Jobs). The polygons are about 10–40 m in diameter and occur on fine-grained ice-lake sediments, as well as till, in a 5 km long and about 2 km broad area along the Puolejokk brook in Padjelanta (lat. 67° 20' N., 17° E.), 670 to 820 m above sea level; see pl. 1). The area was checked in the field in 1963.

A field project, including examination of vertical cuts, ground temperature measurements with thermistors and mapping of surface forms, is now being carried out by A. Rapp, L. Annersten and collaborators. Recordings of ground temperatures at 10 sites down to a depth of 4 m have been made from the beginning of July up to September 22, 1963. They show the progress of summer thawing down to various depths between

¹ E. g. in an area near Hässleholm, Skåne, Johnsson (1963, p. 173) has excavated and analysed fossil ice-wedge polygons both in vertical and horizontal sections.

1 and 2 m and indicate frozen ground (permafrost) below this to an unknown depth. The recordings will be continued.

The polygons are located on wind-eroded ridges of silty sediments and gravelly or stony till. The width of the trenches on the ground surface varies from 0.5 to 2.5 m and the depth is generally less than 0.5 m. In the three pits opened to a depth of 2—2.5 m no infilling of earth of the same

Table I
Rate of weathering of rockwalls in northern Scandinavia and Spitsbergen

Locality	Method	Rocks	Retreat mm/year	Time	Author
N. SCANDINAVIA					
Kärkevagge	a**	Mica-schist, phyllites, limestone	0.04—0.15	1952—1960	Rapp 1961, p. 116
Tjåmohas	b	Amphibolite	0.3—0.6	7 000 yrs ?	„
Liddopakte	b	„	0.2—0.3	„	* Berggård & Kronborg
Tidnopakte	b	Dolomites, quartzitic schists	max. 0.7	„	* Lundblad & Rehman
Karnilapakte	b	Gneiss, granite	max. 0.9	„	* Holmbom & Olsson
Lapviktind	b	Granite	0—0.7	9 000 yrs	* Lindberg
SPITSBERGEN					
Mt. Langtunafjell	c	Cherts, limestone, schists	0.05—0.5	Actual	Rapp 1960, p. 88
Mt. Templet	d	„	0.02—0.2	1882—1954	„
Mt. Templet	b	„	0.34—0.5	10 000 yrs	„

* Unpublished report.

** The rate is expressed in horizontal retreat of bedrock face in millimeters per year. Four methods have been tried in the calculations:

(a) annual inventories of fresh rockfall debris from larger falls on snow and vegetation etc., from smaller falls on snow and on test plots;

(b) measurement of quantity of debris on selected talus cones with no removal of debris, compared with the corresponding surface of rockwall. The recession value converted from total postglacial retreat into mm/year;

(c) calculation of annual removal of debris in medial moraine upon glacier, compared with the corresponding area of nunatak walls feeding the moraines;

(d) calculation by means of comparison of ground photographs of the same slope in a couple of years from 1882 to 1954.

width as the surface trenches was observed, but there were several thin, vertical, ice veins (max. 2 cm wide) and thin cracks infilled with sand from above (max. 3 cm wide), similar to small ice-wedge casts. As the material is generally a homogeneous, fine silt without distinct stratification, possible infillings or similar structures were very difficult to observe. Our present opinion is that the polygon fields are underlain by actual permafrost, although the polygonal pattern is probably sub-fossil or is revived intermittently in extremely cold periods.

Strong wind erosion, nonsorted steps, frozen peat and palsas in the bogs are characteristic of the area.

In September 1963 a second, large area with tundra polygons was discovered on air photographs in a valley between Mt. Akka and Mt. Kisuris about 35 km north-east of the Puolejokk polygon field. The topographic situation is very similar to the first field: a valley running east—west just above the forest limit. This second area was first noticed from the air by S. White, who kindly reported it to the present writer². The size and shape of the polygons seem to be quite similar to those of the Puolejokk field.

ACTUAL WEATHERING AND SLOPE PROCESSES

The bedrock morphology of the Scandinavian peninsula is characterized by glacial forms: roches moutonnées with or without preserved striations, trough valleys and cirques in the mountains, lakes in rock basins or dammed by moraines, often with only a very small content of postglacial sediments. The attack of frost weathering and other periglacial processes has modified the glacial forms only to a slight extent. But the frost weathering is a current and active process anyhow, and increases towards higher altitudes (*cf.* report by S. Rudberg below). Some studies have been made to get an idea of the rate of postglacial weathering of bedrock slopes in the Caledonides. Table I gives some results from these studies, compared with similar results from Spitsbergen.

In areas with a pronounced maritime climate in western Norway, talus slopes are very often more or less covered by vegetation. Most likely this indicates a slow weathering at present (S. Rudberg).

As regards actual mass-movements on slopes etc. in the mountains, we refer to Rapp (1960, 1961 a, b, 1962) and to Rudberg (1958, 1962, 1963 b) and the report given below by Rudberg.

² The writer is indebted to Dr. S. White (Columbus, Ohio) for his kind communication and to Mr. E. Fridén (Uppsala), who provided air photographs from his collection.

SPECIAL COMMENT ON PERIGLACIAL STUDIES
IN THE GEOGRAPHY DEPARTMENT, GÖTEBORG

by
Sten Rudberg

The first periglacial studies of any importance started at the Geography Department of the University of Göteborg during the field season of 1959. They have been continued every season since that year. The studies have been made partly by student groups under my guidance and partly by myself working independently. The first type of studies, made for the graduate work, resulted in the preparation of maps and duplicated papers (library of the Department of Geography, Göteborg). This mapping of periglacial features by student field parties was a direct continuation of similar work in Uppsala, where I had been instructing field parties since 1945. The student group studies are reviewed in Rapp & Rudberg (1960) (including the field season of 1959) and Rudberg (1962) (including the field season of 1960), the latter giving examples of periglacial maps from an area in northern Lappland.

The studies after 1960 can be divided into five groups.

(1) Continued mapping of small-scale periglacial phenomena (polygons, solifluction lobes, etc.) in selected areas with the following regional distribution:

(a) Continued mapping within a relatively large area (at the moment covering about 140 sq. km) in the Norra Storfjäll area, southern Lappland (Ahlmann & Andersson 1963; Franzén & Kruse 1962; Ring 1961; Rådström & Sjölander 1961). This area is regarded as representative of the medium-high mountains of southern and central Lappland. It belongs to the zone of high metamorphic rocks (mainly mica-schists and gneisses) and has a probably thin but relatively continuous soil cover. The investigated area ranks in altitude from about 700 m to close to 1700 m, i.e. from the lower part of the tundra zone to the higher parts of the frost shatter zone. The soil cover is in the lower part almost exclusively of morainic origin, in the higher area probably to a large extent produced by postglacial weathering.

(b) Mapping for comparison in scattered high-mountain areas. The Kebnekaise mountains (Karlsson & Yngvesson 1962), the Luotolako „plains” in the Sarek mountains (Lind 1963) and the rolling landscape of the Ammarfjäll area (Berg & Svensson 1962). The main parts of these areas are situated above 1200 m and have the characteristics of the frost-shatter zone.

(c) Mapping for comparison in different petrologic environments:

quartzite mountains in Dalecarlia (Atlestam & Henriksson 1962), quartzite mountains in southern Lapland (Eriksson & Johansson 1961) and phyllite mountains in southern Lapland (Ahnér & Carlsson 1963). The mountains of this group are generally rather low (highest summits 1200–1400 m). The quartzite mountains of Dalecarlia, however, show the typical features of the frost-shatter zone already at a low altitude (about 1100 m above sea level).

A comparison indicates that the mica-schist areas have the highest variety of details and the quartzite mountains the smallest; this is in good agreement with the observed grain-size variations in the till cover and debris cover in the different groups. The solifluction lobes are characteristic forms of the phyllite mountains, while forms produced by sorting processes in partly coarse material, such as polygons and stone stripes, are rare. In the quartzite mountains of Dalecarlia the situation is opposite.

A small-scale map (not yet printed), compiled and supplemented by Rudberg from the Norra Storfjäll papers, shows signs of vertical zonation in the tundra zone. The lowest zone above the timber line is rich in wind eroded patches on dry spots and earth hummocks in wet areas. The next zone is specially characterized by solifluction lobes and terracettes. Towards higher altitudes lobes with stone banked fronts gain in importance. A still higher zone is rich in stone stripes and partially micro-solifluction forms. The zonation is a simplification. Of course it only partially and indirectly reflects climatological conditions. Just as important might be slope conditions, snow cover, distribution and grain size of the loose deposits etc. The often large and active lobes, for example, are characteristic of the broad valleys, but are replaced on rounded, „dry” spurs by small terracettes with the upper surface bare and wind eroded and generally with insignificant signs of movement. Another example gives the wind eroded patches in the lowest zone. They belong to rather open, flat or rolling areas, which normally are found at about 7–800 m (broad benches of preglacial, cyclical origin) and are rich in glaci-fluvial or morainic deposits. The frost-shatter zone is not yet subdivided. Its lower limit varies in altitude within a restricted area, e.g. on different sides of a summit, but the mean values within more extensive areas are rather similar.

The frost weathering is not important within the tundra zone, where preserved glacial striation is present at least on „dry” spurs and summits up to 1200 m or still more. In the frost-shatter zone the frost weathering increases in importance, particularly visible in destruction of *roche moutonnée* forms.

- (2) Detailed investigation of selected forms and altitudinal zones:
 - (a) terracettes and their relation to wind erosion (Ring 1963);

(b) palsas in an area NE of Lake Torne Träsk. Their size, vegetation, relation to wind action, their final destruction, etc. (Wramner 1964);

(c) stratigraphy and redistribution of material in talus cones (Atlestam & Eriksson 1963);

(d) avalanche transportation (Gustafsson & Olsson 1960);

(e) grain-size composition and petrologic origin of the coarse material in frost-shatter zone areas (Jonasson & Jonasson 1961; Strandvik 1963; Werner 1961; Edstam & Sunnemark 1963; Bengtsson & Höglund 1963). In several test areas the percentage content of stones and boulders of foreign origin, i.e. definitely transported by the inland ice, is low. Differences in this percentage between valleys and crests and between slopes of different orientation as compared with the ice movement indicates the influence of postglacial weathering and mass-movement;

(f) wind erosion and direction of eroding winds (gained from wind scars in the vegetation). The investigation (by Rudberg) showed the strong influence of local wind directions, which latter demonstrated clear dependance of the main morphological lines. Most, but not all, local winds could be explained as deviations from north-westerly winds. The distribution of long remaining snow patches exhibit influence of the same winds.

(3) Periglacial processes, either current or of recent postglacial age, are touched upon in other studies: early postglacial or late-glacial development of talus cones in some of the dolerite mountains of Västergötland, southern Sweden (Evanni 1959); the temperature wave in grass-covered and uncovered ground during the frost season (Holmberg 1963); the uplift by freezing of boulders in cultivated fields in southern Sweden (Karlsson, at work, 1963).

(4) Measurements of actual mass movement, essentially slow processes, by Rudberg (results published 1958, 1962, 1963 b — in print). These include measurements of the surface layers and of the vertical-velocity profile by injected test pillars. The investigations, which have been made intermittently for 8 years, indicate on the whole very slow movements. The maximum surface movement in a year is 3—5 cm. Several test surfaces, on the other hand, show no measurable movement so far. The local differences, dependent on soil composition, vegetation, snow cover, slope inclination, slope form, etc., are remarkable. So far the measured movement in the tundra zone (almost exclusively morainic deposits) are definitely higher than within the frost-shatter zone, in mean roughly 4—6 times higher. Mean values of any significance are difficult to give.

(5) Studies in northern Canada (Rudberg as a member of the Axel Heiberg expedition in 1961, one paper in press, one printed 1963a). The

differences in the actual periglacial landscape between Swedish mountains and this high arctic, relatively arid region is quite remarkable. One striking example is the rich development of tundra polygons, including similar forms even in solid rock, and all sorts of unsorted polygons and stripes. The influence of running water (eroded channels, all sorts of fans) is much stronger, probably due to poor soil protection, high permafrost level and occasionally heavy rains. The influence of nivation is lower than in the Swedish mountains. Signs of wind action have been mapped in the same way as exemplified under p. 2 f.

Bibliography

Published papers

- Annersten, L. 1963 — Final report on permafrost investigations in the Schefferville area, Quebec. McGill University (in print).
- Hillefors, Å. 1961 — Om vindslipade blockhorisonter i Dösebackagruppens bildningar (On wind-eroded boulders and stones in horizons in the Dösebacka buildings, near Gothenburg). *Gothia* 9; Göteborg.
- Holtedahl, H. 1959 — De periglaciala fenomenene under de kvartære nedisninger i Europa. *Norsk Geogr. Tidsskrift*, Bd. 16, 1957/58.
- Hoppe, G. & Blake, I. 1963 — Palsmyrar och flygbilder (summary: Palsa bogs and air photographs). *Ymer*, Årg. 83.
- Johnsson, G. 1956 — Glacialmorfologiska studier i södra Sverige (summary: Glacial morphology in southern Sweden). *Medd. Lunds Univ. Geogr. Inst.*, Avh. 30.
- Johnsson, G. 1958a — Submoraine ice-wedges in Western Scania. *Geol. Fören. Stockholm Förhandl.*, Bd. 80.
- Johnsson, G. 1958b — Periglacial wind and frost erosion at Klågerup, S.W. Scania. *Geografiska Annaler*, Bd. 40.
- Johnsson, G. 1959 — True and false ice-wedges in Southern Sweden. *Geografiska Annaler*, Bd. 41.
- Johnsson, G. 1961 — Periglaciala dalar i sydligaste Sverige (summary: Periglacial valleys in Southernmost Sweden). *Geol. Fören. Stockholm Förhandl.*, Bd. 83.
- Johnsson, G. 1962 — Periglacial phenomena in southern Sweden. *Geografiska Annaler*, Bd. 44.
- Johnsson, G. 1963 — Periglacial ice-wedge polygons at Hässleholm, southernmost Sweden. *Svensk Geogr. Årsbok*, 39; Lund.
- Liestøl, O. 1961 — Talus terraces in Arctic regions. *Norsk Polarinst. Årb.* 1961, Oslo.
- Lundqvist, J. 1962 — Patterned ground and related phenomena in Sweden. *Sveriges Geol. Unders.*, ser. C, no 583.
- Markgren, M. 1961 — Glacialtektoniken i Vens och Glumslövsområdets strandklingor (summary: Glacial tectonics at the cliffs of the island of Ven and the region of Glumslöv). *Svensk Geogr. Årsbok*, 37; Lund.

- Markgren, M. 1962 — Detaljmorfologiska studier i fast berg och blockmaterial. I — Vittringsprocesser (summary: Weathering processes). *Svensk Geogr. Årsbok*, 38; Lund.
- Markgren, M. 1963 — Detaljmorfologiska studier i fast berg och blockmaterial: II — Residuala blockfält och talus samt polygena blockfält. *Svensk Geogr. Årsbok*, 39; Lund.
- Möller, H. 1959 — Från nordostis till lågbaltisk is. *Sveriges Geol. Unders.*, ser. C, no 566; Stockholm.
- Rapp, A. 1961a — Recent development of mountain slopes in Kärkevagge and surroundings, northern Scandinavia. *Geografiska Annaler*, Bd. 43.
- Rapp, A. 1961b — Studies of the postglacial development of mountain slopes. *Medd. Upsala Univ. Geogr. Inst.*, 159.
- Rapp, A. 1962 — Kärkevagge. Some recordings of mass-movements in the northern Scandinavian mountains. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 11.
- Rapp, A. 1963 — The debris slides at Ulvådal, western Norway. *Nachr. Wiss. Akad. Göttingen*.
- Rapp, A., Gustavsson, K. & Jobs, P. 1962 — Iskilar i Padjelanta? (summary: Ice-wedge polygons (?) in Padjelanta, Swedish Lappland). *Ymer*, årg. 82.
- Rapp, A. & Rudberg, S. 1960 — Recent periglacial phenomena in Sweden. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 8.
- Rudberg, S. 1958 — Some observations concerning mass movement on slopes in Sweden. *Geol. Fören. Stockholm Förhandl.*, Bd. 53.
- Rudberg, S. 1962 — A report on some field observations concerning periglacial geomorphology and mass movement on slopes in Sweden. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 11.
- Rudberg, S. 1963a — Morphological processes and slope development in Axel Heiberg Island, Northwest Territories, Canada. *Nachr. Wiss. Akad. Göttingen*.
- Rudberg, S. 1963b (in print) — Slow mass movement processes and slope development in the Norra Stofjäll area, southern Swedish Lappland. I.G.U. Slope Commission, 4th Report.
- Rudberg, S. 196* — Report on morphological processes and periglacial morphology in Axel Heiberg Island (to be printed in the 2nd prelim. report of the Axel Heiberg Expedition, McGill University).
- Ruuhijärvi, R. 1960 — Über die regionale Einteilung der nordfinnischen Moore. *Ann. Bot. Soc. „Vanamo”*, 31; Helsinki.
- Rydquist, F. 1960 — Studier inom öländska polygonmarker (summary: On stone polygons on Öland). *Ymer*, årg. 80.
- Semb, G. 1962 — Jorda på Jaeren. Beskrivelse til jordbunnskart over en del av Jaeren (The soils of Jaeren. Report on soil survey on part of Jaeren, Rogaland County). Soil Survey Rep. No 42. The State Soil Investig., Agricultural College of Norway, Oslo.
- Sjörs, H. 1959 — Bogs and fens in the Hudson Bay Lowlands. *Arctic*, vol. 12.
- Sjörs, H. 1961 — Surface patterns in Boreal peatland. *Endeavour*, 20.
- Svensson, H. 1962a — Note on a type of patterned ground on the Varanger peninsula, Norway. *Geografiska Annaler*, Bd. 44.
- Svensson, H. 1962b — Ice-wedges in fossil tundra polygons on the Varanger peninsula. *Svensk Geogr. Årsbok*, 38.

- Svensson, H. 1962c — Ett mönster i marken (summary: A pattern in the ground). *Svensk Geogr. Årsbok*, 38.
- Svensson, H. 1963a — Tundra polygons. Photographic interpretation and field studies in North-Norwegian polygon areas. *Norges Geol. Unders.*, årb. 1962; Oslo.
- Svensson, H. 1963b — Några iakttagelser från palsområden. Flygbildsanalys och fältstudier i nordnorska frostmarksområden (summary: Observations on palses. Photographic interpretation and field studies in North-Norwegian frozen ground areas). *Norsk Geogr. Tidsskr.*, Bd. 18; Oslo.
- Svensson, H. 1963c — Some observations in West-Jutland of a polygonal pattern in the ground. *Geografisk Tidsskr.*, Bd. 62; København.
- Svensson, H. 1963d — Iskilspolygoner på Laholmsslätten. *Svensk Geogr. Årsbok*, 39; Lund.
- Williams, P. J. 1957 — Some investigations into solifluction features in Norway. *Geog. Jour.*, vol. 123.
- Williams, P. J. 1959 — Solifluction and patterned ground in Rondane. *Norske Vidensk.-Akad. Oslo, I — Mat.-Naturv. Kl.*, 1959, 2.
- Williams, P. J. 1961 — Climatic factors controlling the distribution of certain frozen ground phenomena. *Geografiska Annaler*, vol. 43.
- Wiman, S. 1963 — A preliminary study of experimental frost weathering. *Geografiska Annaler*, vol. 45.

Unpublished papers

Geography Department in Göteborg

- Ahlmann, E. & Andersson, C. 1963 — Frostmarksfenomen öster om Klippens by, Norra Storfjället (Lapland).
- Ahnér, L. & Carlsson, E. 1963 — Frostmarksformer inom NV delen av Södra Storfjället (Lapland).
- Atlestam, U. & Eriksson, S. 1963 — Talusstudier vid Dorrompiken i V. Fjällfjället (Lapland).
- Atlestam, U. & Henriksson, R. 1962 — Frostmarksfenomen på Städjan och Nipfjället (Dalecarlia).
- Bengtsson, B. & Höglund, L. 1963 — Blockhavsundersökning på Marsfjället i SV. Västerbotten.
- Berg, K. G. & Svensson, A. 1962 — Frostmarksformer på Ammarfjällets sydöstra del (Lapland).
- Edstam, E. & Sunnemark, R. 1963 — Blockmarksundersökning inom N. delen av Sonfjället (Härjedalen).
- Eriksson, S. & Johansson, N. 1961 — Frostmarksfenomen på Östra Fjällfjällen och Lilla Gemon (Lapland).
- Evanni, E. 1959 — Studier av talus, rullsten och skifferjord vid Hallebergs SO-hörn (Västergötland).
- Franzén, B. & Kruse, L. 1962 — Frostmarksfenomen norr Laisan (Lapland).
- Gustafsson, L. & Olsson, I. 1960 — Sluttningsstudier i Kaskasavagge (Lapland).
- Holmberg, K. O. 1963 — Jordtemperaturstudier i Botaniska trädgården i Göteborg under tiden 22 november 1962 till 2 maj 1963.

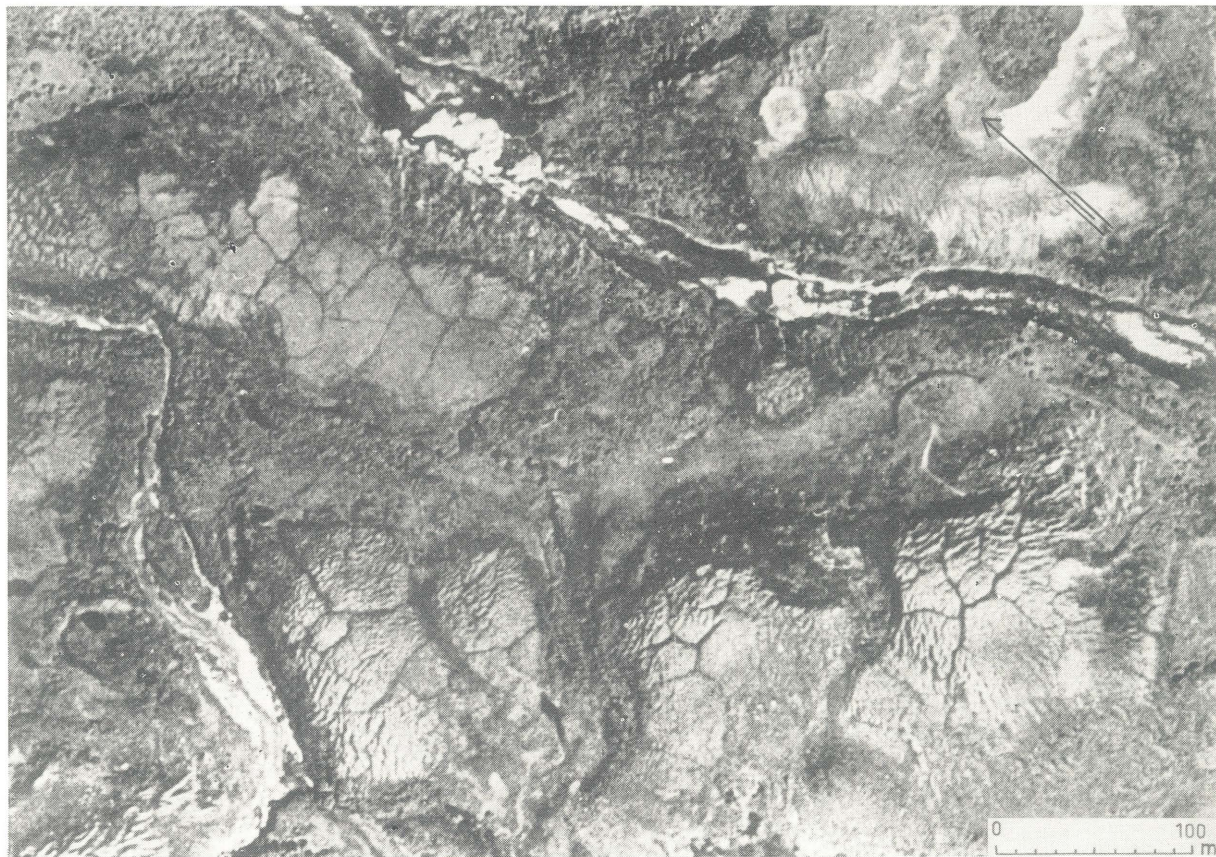
- Jonasson, J. & Schough-Jonasson, M. 1961 — Blockhavets mekaniska sammansättning. En undersökning inom Norra Storfjället (Lapland).
- Karlsson, B. & Yngvesson, B. 1962 — Studier av några naturgeografiska fenomen i övre Tarfaladalen i Kebnekaisemassivet (Lapland).
- Lind, G. 1963 — Frostmarksformer och glaciärer på Luottolako, Sarek (Lapland).
- Ring, B. 1961 — Frostmarksfenomen i Norra Storfjället (Lapland).
- Ring, B. 1963 — Lidenområdet, Norra Storfjället II. Terracetter (Lapland).
- Rådström, L. & Sjölander, C. O. 1961 — Frostmarksfenomen sydost om Vallen-tjåkko (Lapland).
- Strandvik, J. 1963 — Främmande och lokalt bergartsmaterial inom Nipfjällets blockhav, NV Dalarna (Dalecarlia).
- Werner, M. 1961 — Blockhavsstudier inom Kobäsbäckens dalgång Norra Storfjället, Västerbottens län (Lapland).
- Wramner, P. 1964 — Palsstudier i Taavavuoma (Lapland).

Geography Department in Uppsala

- Alm, U.-B., Forslund, K. & Söderqvist, A. 1961 — Frostmarksföreteelsernas utbredning öster om Femunden, Norge (Norway).
- Berggård, R. & Kronborg, I. 1963 — Postglacial vittring och denudation i Liddopakte (Lapland).
- Bonthron, E. & Dahlbom, C. 1963 — En undersökning av jordrörelser i Kärkevagge (Lapland).
- Borgström, I. & Östner, U. 1962 — Frostmarksinventering av Nissontjärros nordsluttnings, Abisko (Lapland).
- Boström, R. 1961 — Studie över valda frostmarksfenomen i Västerbottens inland (Lapland).
- Fristedt, I. 1962 — Talusbranter på Halle- och Hunneberg (Västergötland).
- Gaddefors, C.-M. 1960 — Frostmarksfenomenens utbredning vid Elgaahogna (Norway).
- Gustafsson, K. & Jobs, P. 1962 — Ett glacifluvialt komplex vid Kätjaure, SO Virihaure (Lapland).
- Holmbom, G. & Olsson, E.-M. 1963 — Postglacial vittring och denudation i Karnilapakte (Lapland).
- Johansson, P. E. 1963 — Ras, taluskoner och mudflows på Elvegårdstind (Nordland, Norway).
- Johansson, B. & Johnsson, I. 1962 — Frostmarksfenomen, vinderosionsformer och glaciala ytförändringar inom fjällområdet norr om sjön Anjan (Jämtland).
- Klasvik, B. 1961 — Om postglacial vittring och denudation i riksgränsfjällen, Vassitjåkko — Läktatjåkko (Lapland).
- Larsson, G. 1961 — Jordskred och mudflows i abiskofjällen. En studie över massrörelser från en regnkatastrof 1959 (Lapland).
- Lindberg, P. 1963 — Lapviktind och dess talusbrant (Nordland, Norway).
- Lindell, T. 1962 — Den postglaciala deformationen av issjöstrandlinjerna i grövelsjöområdet samt rundningsindexberäkningar på strandmaterial (Dalarna).

- Lundblad, T. & Rehnman, L.-E. 1962 — Postglaciala denudationen vid Tidnotjåkko, Torneträsk (Lapland).
- * Lundgren, K. & Strauss, I.-B. 1960 — Något om strukturmark i Tarfaladalen (Lapland).
- Nilsson, G., Sivertsson, L., Odin, B. & Sjödin, B. 1961 — Frostmarksföreteelsernas utbredning på Sölenmassivet, Yttre Rendal (Norway).
- Nilsson, V. & Pettersson, K. 1962 — Inventering och beskrivning av frostmarksföreteelser och vinderosionsformer på delar av Luopakte-Kaisevake inom abiskoområdet (Lapland).
- Nilsson, R. & Tjernström, L. 1962 — Sondborring i talus och flytjord i Kärkevagge (Lapland).
- Nordenstam, G. 1963 — Frostmarksföreteelser och vinderosionsformer på Nuolja samt beskrivning av „collapsed pingos” vid Rakkasjokk (Lapland).
- Olsson, H. 1961 — Geomorfologiska studier, speciellt över talusbranter vid Hofs hallar (Skåne).
- Selberg, I.-B. 1960 — Talusbranter i Skäralid (Skåne).
- Selberg, I.-B. 1963 — Talusbranter i Klöva hallar och Odensjön. Kort jämförelse med Skäralid (Skåne).
- Söderström, T. 1962 — Blockfält i Vittangi och Korpilombolo; en studie över frostmarksföreteelser i Norrbottens skogsland (Lapland).
- Tjernström, L. 1963 — Registrering av creep-rörelser. En metodikgranskning med beskrivning av ett undersökningsområde i Tarfala samt presentation av mätresultat från Kärkevagge, sommaren 1962 (Lapland).

* Géography Department, Stockholm.



From A. Rapp, K. Gustafsson & P. Jobs 1962

Pl. 1. Vertical air photo showing pattern of ice-wedge polygons on area with contemporary permafrost.
Puolejokk, Padjelanta, Lappland

René Raynal

Strasbourg

RECHERCHES DE GEOMORPHOLOGIE PERIGLACIAIRE EN AFRIQUE DU NORD

En essayant de présenter nos connaissances actuelles concernant la géomorphologie périglaciaire au Sud de la Méditerranée, l'on pose nécessairement un problème de terminologie. Certes le mot *périglaciaire* qualifie ici encore l'ensemble de processus, formations ou formes liées à la gélivation ainsi qu'à l'action directe ou indirecte de la neige. Mais la latitude détermine en Afrique du Nord des combinaisons originales de phénomènes (Joly et Raynal 1961).

Une deuxième remarque préalable s'impose: les recherches ont inégalement progressé selon les pays ou les régions. Alors que le Maroc a déjà fait l'objet d'un inventaire systématique portant sur de grandes étendues de terrain, les autres parties du Maghreb n'ont bénéficié jusqu'à présent que d'observations sporadiques.

MAROC

Ce pays peut être considéré comme pionnier dans le domaine de la géomorphologie climatique en Afrique du Nord. Il doit cet avantage à son relief comportant de hauts massifs où la neige persiste, même dans les conditions climatiques actuelles, une bonne part de l'année, il a profité aussi de la présence de nombreux chercheurs, géographes et géologues qui depuis 1945, suivant l'exemple donné par J. Dresch, ont abordé et parcouru avec enthousiasme des contrées souvent austères ou difficiles d'accès. Les grands problèmes du périglaciaire au Maroc ont déjà été présentés d'abord à l'occasion du Congrès de Rio de Janeiro (R. Raynal 1956), en une synthèse des observations et travaux antérieurs, notamment de J. Dresch, H. Mensching, R. Raynal, K. Wiche. Des retouches de détail et des compléments furent apportés à ce premier tableau au cours du colloque organisé à Rabat, en 1959, par la Commission de Géomorphologie périglaciaire de l'U.G.I. Depuis lors de nouvelles études ont ajouté leur contribution. L'ouvrage de R. Raynal (1961) sur les

„Plaines et piedmonts du bassin de la Moulouya” déborde sur les massifs voisins; celui que F. Joly (1962) a consacré à la géomorphologie du SE marocain concerne également une portion du versant méridional du Haut Atlas. G. Maurer poursuit dans le Rif ses investigations (Beaudet et Maurer 1961; Couvreur *et al.* 1961; Maurer 1957) et A. Pujos (Couvreur *et al.* 1961; Pujos 1962) apporte de nouvelles précisions sur l'écologie, la climatologie et les paléosols du Moyen Atlas occidental. J. Le Coz a noté dans la plaine du Rharb d'intéressantes données concernant l'évolution géomorphologique au Quaternaire (Couvreur *et al.* 1961; Le Coz 1964). Enfin les recherches entreprises par G. Beaudet dans le massif central du Maroc atlantique (G. Beaudet 1959) et G. Couvreur dans le Haut Atlas calcaire apportent dès maintenant d'utiles renseignements. Le présent article se borne à donner un aperçu d'ensemble des résultats obtenus.

1° Les phénomènes périglaciaires actuels n'impriment leur originalité au paysage qu'en haute montagne. Ainsi peut être définie une zone altitudinale que la plupart des auteurs divisent en deux. C'est d'abord, vers le bas, l'étage herbeux, à solifluxion freinée avec ses microreliefs typiques, banquettes ou terrassettes, guirlandes de végétation, buttes gazonnées: il débute vers 1900 m dans le Moyen Atlas occidental, surtout dans les fonds de cuvettes synclinales ou karstiques où s'entasse l'air froid (A. Pujos 1962; R. Raynal 1961); mais la sécheresse plus grande du Haut Atlas restreint son étendue et le cantonne au dessus de 2300 à 2400 m. A partir de 2500 m dans le Moyen Atlas oriental, 2800—2900 m dans le Haut Atlas apparaît le deuxième étage préglaciaire actuel, celui du gélisol saisonnier et des champs de pierrailles diversement structurées, avec notamment des roses de pierres, des polygones et des sols striés (F. Joly 1962; R. Raynal 1961). Le Rif, sensiblement moins froid que les massifs atlasiques, à altitude égale, ne connaît que localement l'étage inférieur et l'autre n'y existe pas (G. Couvreur *et al.* 1961).

Cependant les processus élémentaires de gel, qui pourraient être considérés comme marginaux par rapport au domaine périglaciaire ou comme insuffisamment caractéristiques à eux seuls, méritent en certaines régions une plus grande attention. On note avec de plus en plus de précision l'importance de la gélifraction à faible altitude au Maroc oriental, sur un sol dénudé de végétation au contact d'une atmosphère sèche: nous en avons observé les manifestations actuelles et répétées chaque hiver dans le bassin moyen de la Moulouya au-dessus de Aoom (R. Raynal 1961). On imagine aisément que ces processus, plus actifs dans le passé, ont pu fournir des masses de matériel grossier responsables de la surcharge du

ruissellement et de l'épandage de nappes détritiques sur les immenses glacis caractéristiques de la région. Quant aux piprakes ils se forment avec une fréquence particulière dans le même type de milieu, où alternent des coups de froid nocturnes sous un ciel limpide et des averses humectant la terre: ils contribuent au défoncement des horizons superficiels du sol, à leur décapage et à l'amorce d'une érosion peu spectaculaire, mais efficace: leur limite inférieure observée jusqu'à présent se situe vers 1600 m dans le Moyen Atlas, 900 m seulement sur les hauts plateaux du Maroc oriental.

2° Le périglaciaire fossile occupe par contre une grande place dans l'évolution morphologique de vastes contrées (G. Couvreur *et al.* 1961; R. Raynal 1956). Peu de retouches doivent être apportées, dans l'état actuel des recherches, aux limites altitudinales antérieurement indiquées par les auteurs. Les études les plus récentes portent du reste sur des régions telles que le Rif central (G. Couvreur *et al.* 1961; G. Maurer 1962), où la solifluction simplement humide, favorisée par une dominante argilo-schisteuse, engendre des formations de versants et détermine des formes en convergence avec certains aspects périglaciaires: ces derniers du reste ne peuvent être exclus dans les parties hautes de ces mêmes secteurs géographiques. Mais divers travaux apportent quelque lumière en ce qui touche d'une part la reconstitution des processus périglaciaires pléistocènes, et d'autre part les successions paléoclimatiques au cours du Quaternaire.

Il est admis désormais qu'il existe au Sud de la Méditerranée un type régional de milieu périglaciaire marqué par une prépondérance de l'action de l'eau sous forme liquide: des averses violentes, des périodes de fonte active du fait de l'insolation diurne interrompent les coups de froid selon un rythme thermique et hydrique fort contrasté (Joly et Raynal 1961; Raynal 1960b). Au demeurant l'on peut discerner au Maroc deux sortes de combinaisons de processus selon la position géographique. Un premier ensemble de régions s'est caractérisé, durant les Pluviaux froids ou frais du Quaternaire, par l'importance relative des phénomènes de solifluction: ainsi en va-t-il dans le Nord-Ouest du Moyen Atlas, dans le massif central du Maroc atlantique (du moins dans les secteurs les plus élevés), dans la majeure partie du Rif. Ce processus, qui s'associait à bien d'autres, a fourni en abondance des dépôts de pente comportant généralement un matériel hétérométrique et désordonné dans une matrice fine. Dans ce cas des vallées en berceau plus ou moins dissymétriques et des versants à profil convexo-concave, accidentés de bourrelets, constituent les traits majeurs du paysage morphoclimatique. Dans la genèse des formes fossiles il paraît difficile de distinguer ce qui revient, en roche marno-schisteuse ou à strates alternées

marno-calcaires, à la solifluction humide d'une part en conséquence des averses et des fontes de neige, à la congélifluction vraie d'autre part. Les deux processus coexistent en tout cas et peuvent être décelés actuellement dans les mêmes régions au printemps, là où des névés subsistent (Couvreur *et al.* 1961; Maurer 1957, 1962; Raynal 1961).

Dans une seconde catégorie de régions morphoclimatiques les formations typiques sont des dépôts lités de pente — éboulis ordonnés ou grèzes résultant du ruissellement de fonte sur sol superficiellement gelé. Selon la saison ou les époques la compétence a varié, d'où un calibre du matériel homogène par lit, mais variant d'un horizon à l'autre (Raynal 1960a, 1961) dans les coupes. Les galets plats et anguleux qui composent la masse de ces formations sont d'ailleurs inégalement lavés de leur matrice limono-argileuse par le ruissellement. Et les traits correspondants du paysage se présentent sous l'aspect de longs profils linéaires, ou „versants réglés”. Les régions intéressées se situent sur les versants orientaux et méridionaux du Moyen Atlas, dans l'Est du Rif, et dans une grande partie du Haut Atlas calcaire: elles sont affectées d'une atmosphère sèche, capable au cours des pluviaux quaternaires de déterminer des alternances thermiques très marquées, assurant ainsi à certains moments la combinaison de l'eau de fonte d'un sol encore gelé à faible profondeur. Même dans des massifs relativement humides, on note localement l'opposition entre des versants réglés, à exposition Sud, et des pentes à bourrelets de solifluction tournées au Nord.

Une chronologie, au moins relative, dans l'évolution paléoclimatique du Quaternaire a été distinguée, puis précisée. On peut à présent se faire une idée de la contribution particulière de certaines phases pluviales froides (Dresch 1960; Joly 1962; Raynal 1956, 1961). Au cours du Quaternaire ancien, le pluvial dit *Moulouyen* (= Villafranchien supérieur) n'a donné que des formations du type grèze en haute montagne: mais le suivant¹ ou *Salétien* se marque par des cônes fluvio-glaciaires ou fluvio-périglaciaires gigantesques dans les mêmes régions, ainsi que par des formes de cirques ou de niches assez bas sur les versants (en dessous de 2000 m), et d'une manière générale par des dépôts très grossiers, dénotent un écoulement chargé en relation avec des fontes brutales de neiges abondantes. Dans le Quaternaire moyen et récent, deux pluviaux plutôt froids, *Tensiftien* et *Soltanien*, séparés par un interpluvial chaud et sec, correspondent au Riss et au Wurm d'Europe. Le Tensiftien = Riss, plus rigoureux que l'autre, a provoqué le développement de cryoturbations dans

¹ Entre le Moulouyen et le Salétien, quelques auteurs ont cru pouvoir intercaler un nouveau pluvial, le *Regreguien*. Ses témoins n'existent que dans le Maroc du Nord-Ouest, et leur signification climatique demeure discutée.

les limons des terrasses à partir de 1300 m en Haute Moulouya. Les phénomènes de solifluction correspondant à cette période sont généraux dans le Moyen Atlas au-dessus de 1500 m. Le Soltanien = Wurm n'est responsable que de retouches locales dans le paysage morphologique hérité de la période froide précédente: cependant des grèzes ou éboulis ordonnés apparaissent alors jusque sur les versants septentrionaux du Moyen-Atlas, témoignage d'une action prédominante des phénomènes de ruissellement.

TUNISIE

Il ne fallait pas attendre, à priori, du territoire tunisien, une riche collection de données sur la géomorphologie périglaciaire, en raison des conditions défavorables, qui tiennent à des altitudes généralement médiocres et insuffisantes à corriger les effets de la latitude. Toutefois plusieurs auteurs ont apporté au cours des dernières années une contribution non négligeable à la connaissance des paléoclimats froids ou froids du Quaternaire. Leurs résultats concordent avec ceux qui ont été enregistrés au Maroc. C'est la dorsale plissée SO—NE, prolongement de l'Atlas saharien d'Algérie, qui a fourni le champ d'observation le plus digne d'intérêt. J. Dresch, A. Rondeau et M. El Aouani (1960) décrivent dans le Djebel Serdj des grèzes litées fossiles, inclinées de 5 à 20° et comportant des galets plats anguleux ($L = 4-7$ cm), livrés par des corniches de calcaires marneux et de calcaires récifaux du Crétacé. Ces formations se généralisent et marquent le relief de leurs versants linéaires à partir de 700 m d'altitude, surtout sur les versants orientés vers l'Est. Localement il en existe un échantillonnage plus bas, lorsque se combinent des conditions exceptionnellement favorables du point de vue lithologique et microclimatique. La plupart de ces grèzes, consolidées par un ciment calcaire, passent vers l'aval à des formations moins caractéristiques et se raccordent à des cônes ou à des dépôts d'un glacier vieux au moins du Quaternaire moyen. Elles sont localement recouvertes, sur les hautes pentes du Djebel Serdj, par des dépôts analogues, mais non consolidés et d'une nature périglaciaire plus discutable. Plus au Nord, en Kroumirie, dans le Djebel Abiod des grèzes s'observent également, mais plus strictement localisées en fonction de la lithologie et de l'exposition, et elles diffèrent incontestablement des coulées de solifluction anciennes ou actuelles que P. Marthelot a décrites. Bien que des études systématiques n'aient pas été entreprises à ce sujet, il semble bien que ce type de dépôts, et le paysage qui en résulte, correspondent à des secteurs relativement ensoleillés et temporairement enneigés.

Par ailleurs le versant Nord-Ouest du Djebel Serdj offre une collection de formes et de formations de solifluction, dont les plus remarquables sont des coulées de pierres au débouché de niches nivales anciennes, entre 600 et 700 m d'altitude. En dehors d'une exposition à la fois fraîche et humide de ce genre, on peut observer divers exemples d'épandages de blocailles sur des versants, mais moins typiques climatiquement et plutôt liés à la combinaison d'une structure violemment fracturée et d'une alternance de calcaires compacts et de marnes plastiques dans le Crétacé.

En ce qui concerne la chronologie ou la succession paléoclimatique de fort intéressantes données résultent des travaux publiés par A. Jauzein (1959). Cet auteur démontre en effet que, dans le Nord de la dorsale tunisienne et à basse altitude, les glacis et les terrasses qui correspondent au Salétien du Maroc (premier pluvial post-villafranchien) ont été élaborés sous un climat qualifié de „paraglaciare”. Les sédiments corrélatifs comprennent une majorité d'éléments grossiers, dont un grand nombre de galets gélivés; la disposition de certains horizons porte le témoignage de cryoturbations.

SAHARA CENTRAL ALGERIEN: MASSIF DE L'ATAKOR

Des circonstances exceptionnelles ont empêché durant les dernières années tout travail continu sur le terrain dans la partie du territoire algérien compris entre la Méditerranée et le versant Sud de l'Atlas saharien. Pour l'ensemble de ces régions on en demeure aux notations rapides, mais fort utiles, déjà présentées par Mme J. Beaujeu-Garnier à l'occasion du Congrès de Rio de Janeiro (1956).

Paradoxalement c'est donc dans la portion saharienne que la connaissance des phénomènes ou vestiges périglaciaires a fait le plus de progrès grâce à la présence de l'imposant massif de l'Ahaggar, dont les parties culminantes dépassent 3000 m. Des observations intéressantes le modelé climatique hérité du passé avaient déjà été notées avant 1957 par plusieurs auteurs, et tout particulièrement P. Birot, R. Capot-Rey et J. Dresch (1950), J. Büdel (1955), ainsi que A. Pons et P. Quezel (1957), à la suite de courts séjours dans la région.

Mais plus récemment P. Rognon a publié les premiers résultats d'une étude systématique de la géomorphologie du massif de l'Atakor, qui, au-dessus de 2200 m, offre au visiteur un paysage caractérisé par l'atténuation des traits structuraux, enfouis sous des talus détritiques fossiles et relativement stabilisés (Rognon 1960, 1963). Deux sortes d'aspects dénotent qu'une évolution morphologique de type périglaciaire s'est produite dans le passé quaternaire. Il s'agit d'abord de versants façonnés par la solifluc-

tion: par exemple, entre les branches du Haut oued Isseozène des blocs volumineux de basaltes (diamètre: 0,1 à 1 m) ont glissé sur les pentes dans une masse argileuse qui représente un matériel d'altération chimique antérieure au Quaternaire. On peut voir à certains endroits deux coulées de pierraille emboîtées l'une dans l'autre et remaniant elles-mêmes une formation du même genre plus ancienne. Les gros blocs dominent dans tous les cas l'horizon supérieur de ces masses détritiques, et le profil des pentes correspondantes est presque linéaire, ce qui semble évoquer une „solifluction en nappes régulières”: un tel processus nécessitait à la fois une gélivation active et l'intervention répétée d'un ruissellement énergétique, probablement au moment des fontes qui imprégnaient d'eau rapidement et jusqu'à une certaine profondeur l'ensemble d'un versant. Des variantes apparaissent dans d'autres secteurs du massif, notamment au pied de l'Illamane, sur un versant en majeure part granitique, ou encore sur la rive droite de l'oued In Daledj. Dans ce dernier cas on a affaire à un véritable chaos de blocs démesurés (diamètre = 2 à 3 m).

Au-dessus de certains versants de solifluction, entre 2400 et 2900 m, il existe des niches, dont les parois et le fond sont tapissés d'éboulis hétérométriques et que ferment vers l'aval des bourrelets de blocs empâtés de limons ou d'argiles, en forme et en position de moraines de névés (haute vallée de l'oued In Daledj et de l'oued Issedjène, corniche méridionale de Tahat). Les plus belles de ces combinaisons morphologiques paraissent montrer, par leur exposition vers l'Est ou le Sud-Est, qu'il y avait surcharge neigeuse des versants sous le vent.

P. Rognon a en outre étudié les rapports chronologiques approximatifs des coulées dites de solifluction avec les systèmes de terrasses ou glacis, qui se développent à l'aval du massif et que l'outillage lithique a permis de dater. L'auteur en conclut que la masse principale des formations dénotant des processus de nature périglaciaire fut mise en place antérieurement à une terrasse rapportée au Paléolithique inférieur. Dans ce domaine géographique encore l'importance des climats froids et humides du Quaternaire ancien dans l'évolution géomorphologique concorde avec ce qui a été admis au Maroc.

Bibliographie

Nous ne mentionnons ici, sauf en ce qui concerne le Sahara, que les études publiées à partir de 1956. La bibliographie antérieure doit être recherchée soit dans le n° 4 du *Biuletyn Peryglacjalny* (numéro spécial pour le Congrès de Rio de Janeiro), soit dans les ouvrages cités ci-dessous: Couvreur *et al.* 1961, Joly 1962, Raynal 1961.

- Beaudet, G. 1959 — Paysages et problèmes morphologiques du Plateau central marocain. *Notes Marocaines*, n° 11—12.
- Beaudet, G. et Maurer, G. 1961 — Dépôts et morphogénèse quaternaires dans la vallée inférieure de l'Oued Lao (Maroc). *Notes Marocaines*, n° 15.
- Beaujeu-Garnier, J. 1956 — Algérie. Dans „Rapport de la Commission de Géomorphologie Périglaciaire de l'UGI". *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 4.
- Biro, P., Capot-Rey, R. et Dresch, J. 1950 — Recherches morphologiques dans le Sahara central. *Travaux de l'Inst. de Recherches Sahariennes*, t. 12.
- Büdel, J. 1955 — Reliefgenerationen und plio-pleistozäner Klimawandel im Hoggar-gebirge (Zentralsahara). *Erdkunde*, Bd. 9.
- Couvreux, G., Dresch, J., Joly, F., Le Coz, J., Maurer, G., Pujos, A., et Raynal, R. 1961 — Excursion dans le Moyen-Atlas, le Haut Atlas oriental et le Rif. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 10.
- Dresch, J. 1960 — Les changements de climats et les mouvements du sol en Afrique au Plio-Quaternaire. *L'Information Géographique*.
- Dresch, J., Rondeau, A., et El Aouani, M. 1960 — Observations sur les dépôts de versants et les terrasses climatiques en Tunisie. *C. R. Soc. Géol. de France*.
- Jauzein, A. 1959 — Les terrasses alluviales en Tunisie septentrionale. *C. R. Soc. Géol. de France*.
- Joly, F. 1962 — Etudes sur le relief du Sud-Est marocain. *Travaux de l'Inst. Scientifique Chérifien*, Rabat.
- Joly, F., et Raynal, R. 1961 — Originalité du Périglaciaire au Sud de la Méditerranée. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 10.
- Le Coz, J. 1964 — La plaine du Rharb, étude géographique. 1-ère partie, Rabat.
- Maurer, G. 1957 — Les principales formes du relief dans le massif de l'Outka. *Bull. Assoc. Géogr. Français*.
- Maurer, G. 1962 — L'évolution des versants dans le Rif occidental: deux exemples de cartographie géomorphologique. *Revue de Géogr. du Maroc*, n° 1—2.
- Pons, A. et Quezel, P. 1957 — Première étude palynologique de quelques paléosols sahariens. *Travaux de l'Inst. de Recherches sahariennes*, t. 16, n° 2.
- Pujos, A. 1962 — Quelques applications des données de la géographie physique aux études d'écologie végétale. *Revue Géogr. du Maroc (Notes Marocaines)*, n° 1—2.
- Raynal, R. 1956 — Rôle des phénomènes périglaciaires dans l'évolution géomorphologique au Maroc. Dans „Rapport de la Commission de Géomorphologie Périglaciaire de l'UGI". *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 4.
- Raynal, R. 1960a — Les éboulis ordonnés au Maroc. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 8.
- Raynal, R. 1960b — Quelques aperçus sur l'existence et l'importance des phénomènes périglaciaires pré-wurmiens au Maroc. Dans „C. R. du Colloque de géomorphologie périglaciaire à Liège, 1959". *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 9.
- Raynal, R. 1961 — Plaines et piedmonts du bassin de la Moulouya (Maroc oriental). *Publications de la Faculté des Lettres de Rabat*.
- Rognon, P. 1960 — L'évolution morphologique des vallées de l'Atakor. *Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes*, fasc. 1—2.
- Rognon, P. 1963 — Le modelé de haute montagne dans l'Atakor. *Bull. Assoc. Géogr. Français*.

Josef Sekyra *

Praha

ON THE PERIGLACIAL INVESTIGATION IN CZECHOSLOVAKIA (1955—63)

In the fourth volume of the *Biuletyn Peryglacjalny* devoted to the Geographical Congress held 1956 in Rio de Janeiro in the article „The Development of Cryopedology in Czechoslovakia” the writer dealt with the development of the Czechoslovak research in the field of cryopedology from its beginning falling into the end of the past century up to 1955. As the initial investigation was a pioneer work, in the above-mentioned article (J. Sekyra 1956b) the problems in question were discussed in detail. In the last years when the Quaternary geological and geomorphological investigations develop the number of reports on periglacial problems rapidly increases. As the problems are numerous it is not possible to evaluate here again in similar way the development of the periglacial or cryopedological investigation. In addition, the problems of periglacial phenomena have recently been treated and discussed in detail in several publications (J. Sekyra 1960, 1961a). The Pleistocene sediments and forms conditioned by periglacial nival and subnival climate (terrace accumulation, eolian sediments, various types of deluvia, moraines, asymmetrical valleys, etc.) were dealt with from the point of view of most modern research methods in a paper presented to the 6th INQUA Congress in Poland (J. Kukla, V. Ložek, J. Sekyra, Vl. Šibrava, J. Tyráček, Q. Záruba, K. Žebera *et al.* 1961). The author gives here, therefore, basic information; all the literature concerning the subject in question is cited in the references.

From the list of literature it is clear that most of the papers deal with new establishments of cryopedological forms in various regions and in different types of rocks as, for instance, new occurrences of *ice wedges*, *solifluction* and *involution structures*, *block streams* and *block fields*, *thufurs*, *garland soils*, etc.

Attention has been paid to periglacial phenomena (be it to cryogeological forms or macroforms) in denudation areas, i. e. in mountain regions.

* Geological Survey, Prague, Czechoslovakia.

Of recent investigations especially the detailed mapping of surficial cryogenic, glacial and other forms is to be mentioned (M. Prosová 1958; M. Lukniš 1959; J. Sekyra 1963). On the basis of a detailed geomorphological (especially cryogeological) and Quaternary-geological investigation in mountain regions and of comparison with investigations in piedmont regions the Czechoslovak research workers try to gain correct opinion on the paleogeographical development of areas where tectonic movements died out as late as in the Early Pleistocene (this concerns especially the mountain regions of the Sudetes, i. e. the Krkonoše (Riesengebirge) and the Hrubý Jeseník (Gesenke)).

Special attention was directed to *cirques* and the *nivation* re-modelling of valley heads (*nivation hollows*) in dependence on the so-called „cold” exposure (M. Prosová 1958, 1963; M. Prosová & J. Sekyra 1961), characteristic outcrops of the „tors” types, ice cliffs, talus cones, etc. (M. Prosová 1963; T. Czupek 1961; J. Sekyra 1963; and others).

E. Mazúr & M. Lukniš (1956), and M. Lukniš (1959, 1961) reported on the geomorphological conditions and Quaternary sediments in the highest part of the mountain region of the Vysoké Tatry (High Tatra).

The recent cryopedological observations are in close connection with the detailed paleocryopedological investigation; they enable us to solve the problems of the recent destruction of surficial formations (J. Sekyra 1956a; M. Prosová 1961).

Karst areas. In this field of research the establishment of cryogenic segregation structures in caves in upper positions, the distinguishing of Holocene debris and material falling from the roof and walls of caves from cryogenic Pleistocene debris of congelifraction origin and the stratigraphical assignment of *solifluction* and *involution structures* of cave sediments are the most important contributions. In the morphogenesis of caves during the periglacial climate the solifluction action played a very important role, which especially in initial phases strongly influenced the removing of cave sediments (V. Ložek & J. Sekyra 1956; J. Sekyra 1956c; V. Ložek, J. Sekyra, J. Kukla & O. Fejfar 1957; J. Kukla & V. Ložek 1961).

On the basis of a suggestion (J. Sekyra 1958a) submitted to the IInd Section of the Czechoslovak Academy of Sciences, Prague, the Czech cryopedological terminology (based on the terms employed in world literature) has been accepted.

The stratigraphical evaluation of cryogeological structures. The comparatively best data on cryogenic phenomena (*ice wedges*, *solifluction horizons*) have so far been gained in loess areas where detailed complex investigations (malacozoological, palynological, paleopedological, paleo-

osteological studies) have been carried out and always more accurate results are obtained (J. Sekyra 1961c, 1962).

Periglacial sediments (*sensu lato*). In the investigation of the Quaternary greatest attention has always been paid to one kind of the most widely distributed sediments, i. e. to *loess* with most varied transitions of facies. These sediments have already been elaborated in a general survey (J. Macoun 1961). The present-day investigation is devoted above all to the detailed examination of profiles — on the whole 6 soil complexes have already been distinguished (designated as PK I and PK VI — see J. Kukla & V. Ložek 1961) — and to the geomorphological study of accumulations including sedimentation. The exposure played the first rate role in the preservation of accumulation of eolian pelitic up to pelitic psammitic sediments. The minimum solifluction action on the so-called „cool” slopes was responsible for the preservation of maximum accumulations at the periphery of loess areas and the existence of *deluvial* or *niveo-eolian*, throughout rhythmically bedded accumulations in piedmont areas (J. Sekyra 1959; M. Prosová & J. Sekyra 1961; T. Czudek, J. Demek, Vl. Panoš & H. Seichterová 1962).

Psammitic eolian sediments have been elaborated in a synopsis embracing the whole territory of Czechoslovakia (J. Sekyra 1961f). In general two generations of *wind blown sands* can be distinguished: (1) rhythmically bedded dunes, expressive in another way than normal types are, in upper portions sporadically carrying ice wedges; these psammitic formations stratigraphically correspond to basal layers of the last stadial of the Würm Glaciation; (2) redeposited blown sands, perfectly sorted, occurring in typical dune walls, sporadically barchans of Postglacial age; in the top of these deposit fossil humus layer frequently occurs which is overlain by a layer of blown sands, re-blown at the beginning of historical time after an intensive deforestation.

Terrace sediments the accumulation of which falls above all into anaglacial phases of stadials in the Bohemian Massif area have been dealt with in a comprehensive publication by B. Balatka & J. Sládek (1962) recent results from the above-mentioned area have been given by Q. Záruba (1961), and from Slovakia (the area of the Carpathians) by J. Tyráček (1961b).

In addition to the eolian and fluvial also *glaciofluvial*, *glaciolacustrine* and *glacigenic* (morainic) formations of continental glaciation have been worked up in a comprehensive paper by Vl. Šibrava (1959). In the Ostrava and Moravian Gate areas a prospective target of the Ústřední ústav geologický (Geological Survey) has been attained whose results are of great significance in the solution of the development of maximum

continental glaciations in our northern border region (see the papers published in the periodical *Anthropozoikum* by the following authors: F. Holánek, J. Macoun, M. Pokorný, Vl. Šibrava, J. Tyráček, K. Žebera).

The area in northern Bohemia affected by continental glaciation has been synoptically dealt with by J. Sekyra (1961e) and Vl. Šibrava (1961b).

Various types of *deluvial* sediments have not yet been systematically studied in detail (similarly as facies transitions between loesses and the piedmont deluvio-eolian sediments). Nevertheless there are many special papers dealing with *solifluction* sediments (K. Žebera 1961), *block streams* (J. Fencel & A. Svatoš 1962; M. Prosová 1958) etc. The problems of deluvial sediments is in close connection with the development of slopes, especially in *asymmetrical elevations* and *valleys* (J. Sekyra 1959; T. Czudek 1960; M. Prosová & J. Sekyra 1961).

Within the complex investigation of the Quaternary, especially in mapping (on a scale 1 : 25 000 — i.e. the fundamental geological mapping on the territory of Czechoslovakia — see Z. Pouba 1959) all the cryogeological and periglacial forms in general have been taken into account and — as far as for the accuratness sake of the map it was possible — they were plotted on the map by means of special symbols (J. Sekyra 1962); the evaluation of these periglacial forms appears in the text of final reports to the maps („Vysvětlivky ke geologickým přikrytým mapám 1 : 25 000” — Explanation of covered geological maps 1 : 25 000). Similarly in geomorphological maps all periglacial land-forms are plotted both by means of symbols and map network with regard to the scale of the map and the importance of the phenomena (see B. Balatka, J. Michovská, J. Sládek 1959, J. Demek *et al.* 1962).

A survey showing the results of the study of cryogeological forms and the distribution of most important Quaternary sediments on the territory of Czechoslovakia including a division into morphogenetic areas with special reference to cryogeological problems was finished in 1959 (J. Sekyra 1960). A periglacial map of the Bohemian Massif area has been elaborated and presented to the Periglacial Symposium in 1959 in Rabat (J. Sekyra 1961a). Material for a periglacial map has been sent to Prof. A. Cailleux (Paris) who is the main co-ordinator of the periglacial map of Europe (scale of the preliminary periglacial map of the world).

In addition in the Bohemian Massif and the Carpathians areas investigation has been carried out in polar and high mountainous regions in order to gain comparative material and new knowledge for the prepared work on the geomorphology of high mountains. Valuable knowledge of

Iceland has been brought in 1936 from the Tindfjallajökull region by J. Kinský and Z. Roth; with this report a comprehensive paper on the nature of Iceland links up (E. Hadač *et al.* 1957). A. Mrkos (oral communication) has acquired in 1957—1959 and 1961—1963 a great deal of cryological material in Antarctic regions.

Important material of study has been gained in high mountain areas. In the Caucasus in the Kazbek (5047 m above sea level) area especially some problematic cryogenic forms of subnival climate (M. Prosová & J. Sekyra 1960) were studied, in the area of the Middle and the High Atlas material from the azonal periglacial area was collected in co-operation with Moroccan specialist (J. Sekyra 1961b) and in 1961 in the northern part of the Pamir a complex geological-geomorphological (glaciogeological and cryogeological) investigation in the Trans-Alai area up to the altitude of 7134 m (J. Sekyra 1964a, b) has been carried out.

Within the framework of the expedition of the „Speleological Section in Prague” and of the members of the „Club Alpino Italiano” into the second deepest precipice chasm of the world (Antro di Corchia) in Apuan Apennines some problematical periglacial forms beneath the perennial snowline have been studied (J. Sekyra 1964, manuscript of the paper „Geomorphology of the Apuan Apennines”).

References

- Balatka, B., Sládek, J. 1961 — Poznámky k problematice staropleistocenních teras západně od Řípu (Remarks on the problems of early-Pleistocene terraces, west of Říp). *Sborník Českosl. Společnosti Zeměpisné*, 66; p. 259—265.
- Balatka, B., Sládek, J. 1962 — Říční terasy v českých zemích (River terraces in the Bohemian area). *Geofond*, Praha.
- Balatka, B., Michovská, J., Sládek, J. 1959 — Podrobná geomorfologická mapa území na sever od Prahy (The detailed geomorphological map of the region to the North of Prague). *Sborník Českosl. Společnosti Zeměpisné*, 64; p. 289—302.
- Czudek, T. 1960 — Příspěvek k poznání asymetrie svahů údolí v oblasti Nízkého Jeseníku severozápadně od Fulneku (Contribution to the knowledge of the valley asymmetry in the region of the Nízký Jeseník, NW of Fulnek). *Zprávy o geomorfologických výzkumech v roce 1959*; p. 6—10, Praha.
- Czudek, T. 1961 — Vliv periglaciální modelace na vývoj povrchových tvarů východní části Nízkého Jeseníku (Zfs.: Der Einfluss der periglazialen Modellierung auf die Entwicklung der Oberflächenformen in dem östlichen Teil des Gesenkes). *Geogr. Časopis*, 12; p. 180—188.
- Czudek, T. 1962 — Kongeliflukční sedimenty na mírných svazích v Nízkém Jeseníku (Zfs.: Solifluktsablagerungen an mässig geneigten Gehängen im Gesenke). *Časopis pro mineralogii a geologii*, 7; p. 3—9, Praha.

- Czudek, T., Demek, J. 1961 — Význam pleistocenní kryoplanace na vývoj povrchových tvarů České vysočiny (Zfs.: Die Bedeutung der pleistozänen Kryoplanation in der Entwicklung der Oberflächenformen der Česká vysočina — Böhmisches Hochland). *Anthropos*, 14; N.S. 6; p. 57—69, Brno.
- Czudek, T., Demek, J., Stehlík, O. 1961 — Formy zvětrávání a odnosu pískovců v Hostýnských vrších a Chřibech (Zfs.: Die Verwitterungs- und Abtragungsformen der Sandsteine im Hostein-Bergland und im Chřiby — Marsgebirge). *Časopis pro mineralogii a geologii*, 6; p. 262—269, Praha.
- Czudek, T., Demek, J., Panoš, V., Seichterová, H. 1962 — Periglaciální zjevy ve spraších střední části Hornomoravského úvalu (Zfs.: Periglaziale Erscheinungen im Löss des mittleren Teiles von Hornomoravský úval — Obermarchbecken). *Anthropozoikum*, 11; p. 185—195, Praha.
- Demek, J. 1960 — Periglaciální rysy reliéfu Dyjsko-svrateckého úvalu (Zfs.: Die periglazialen Züge im Relief des Thaya-Schwarza Beckens). *Geogr. Časopis*, 12; p. 161—173.
- Demek, J. 1961 — Die pleistozäne periglazialen Vorgänge und ihr Einfluss aus das Tieflandsrelief in Mähren (Tschechoslowakei). *Abstracts of papers of VIth INQUA Congress*; p. 47—48.
- Demek, J. et al. 1962 — Legende für die detaillierte geomorphologische Karte der Tschechischen Länder im Massstabe 1 : 25 000 und 1 : 50 000. Brno.
- Demek, J., Czudek, T. 1957 — Periglaciální jevy na severním svahu Železnického vrchu u Biliny (Zfs.: Periglaziale Erscheinungen am Nordabhang des Železnický vrch bei Bilina). *Časopis pro mineralogii a geologii*, 2; p. 115—120, Praha.
- Demek, J., Štelcl, O. 1962 — Periglaciální jevy v Lysické sníženině na Moravě a v jejím okolí (Zfs.: Periglaziale Erscheinungen in der Senke von Lysice in Mähren und in ihrer Umgebung). *Anthropozoikum*, 10; p. 53—58, Praha.
- Elgart, M., Demek, J. 1960 — Periglaciální jevy u Božičan na Karlovarsku (Zfs.: Periglaziale Erscheinungen in der Umgebung von Božičany bei Karlovy Vary). *Časopis pro mineralogii a geologii*, 5; p. 167—174, Praha.
- Fencl, J. 1956 — Příklad periglaciálního porušení miocenních jílu v Třeboni (summary: An example of the periglacial disturbance of the Miocene clays at Třeboň). *Časopis pro mineralogii a geologii*, 1; p. 323—329, Praha.
- Fencl, J., Svatoš, A. 1962 — Kamenné proudy v údolí Bystřice u Domásova na Moravě (Zfs.: Die Blockströme im Bystřice-Tal bei Domašov in Mähren). *Anthropozoikum*, 10; p. 75—91, Praha.
- Hadač, E. et al. 1957 — V zemi sopek a ledovců (In the land of volcanoes and glaciers). Praha, 238 p.
- Hruška, J. 1961 — Geomorfologie a říční terasy českého středního Polabí (summary: Geomorphology and river terraces on the course of the Labe in Central Bohemia). *Sborník Českosl. Společnosti Zeměpisné*, 66; p. 326—344.
- Hurník-Luft, S. 1960 — Periglaciální zjevy u Slatinic jižně od Mostu (summary: Periglacial phenomena at Slatinice south of Most, Bohemia). *Sborník Českosl. Společnosti Zeměpisné*, 65; p. 81—94.
- Hurník, S., Váně, M. 1961 — Gravitační procesy a kryoturbace v severočeském terciéru (summary: Gravitation and cryoturbation processes in the North Bohemian Tertiary). *Sborník Českosl. Společnosti Zeměpisné*, 66; p. 226—238.

- Chábera, S. 1957 — Kamenná moře na jižní straně vrcholové části Kralického Sněžníku (Block-field on the south-sides in the top part of the Kralický Sněžník). *Sborník Ostravského Kraje*, roč. 1954; p. 412—415, Ostrava.
- Jeník, J. 1956 — Ekologický význam větru pro vegetaci Předních Mědodolů v Belanských Tatrách (Ecologic importance of the wind for vegetation of Přední Měd'odoly in the Belanské Tatry). *Preslia*, 28; p. 225—239, Praha.
- Král, V. 1961 — Stand und neue Ergebnisse der geomorphologischen Forschung in der Tschechoslowakei. *Ztschr. f. Geomorph.*, N. F., Bd. 5; p. 106—125.
- Krejčí, J. 1960 — Příspěvek k terminologii a klasifikaci svahových pohybů (Zfs.: Ein Beitrag zur Terminologie und Klassifizierung der Bodenbewegungen). *Geogr. Časopis*, 12; p. 8—37.
- Ksandr, J. 1958 — Periglaciální zjevy v západní části Plzeňské pánve (Periglacial phenomena in the west part of the Plzeň Basin). *Sborník Českosl. Společnosti Zeměpisné*, 63; p. 193—204.
- Kukla, J., Ložek, V. 1961 — Loesses and related deposits. in: Quaternary deposits of Czechoslovakia. *Prace Inst. Geol.*, t. 34, cz. 1; p. 11—28, Warszawa.
- Kunský, J., Louček, D. 1956a — Hranáčové strouhy a thufury v Krkonoších (Zfs.: Blockrinnen und Thufuren im Riesengebirge). *Ochrana přírody*, 11; p. 80—82, Praha.
- Kunský, J., Louček, D. 1956b — Stone stripes and thufurs in the Krkonoše. *Biuletyn Peryglacialny*, nr 4; p. 345—349.
- Lochmann, Z. 1959 — Příspěvek k poznání periglaciálních zjevů v okolí Písku (Contribution to the recognition of periglacial phenomena in the region of Písek). *Sborník Českosl. Společnosti Zeměpisné*, 64; p. 56—57, Praha.
- Ložek, V. 1959 — Stratigrafické tabulky kvartéru — pleistocén a holocén (Stratigraphical tables of the Quaternary and Holocene). *Geol. naučný slovník* (Geol. Dictionary, an Appendix). Praha.
- Ložek, V., Sekyra, J. 1956 — Zpráva o výzkumu jeskynních sedimentů v roce 1955 (résumé: Note sur l'étude des sédiments des grottes). *Zprávy o geol. výzkumech v r. 1955*; p. 103—106, Praha.
- Ložek, V., Sekyra, J., Kukla, J., Fejfar, O. 1957 — Výzkum Velké Jasovské jeskyně (Zfs.: Die Durchforschung der Grossen Jasover Höhle). *Anthropozoikum*, 6; p. 193—282, Praha.
- Lukniš, M. 1959 — Reliéf a roztriedenie kvarterných útvarov na Vysokých Tatrách i na ich predpoli (Zfs.: Relief und Gliederungen der Quartären Gebilde in der Hohen Tatra und deren Vorlande). *Geol. Sborník Slov. Akad. Věd.*, 10; p. 233—268, Bratislava.
- Lukniš, M. 1961 — Periods of evolution of the High Tatra Mountains in relation to the Quaternary sediments. *Abstracts of papers of VIth INQUA Congress*; p. 59.
- Macoun, J., Šibrava, V. 1961 — Vysvětlivky k základní geologické mapě čtvrtohorních pokryvných útvarů ČSSR 1 : 25000, M-34-73-A-a Kravaře (Erläuterungen zur grundlegenden geologischen Karte der quartären Deckbildungen in der Tschechoslowakei). 108 p., Praha.
- Matula, M. 1957 — Stopy periglaciálnej klímy v oblasti južného úpätia Malých Karpát (Zfs.: Spuren des periglazialen Klimas in der Region des Südfusses der Kleinen Karpaten). *Geol. Sborník Slov. Akad. Věd.*, 8; p. 323—334, Bratislava.

- Mazúr, E., Lukniš, M. 1956 — Geomorfológia a kvartér vysokohorskej oblasti Slovenska (Zfs.: Geomorphologie und Quartär der Hochgebirgsregionen der Slowakei). *Geogr. Časopis*, 8; p. 95—100.
- Netopil, R. 1956 — Periglaciální cyklus a současné geomorfologické problémy v povodí Branné v Hrubém Jeseníku (summary: The periglacial cycle and the present geomorphological processes in the river basin of the Branná in Hrubý Jeseník). *Sborník Českosl. Společnosti Zeměpisné*, 61; p. 92—99, Praha.
- Netopil, R. 1957 — Vývoj girlandových půd v Belanských Tatrách (Zfs.: Die Bildung der Girlandenboden im Gebirge Belanské Tetry). *Geogr. Časopis Slov. Akad. Věd*, 9; p. 119—142, Bratislava.
- Panoš, V. 1961 — Periglaciální destrukční formy reliéfu Rychlebských hor (Erosional periglacial land-forms in the Rychlebské Mts.). *Přírod. Časopis Slezský*, 22; p. 105—119, Opava.
- Pelíšek, J. 1957 — Nové nálezy thufurových půd a soliflukčních jevů v Krkonoších (New discovered sites of thufurs and solifluxion phenomena in the Krkonoše Mts.). *Ochrana přírody*, 12; p. 41—43; Praha.
- Pelíšek, J. 1958 — Periglaciální jevy v oblasti krystalinika severozápadní Moravy (Zfs.: Periglaziale Erscheinungen im Gebiete des Kristallinikums, NW-Mährens). *Časopis pro mineralogii a geologii*, 3; p. 48—55, Praha.
- Pelíšek, J. 1961 — Begrabene Böden und periglaziale Erscheinungen in jungpleistozänen Lössen der CSSR. *Abstracts of papers of VIth INQUA Congress*; p. 96.
- Plesník, P. 1956 — Vplyv vetra na vznik a vývoj niektorých periglaciálnych pôd vo východnej polovici Belanských Tater (Zfs.: Der Einfluss des Windes auf die Entstehung und Entwicklung einiger Formen der Periglazialböden in der östlichen Hälfte des Gebirges Belanské Tetry). *Geogr. Časopis*, 8; p. 42—59, Bratislava.
- Pouba, Z. 1959 — Geologické mapování (Geological mapping). 523 p., Praha.
- Prosova, M. 1957 — Übersicht der Untersuchungen quartärer Deckenformationen in Mittelböhmen. *Anthropozoikum*, 6; p. 7—34, Praha.
- Prosova, M. 1958 — Kvartér Hrubého Jeseníku, vrcholová část hlavního hřebene (The Quaternary of the Hrubý Jeseník Mts. summit part of the main ridge). Kandidátská práce, Geol.-geogr. fakulta K. U. v Praze; 125 p., Praha.
- Prosova, M. 1961 — Recentní regelace v horských oblastech Českého masivu (Zfs.: Rezente Regelation in den Gebirgsgebieten des Böhmisches Massivs). *Přírod. Časopis Slezský*, 22; p. 217—222, Opava.
- Prosova, M. 1963 — Periglacial modelling of the Sudetes Mts. (summary: Periglaciální modelace sudetských hor). *Sborník geologických věd*, A, 1; p. 51—62, Praha.
- Prosova, M., Sekyra, J. 1960 — Microrelief périglaciaire dans la zone subnivale de Kazbek (5047 m). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 7; p. 181—186.
- Prosova, M., Sekyra, J. 1961 — Vliv severovýchodní expozice na vývoj reliéfu v pleistocénu (Zfs.: Der Einfluss der nordöstlichen Exposition auf die Entwicklung des Reliefs im Pleistozän). *Časopis pro mineralogii a geologii*, 6; p. 448—463, Praha.
- Režný, K. 1961 — Periglaciální jevy ve východních Čechách (Zfs.: Periglaziale Erscheinungen in Ostböhmen). *Acta musei reginae hradecensis*, Sci. nat., 2; p. 135—146.
- Růžička, B., Kumpera, O. 1957 — Periglaciální jevy v opavském kulmu (summary: Periglacial phenomena in the Culm of Opava). *Přírod. Sborník Ostravského Kraje*, 18; p. 107—111, Opava.

- Sekyra, J. 1956a — Kryopedologické pozorování na jižních svazích Vysokých Tater (summary: Cryopedological observations on the southern slopes of the Vysoké Tatry). *Anthropozoikum*, 5; p. 107—122, Praha.
- Sekyra, J. 1956b — The development of cryopedology in Czechoslovakia. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 4; p. 351—369.
- Sekyra, J. 1956c — Geomorfologie jižního úpatí Královny hole — 1943 m, Šumiacký kras (summary: The geomorphology of the southern foot of the Králova Hora — 1943 m). *Sborník Českosl. Společnosti Zeměpisné*, 61; p. 193—209, Praha.
- Sekyra, J. 1957 — Kvartér severozápadního výběžku Železných hor (Zfs.: Das Quartär im NW-Ausläufer des Eisengebirges — Železné hory). *Anthropozoikum*, 6; p. 173—192, Praha.
- Sekyra, J. 1958a — Kryopedologická terminologie (Cryopedological terminology). *Časopis pro mineralogii a geologii*, 3; p. 349—358, Praha.
- Sekyra, J. 1958b — Poznámky ke kvartéru severního Německa (summary: Notes on the Quaternary of northern Germany). *Anthropozoikum*, 7; p. 157—183, Praha.
- Sekyra, J. 1959 — Zpráva o geologickém mapování pokryvných útvarů v údolí Otavy mezi Horažďovicemi a Strakonice (Notes sur le levé géologique des formations superficielles dans la vallée de l'Otava entre Horažďovice et Strakonice). Zprávy o geologických výzkumech v roce 1957; p. 217—220, Praha.
- Sekyra, J. 1960 — Působení mrazu na půdu. Kryopedologie se zvláštním zřetelem k ČSR (summary: Frost action on the ground. Cryopedology with special reference to Czechoslovakia). *Geotechnica*, 27; 164 p., Praha.
- Sekyra, J. 1961a — La carte périglaciaire du Massif bohémien. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 10; p. 43—52.
- Sekyra, J. 1961b — Kvartér severozápadní Afriky (The Quaternary of northwestern Africa). *Anthropozoikum*, 10; p. 237—247, Praha.
- Sekyra, J. 1961c — Textures cryogéniques et leur importance pour la stratigraphie des formations de couverture. *Abstracts of papers of VIth INQUA Congress*; p. 100—101.
- Sekyra, J. 1961d — Periglacial phenomena. in: Quaternary deposits of Czechoslovakia. *Prace Inst. Geol.*, t. 34, cz. 1; p. 99—108, Warszawa.
- Sekyra, J. 1961e — Traces of the continental glacier on the territory of northern Bohemia (in the piedmont of West-Sudetic Mountains). *Zeszyty Naukowe Univ. Wrocławskiego*, ser. B, 8; p. 71—79.
- Sekyra, J. 1961f — Wind-blown sands. in: Quaternary deposits of Czechoslovakia. *Prace Inst. Geol.*, t. 34, cz. 1; p. 29—38, Warszawa.
- Sekyra, J. 1962 — Metodika základního geologického mapování kvartéru pro měřítka 1 : 25 000 a 1 : 50 000, s přihlednutím k hlavním formám výzkumu geologie kvartéru (Methods of geological mapping, 1 : 25 000 and 1 : 50 000 of Quaternary deposits). Ústřední Ústav Geol.; 76 p., Praha.
- Sekyra, J. 1963 — Výsledky geologicko-geomorfologického výzkumu centrálních Krkonoš, list M-33-C-a, b, c, d (Results of geological and geomorphological investigations in the central Krkonoše Mts., sheet M-33-44-C-a, b, c, d). Zprávy o geologických výzkumech v roce 1962, Geofond, Praha.
- Sekyra, J. 1964a — Výsledky geologického a geomorfologického výzkumu v Pamíru, Centrální Transalaj (summary: Results of the geological and geomorphological investigations in the Pamir). *Sborník Geol. Věd*, A, 2, Praha.

- Sekyra, J. 1964b — Cryogeological phenomena in the North Pamir. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 14.
- Svatoš, A. 1958 — Periglaciální svahové sedimenty ve státní přírodní rezervaci „Čertova stěna“ (Zfs.: Periglaziale Abhangssedimente im staatlichen Naturschutzgebiet „Čertova stěna“). *Ochrana přírody*, 13; p. 60—65, Praha.
- Šibrava, V. 1959 — Vývoj výzkumu sedimentů kontinentálního zalednění na území ČSR (Development of the recognition of glacial sediments in the area of ČSR). Ústřední Ústav Geol.; 62 p., Praha.
- Šibrava, V. 1961a — Sediments of mountain glaciation. in: Quaternary deposits of Czechoslovakia. *Prace Inst. Geol.*, t. 34, cz. 1; p. 97—98, Warszawa.
- Šibrava, V. 1961b — Sediments of continental glaciation. in: Quaternary deposits of Czechoslovakia. *Prace Inst. Geol.*, t. 34, cz. 1; p. 87—96, Warszawa.
- Šibrava, V., Kroutilík, V. 1957 — Peryglacjalne zjawiska w okolicy Hlučína i Opavy, Śląsk Morawski (summary: Periglacial phenomena east of Opava and in the region of Hlučín). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 3; p. 109—120.
- Štafl, K. J. 1957 — Dvě generace mrazových klínů u Staré Lysé (Two generations of ice-wedges at Staré Lysé). *Sborník Českosl. Společnosti Zeměpisné*, 62; p. 237—238.
- Tyráček, J. 1961a — Periglaciální zjevy u Hranic (Periglacial phenomena at Hranice). *Anthropozoikum*, 8; p. 107—111, Praha.
- Tyráček, J. 1961b — River terraces in the Carpathian region. in: Quaternary deposits of Czechoslovakia. *Prace Inst. Geol.*, t. 34, cz. 1; p. 71—76, Warszawa.
- Tyráček, J. 1962 — Přehled výzkumu fluvialních sedimentů na Slovensku (Review of investigations of fluvial sediments in Slovakia). Ústřední Ústav Geol.; 226 p., Praha.
- Vitásek, F. 1956 — Glaciální morfologie našich hor v posledních letech (Zfs.: Glazialmorphologie unserer Gebirge in den letzten Jahren). *Práce Brněnské základny ČSAV*, 28; p. 135—146, Brno.
- Záruba, Q. 1961 — River terraces in the Bohemian Massif. in: Quaternary deposits of Czechoslovakia. *Prace Inst. Geol.*, t. 34, cz. 1; p. 65—70, Warszawa.
- Záruba, Q., Ložek, V. 1959 — K otázce stáří podhorských kuželů na úpatí Malé Fatry (Zfs.: Zur Altersfrage der Schwemmkegel am Fuss der Kleinen Fatra). *Geol. Sborník Slov. Akad. Věd.*, 10; p. 291—300, Bratislava.
- Záruba, Q., Rybář, J. 1961 — Doklady pleistocenní aggradace údolí Sázavy (summary: Evidence of Pleistocene aggradation in the valley of the Sázava). *Sborník Českosl. Společnosti Zeměpisné*, 66; p. 23—30, Praha.
- Žebera, K. 1958 — Československo ve starší době kamenné (Zfs.: Die Tschechoslowakei in der älteren Steinzeit). 215 p., Praha.
- Žebera, K. 1961 — Deluvial and talus deposits. in: Quaternary deposits of Czechoslovakia. *Prace Inst. Geol.*, t. 34, cz. 1; p. 39—45, Warszawa.

Ronald S. Waters

Christchurch

GREAT BRITAIN

Since 1956, when Te Punga (1956, 1957) drew attention to the wide distribution of relict periglacial phenomena in Southern England, there has been a revival of interest in the effects of cryergic processes in the landscape of Great Britain. Reviews have been given of Pleistocene periglacial phenomena in Scotland (Galloway 1961a, b), mid-Wales (Watson 1961) and England (Waters 1960). Detailed investigations have been made of solifluction spreads (Galloway 1961c) and slope deposits (Tivy 1962) in Scotland; relict periglacial deposits have been recognized among the plateau drifts of the Chiltern Hills (Loveday 1962; Thomasson 1961) and as soil parent materials in Wales (Ball 1961), and the effect has been studied of current frost action on sorted stripes and low-angle screes in the Lake District (Caine 1962). Evidence has been adduced for a periglacial origin of gritstone tors on the Pennines (Palmer & Radley 1961) and granite tors on Dartmoor (Palmer & Neilson 1962); altilaplanation terraces in S.W. England have been re-examined and compared with similar features in Vest-Spitsbergen (Waters 1962), and some of the 27 000 depressions and hollows ('pits and ponds') in Norfolk have been attributed to cryergic processes (Prince 1961, 1962). The former existence of permafrost, even in western Britain, has been demonstrated by Stewart (1961) and Waters (1961), and Shotton (1962) has reasoned that the average temperature in East Anglia must have been more than 12.5°C lower than at present to account for the patterned ground there. Shotton also showed that patterned ground in Britain can be dated to both Riss and Würm glaciations.

References

- Ball, D. F. 1961 — Glacial and periglacial deposits as soil parent materials in Wales. *Welsh Soils Discussion Group*, (Aberystwyth), Report No 2.
- Caine, T. N. 1962 — The effect of frost action on low-angle scree slopes and on sorted stripes in the Lake District. *M. A. Thesis, Univ. Leeds, England*.

- Galloway, R. W. 1961a — Ice wedges and involutions in Scotland. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 10; p. 169—193.
- Galloway, R. W. 1961b — Periglacial phenomena in Scotland. *Geogr. Annaler*, vol. 43; p. 348—353.
- Galloway, R. W. 1961c — Solifluction in Scotland. *Scottish Geogr. Magazine*, vol. 77; p. 75—87.
- Loveday, J. 1962 — Plateau deposits of the Southern Chiltern Hills. *Proc. Geologists' Assoc.*, vol. 73; p. 83—102.
- Palmer, J. & Radley, J. 1961 — Gritstone tors of the English Pennines. *Zeitschrift für Geomorph.*, vol. 5; p. 37—52.
- Palmer, J. & Neilson, R. A. 1962 — The origin of granite tors on Dartmoor, Devonshire. *Proc. Yorkshire Geol. Society*, vol. 33; p. 315—340.
- Prince, H. C. 1961 — Some reflections on the origin of hollows in Norfolk compared with those in the Paris Basin. *Revue de Géomorph. dynamique*, vol. 12; p. 110—117.
- Prince, H. C. 1962 — Pits and ponds in Norfolk. *Erdkunde*, vol. 16; p. 10—31.
- Shotton, F. W. 1962 — The physical background of Britain in the Pleistocene. *Adv. of Science*, vol. 19; p. 193—206.
- Stewart, V. I. 1961 — A permafrost horizon in the soils of Cardiganshire. *Welsh Soils Discussion Group*, (Aberystwyth), Report No 2.
- Te Punga, M. T. 1956 — Altiplanation terraces in southern England. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 4; p. 331—338.
- Te Punga, M. T. 1957 — Periglaciation in southern England. *Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen.*, Dl. 64; p. 401—412.
- Thomasson, A. J. 1961 — Some aspects of the drift deposits and geomorphology of South-east Hertfordshire. *Proc. Geologists' Assoc.*, vol. 72; p. 287—302.
- Tivy, J. 1962 — An investigation of certain slope deposits in the Lowther Hills, Southern Uplands of Scotland. *Trans. and Papers, Institute of British Geographers*, No 30; p. 59—73.
- Waters, R. S. 1960 — Pre-Würm periglacial phenomena in Britain. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 9; p. 163—176.
- Waters, R. S. 1961 — Involutions and ice-wedges in Devon. *Nature*, vol. 189; 389—390.
- Waters, R. S. 1962 — Altiplanation terraces and slope development in Vest-Spitsbergen and South-west England. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 11; p. 89—101.
- Watson, E. 1961 — Periglacial action in the uplands of mid-Wales. *Welsh Soils Discussion Group*, (Aberystwyth), Report No 2.